МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФИЛОСОФИЯ

Специальность
21. 05.04 Горное дело

формы обучения: **очная, заочная**

год набора: 2019

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

Одобрена на заседании кафедры

Философии и культурологии
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Беляев В.П.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

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

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений пользоваться нормативной, правовой, справочной документацией и специальной литературой;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

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

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

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

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

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

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

СРС может включать следующие формы работ.

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

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

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

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

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

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

1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. Методические указания по подготовке к опросу

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

Письменный опрос

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

Устный опрос

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

Критерии качества устного ответа.

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

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u37/metod_rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://pitb.ru/images/metod_ugo/Metod_bioshim_yazyk_35.03.01_Ugo_15.01.2016.pdf

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

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

3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

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

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

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

Доклад должен соответствовать следующим требованиям:

- тема доклада должна быть согласована с преподавателем и соответствовать теме занятия;
- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;
- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны соответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;
- необходимо соблюдать регламент 7-10 минут выступления.

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

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

После выступления докладчик и содокладчик должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

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

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

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

Общая структура доклада

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

Вступление

Вступление должно содержать:

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

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

Основная часть.

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

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

Заключение.

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

Доклад оценивается по следующим критериям:

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

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

4. Методические рекомендации по написанию эссе

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

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

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

Структура эссе

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе

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

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

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

1. *Установленные факты* — фактический материал (или статистические данные).

2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.

3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

Требования к фактическим данным и другим источникам

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

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

Как подготовить и написать эссе?

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

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

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

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

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

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

Цель должна определять действия

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

Аналогии - выявление идей и создание представлений, связь элементов значений

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

Предположения - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

Рассуждения - формулировка и доказательство мнений

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

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

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

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

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

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

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

Выразимость - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, используя точно и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

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

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

5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии;

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

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

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

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

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

В проведении дискуссии выделяется несколько этапов.

Этап 1-й, введение в дискуссию: формулирование проблемы и целей дискуссии, определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии, выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

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

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

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

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

7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

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

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

2) добросовестное выполнение заданий;

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

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

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

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

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

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

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

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

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Е.В. АНДРЕЕВА,
С.М. АБРАМОВ

ИСТОРИЯ

Учебно - методическое пособие
для организации самотоятельной работы
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2019

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

1. **Учебно-методический комплекс дисциплины «История»** составлен в соответствии с требованиями **Федерального государственного образовательного стандарта** (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) высшего профессионального образования к освоению основных образовательных программ

2. Требования к уровню подготовки студентов

Для успешного освоения дисциплины студенты должны обладать следующими *общекультурными* компетенциями:

✓способностью владеть культурой мышления, целостной системой научных знаний об окружающем мире, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры (ОК-1);

✓готовностью использовать базовые положения гуманитарных наук при решении социальных и профессиональных задач (ОК-2);

✓ способностью к анализу социально значимых процессов и явлений, к ответственному участию в общественно-политической жизни (ОК-5);

✓готовностью к восприятию культуры и обычаев других стран и народов, с терпимостью относиться к национальным, расовым, конфессиональным различиям, способностью к межкультурным коммуникациям (ОК-7).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В ходе изучения дисциплины студенты осваивают следующие *общекультурные* компетенции:

- обладают знанием базовых ценностей мировой культуры и готовы опираться на них в своем личном и общекультурном развитии (ОК-2);
- обладают способностью понимать и анализировать мировоззренческие, социально и личностно значимые философские проблемы (ОК-3);
- умеют анализировать и оценивать исторические события и процессы в их динамике и взаимосвязи (ОК-4);
- обладают способностью к социальному взаимодействию на основе принятых моральных и правовых норм, социальных стандартов; демонстрировать уважение к людям, толерантность к другой культуре, готовность к поддержанию партнерских отношений (ОК-8).

В результате освоения компетенций студенты:

знают

- основные факты, явления, процессы, понятия, теории, гипотезы, характеризующие целостность исторического процесса;

- периодизацию отечественной истории (основные закономерности и этапы исторического развития общества);

- особенности процессов социально-экономического, административно-политического и духовного развития Российского государства;

- современные версии и трактовки важнейших проблем отечественной и всемирной истории;

- историческую обусловленность формирования и эволюции общественных институтов, систем социального взаимодействия, норм и мотивов человеческого поведения;

- взаимосвязь и особенности истории России и мира; всемирной, региональной, национальной и локальной истории;

- методы исторического анализа (теоретические основы в области источниковедения и историографии для объективной оценки достижений выдающихся деятелей отечественной и всеобщей истории);

- роль России в мировом сообществе;

умеют

- пользоваться источниками информации (проводить комплексный поиск исторической информации в источниках разного типа; критически анализировать источник исторической информации (характеризовать авторство источника, время, обстоятельства и цели его создания);

- анализировать историческую информацию, представленную в разных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд);

- различать в исторической информации факты и мнения, описания и объяснения, гипотезы и теории;

- устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, пространственные и временные рамки изучаемых исторических процессов и явлений;

- систематизировать разнообразную историческую информацию на основе своих представлений об общих закономерностях всемирно-исторического процесса;

- формировать собственный алгоритм решения историко-познавательных задач, включая формулирование проблемы и целей своей работы, определение адекватных историческому предмету способов и методов решения задачи, прогнозирование ожидаемого результата и сопоставление его с собственными историческими знаниями;

- участвовать в групповой исследовательской работе, определять ключевые моменты дискуссии, формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, использовать для ее аргументации исторические сведения, учитывать различные мнения и интегрировать идеи, организовывать работу группы;

- представлять результаты индивидуальной и групповой историко-познавательной деятельности в формах конспекта, реферата, исторического сочинения, резюме, рецензии, исследовательского проекта, публичной презентации;

владеют

- методами сбора, обработки и анализа информации (могут использовать при поиске и систематизации исторической информации методы электронной обработки, отображения информации в различных знаковых

системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд) и перевода информации из одной знаковой системы в другую);

- навыками исторического анализа при критическом восприятии получаемой извне социальной информации;

- собственной позицией по отношению к явлениям современной жизни, исходя из их исторической обусловленности;

- навыками участия в дискуссиях по историческим проблемам, могут формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, используя для аргументации исторические сведения;

- нормами взаимодействия и сотрудничества; толерантностью, социальной мобильностью, осознают себя как представителей исторически сложившегося гражданского, этнокультурного, конфессионального сообщества, граждан России.

3. Технологии обучения

В преподавании используются методы активного обучения (работа в малых группах, тестирование), IT-технологии (лекции-визуализации), а также проблемное обучение (лекции-дискуссии).

5. Учебные материалы и методические разработки

Для реализации методов активного обучения используются: аналитические задания, сценарии дискуссий, тестовые задания, презентации.

6. Контрольно-измерительные материалы

В качестве оценочных средств используются: рефераты, доклады, презентации; тесты (открытые, закрытые, на сопоставление), контрольные работы.

Рекомендуемое количество часов на освоение программы учебной дисциплины:

максимальной учебной нагрузки обучающегося 164 часа, в том числе:

обязательной аудиторной нагрузки обучающегося 114 часов;

самостоятельной работы обучающегося 50 часов.

II. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ПО МОДУЛЯМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДАМ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Учебно-тематический план занятий студентов очной формы обучения

Таблица 1:

№ п/п	Учебный модуль дисциплины	Всего часов (акад.)	Аудиторная работа (в акад. час.)		Самостоятельная работа (в акад. часах)
			Лекции	Семинары	
1.	Введение в курс «История России»	6	1	1	4
2.	История России с древнейших времен по XIX в.	24	7	3	14
3.	История России в начале XX в.	21	8	3	10
4.	История России во второй половине XX в.	21	8	3	10
	ИТОГО:	72	24	10	38

Учебно-тематический план занятий студентов заочной формы обучения

Таблица 2:

№ п/п	Учебный модуль дисциплины	Всего часов (акад.)	Аудиторная работа (в акад. час.)		Самостоятельная работа (в акад. часах)
			Лекции	Семинары	
	Введение			-	
	История России с древнейших времен по XIX в.				
	История России в начале XX в.				
	История России во второй половине XX в.				
	ИТОГО:	72	6	4	62

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Модуль, тема дисциплины	Содержание тем в дидактических единицах
Модуль 1. Введение в курс «История»		
1.	Тема 1.1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории	История как комплекс наук, ее основные разделы. **Сущность, формы, функции исторического знания**. Концепции исторического процесса: цивилизационный, модернизационный, формационный, либеральный пути развития. **Понятие и классификация исторического источника**. **Методы и источники изучения истории**. Вспомогательные исторические дисциплины. **Отечественная историография в прошлом и настоящем: общее и особенное**. **Методология и теория исторической науки**. **История России – неотъемлемая часть всемирной истории**. Факторы своеобразия российской истории: природно-климатический, геополитический, этно-конфессиональный, социокультурный.
Модуль 2. История России с древнейших времен по XIX в.		
2.	Тема 2.1. Славянский этногенез. Образование государства у восточных славян	Праславянские племена и индоевропейцы. Аркаим. Древние народы на территории нашей страны. **Античное наследие в эпоху Великого переселения народов. Проблема этногенеза восточных славян**. Миграционные и автохтонная теории происхождения славян. Влияние античности на славянскую общность. Венеды, анты, склавины. Складывание славяно-русского этноса. Предпосылки создания Древнерусского государства. **Основные этапы становления государственности**. Варяги и Рюрик. Норманнская и антинорманнская теории. Проблема происхождения названия «Русь». Признаки государственности в среднем Поднепровье и в северном регионе в середине IX в. Объединение Киева и Новгорода под властью Олега. **Особенности социального строя Древней Руси. Византийско-древнерусские связи**. **Древняя Русь и кочевники**.

3.	Тема 2.2. Киевская Русь	**Этнокультурные и социально-политические процессы становления русской государственности**. Первое древнерусское государство – Киевская Русь. Внутренняя политика первых киевских князей. Русь и Хазарский каганат. Формирование системы государственного управления. Полюдье. Княгиня Ольга. Святослав и его походы. Владимир I. **Причины и последствия христианизации Руси. Распространение ислама.** Борьба за власть сыновей Владимира Святославича. Ярослав Мудрый. Любечский съезд князей. Владимир Мономах. Социальная структура Древнерусского государства. «Русская Правда». Проблема феодализма и феодальных отношений применительно к Киевской Руси. **Эволюция восточнославянской государственности в XI-XII вв.** Культура Киевской Руси.
4.	Тема 2.3. Русь в эпоху феодальной раздробленности	**Социально-политические изменения в русских землях в XIII-XV вв**. Предпосылки распада Киевской Руси и начала феодальной раздробленности. Основные феодальные центры. Новгородская боярская республика: географическое положение, хозяйство, государственное устройство. Владимиро-Суздальская Русь: географическое положение, хозяйство, причины формирования неограниченной власти владимирских князей. Юрий Долгорукий, Андрей Боголюбский, Всеволод Большое Гнездо. Галицко-Волынская земля: географическое положение, экономическое развитие, особенности политической жизни. Роман Мстиславич, Даниил Романович. Киевская земля в период феодальной раздробленности. Культура русских земель в период XII – начала XIII вв. Последствия раздробленности.
5.	Тема 2.4. Борьба русских земель с внешними вторжениями в XIII в.	Монголо-татарское нашествие. Держава Чингисхана. Завоевательные походы монголов. Битва на р. Калке. Нашествие Батыя на Русь. Проблемы сущности и характера «монголо-татарского ига**». Золотая Орда и русские княжества: проблемы взаимовлияния**. Последствия монголо-татарского нашествия. **Россия и средневековые государства Европы и Азии**. Борьба с агрессией немецких и шведских феодалов. Причины вторжения на Русь немецких рыцарей. Оборона северо-западных рубежей русских земель. Невская битва. Александр Невский как военачальник и государственный деятель. Ледовое побоище. Последствия борьбы с немецкой и шведской агрессией.
6.	Тема 2.5. Складывание Московского государства в XIV - XVI в.	Экономическое, социальное и политическое развитие русских земель на рубеже XIII – XIV вв. **Специфика формирования единого российского государства.** Обособление Северо-Восточной Руси. Предпосылки объединения русских земель. Выделение трех центров формирования возможной государственности: Московского, Тверского и Великого княжества

		Литовского. **Причины и условия возвышения Москвы.** Иван Калита и его сыновья. Дмитрий Иванович Донской. Куликовская битва и ее историческое значение (1380 г.). Роль церкви в борьбе с монголо-татарским игом. Сергий Радонежский. Рост национального самосознания. Феодальная война в Московском княжестве. Завершение объединения русских земель (XV – нач. XVI в.). Правление Ивана III. Свержение монголо-татарского ига. Стояние на р. Угре (1480 г.). Присоединение Ярославля, Твери, Новгорода и других территорий к Московскому государству. Социальные процессы в Московском государстве. Начало оформления крепостного права. Формирование идеологии самодержавия «Москва – третий Рим». Государство и церковь в конце XV – нач. XVI в. Дискуссии между иосифлянами и нестяжателями. Иван IV, его оценки в исторической литературе. Социальная и политическая борьба в XVI в. Начало деятельности Земских соборов. Период внутренних преобразований в эпоху Избранной рады. Внешнеполитическая деятельность Ивана IV. Присоединение Казани и Астрахани. Ливонская война. Начало присоединения Сибири. Утверждение идеи неограниченной власти в общественном сознании. Опричнина. Дискуссии в исторической науке о причинах и сущности опричнины. Итоги деятельности Ивана Грозного. Царь Федор Иоаннович и его правление. Борис Годунов и его деятельность. Итоги развития Русского государства в XVI в.
7.	Тема 2.6. Русское государство в XVII в.	Смута. Власть и общество в смутное время. Крестьянское выступление И. Болотникова. Самозванчество: Лжедмитрий I и Лжедмитрий II. Царь Василий Шуйский. Польская и шведская интервенция. Формирование народных ополчений. Д.Пожарский и К.Минин. Земский собор 1613 г. и начало династии Романовых. Последствия Смутного времени: экономические и социальные процессы в русском государстве. Вотчинное хозяйство, развитие мелкотоварного производства и появление мануфактур. Политика государства в сфере экономики. **Эволюция форм собственности на землю**. **Структура феодального землевладения**. **Формирование сословной системы организации общества**. **Крепостное право в России**. Земский собор 1649 г., его значение. **Складывание русского абсолютизма, его особенности.** Реформы Алексея Михайловича и Федора Алексеевича. Государство и церковь. Патриарх Никон. Церковный раскол. Соляной и медный бунты. Крестьянская война под руководством С. Разина. Внешняя политика Московского государства в XVII в. Тенденции культурного развития в XVII в.
8.	Тема 2.7. Россия в XVIII	Предпосылки преобразований первой четверти XVIII в.

	в.	Северная война 1700-1721 гг. **Реформы Петра I**. Эпоха «дворцовых переворотов»: политические и социально-экономические процессы. Екатерина I и Меньшиков. Петр II. Анна Иоанновна. «Бироновщина». Елизавета Петровна. Петр III. Манифест о вольности дворянства. **Век Екатерины II**. Крестьянская война под руководством Е. Пугачева. 1773-1775 гг. Жалованная грамота дворянству и Жалованная грамота городам. Результаты деятельности Екатерины II. Русско – турецкие войны. Павел I: особенности внутриполитического курса. Причины его свержения. **Дискуссии о генезисе самодержавия.**
9.	Тема 2.8. Россия в перв. пол. XIX в.	Россия в первой четверти XIX в. **Особенности и основные этапы экономического развития России**. Александр I. Особенности либеральных реформ. Проекты М.М. Сперанского. Отечественная война 1812 г.: причины, ход событий, последствия. Заграничные походы русских войск. Декабристы: «Южное» и «Северное» общества. Проекты конституционных преобразований Н.М.Муравьева и П.И.Пестеля. Исторические последствия движения декабристов. Эпоха Николая I. Противоречивость внутренней политики. Консервативная модернизация. Укрепление полицейско-бюрократического аппарата. Начало промышленного переворота. **Общественная мысль и особенности общественного движения России XIX в**. Крымская война.
10.	Тема 2.9. Россия во втор. пол. XIX в.	Александр II. Подготовка крестьянской реформы. Сущность и последствия отмены крепостного права. Земская, судебная, городская, военная реформы и реформы в сфере просвещения и печати. Последствия преобразований. Идейно-политическая борьба в пореформенной России. «Земля и воля». Народовольцы. Убийство Александра II. Александр III и «эпоха контрреформ». Экономическое и социальное развитие в пореформенной России. **Становление индустриального общества в России: общее и особенное.** Появление марксизма в России: Г.В.Плеханов, В.И.Ленин. **Реформы и реформаторы в России**. **Русская культура XIX в. и ее вклад в мировую культуру**.
		М
11.	Тема 3.1. Россия в начале XX в.	**Роль XX столетия в мировой истории. Глобализация общественных процессов. Проблема экономического роста и модернизации. Революции и реформы. Столкновение тенденций интернационализма и национализма, интеграции и сепаратизма, демократии и авторитаризма.** **Россия в начале XX в**. **Объективная потребность в индустриальной модернизации России**. Экономическое и социальное развитие страны. Николай II. Деятельность С.Ю.Витте. **Политические партии**

		России: генезис, классификация, программы, тактика. Внешняя политика страны в начале XX в. Русско-японская война. Первая русская революция: причины, ход событий, последствия. Манифест 17 октября. Создание либеральных партий. Политические партии России: генезис, классификация, программы, тактика. Деятельность П.А.Столыпина. Аграрная реформа. Деятельность Государственной Думы. **Российские реформы в контексте общемирового р** **э**Международные противоречия в начале XX в. Причины **1**Первой мировой войны. **Россия в условиях мировой войны и общенационального кризиса**. Февральская **революция 1917 г**. Борьба за выбор путей развития **с**страны в марте – октябре 1917 г. Апрельский, июньский, **и**июльский кризисы Временного правительства. **К**Корниловский мятеж. Большевизация Советов. Октябрьская революция: дискуссии о причинах, **х**характере и последствиях. Судьба Учредительного собрания. **Гражданская война и интервенция, их результаты и последствия. Российская эмиграция**. **Н**Начало складывания советской государственности.
12.	Тема 3.2. Советское государство в 1920 – 1930-е гг.	Советское государство после окончания Гражданской войны: **социально-экономическое развитие страны в 1920-е гг. Новая экономическая политика**. **Образование СССР**. «Политическое завещание» В.И.Ленина и его судьба. Л.Д.Троцкий. И.В.Сталин. Хозяйственные, социальные и идеологические сдвиги в стране в 1920-е гг. Внутрипартийная борьба в 1920-е гг. Альтернативы развития страны. **Формирование однопартийного политического режима**. Сталинская модель модернизации страны - «Большой скачок» (1928-1939 гг.). **Социально-экономические преобразования в 1930-е гг.** Индустриализация страны. Первые пятилетки. Коллективизация сельского хозяйства. Административно-командные методы ее осуществления. **Культурная жизнь страны в 1920-е гг. Усиление режима личной власти И.В.Сталина**. **Курс на строительство социализма в одной стране и его последствия**. Складывание советского тоталитаризма. Репрессии. **Сопротивление сталинизму**. **Внешняя политика Советской России и СССР в 1920-1930-е гг**.
13.	Тема 3.3. СССР в годы Второй мировой войны	**СССР накануне и в начальный период Второй мировой войны**. Советско-германский пакт о ненападении. Внешняя политика СССР в условиях начавшейся войны**. Великая Отечественная война (1941-1945 гг.**). Дискуссии о причинах и характере войны. Боевые действия в июне 1941 – осенью 1942 гг. Битва за Москву. Оборона Ленинграда. Коренной перелом в ходе войны. Сталинград. Курская битва. Советский тыл в годы войны. Государство и общество. Завершение Великой Отечественной войны. Боевые

		действия в 1944-1945 гг. Разгром Германии. Разгром Японии. Окончание Второй мировой войны. Итоги и уроки войны.
	М	
14.	Тема 4.1. СССР в 1945-1964 гг.	**Социально-экономические последствия Великой Отечественной войны**. **Страна в послевоенный восстановительный период**. Начало «холодной войны». Смерть И.В.Сталина и борьба за власть в высшем партийно-государственном руководстве страны. Н.С.Хрущев. XX съезд КПСС, осуждение культа личности Сталина. Курс на построение коммунистического общества. Социально-экономическое развитие страны в конце 1950 - начале 1960-х гг. Противоречивость и непоследовательность политики Н.С.Хрущева. Духовное развитие советского общества. «Оттепель». **Внешняя политика в 1950-1960-х гг**. **Холодная война**.
15.	Тема 4.2. Советское общество в эпоху «застоя»	**Попытки осуществления политических и экономических реформ**. Поиски новых форм и методов управления. **НТР и ее влияние на ход общественного развития**. **СССР в 1960-80-е гг.: нарастание кризисных явлений**. Бюрократизация партийного и государственного аппарата. Л.И.Брежнев. Концепция «развитого социализма». Противоречивость духовной жизни общества. Диссидентское движение: А.Д.Сахаров, А.И.Солженицын. Приход к власти Ю.В.Андропова. «Мини-застой» К.У.Черненко. Внешняя политика в эпоху «разрядки» и начало новой конфронтации с Западом.
16.	Тема 4.3. СССР в сер. 1980-х – начале 1990-х гг.	**Советский Союз в 1985-1991 гг**. М.С.Горбачев: динамика политических взглядов и позиций. **«Перестройка»**: сущность и этапы. КПСС и реформы. Утверждение многопартийности. Политические партии и их лидеры. Размежевание общества на основе политических воззрений и идеалов. Обострение национальных противоречий. Духовная культура в новых условиях. «Новое политическое мышление». Кризис политики «перестройки». **Попытка государственного переворота 1991 г. и ее провал**. **Распад СССР**. **Беловежские соглашения**.
17.	Тема 4.4. Современная Россия	Начало радикальных социально-экономических преобразований. Б.Н.Ельцин. Либерализация цен и ее последствия. Приватизация государственной собственности. Рост социального расслоения в обществе. Поляризация политических сил. Противостояние законодательной и исполнительной власти в **октябре 1993 г.** Конституция РФ 1993 г. **Становление новой российской государственности (1993-1999 гг.)**. Россия и субъекты Федерации. Война в Чечне. Россия и мировое сообщество. Экономический кризис 1998 г. Уход Б.Н.Ельцина. Президентские выборы 2000 г. В.В.Путин. **Россия на пути**

		радикальной социально-экономической модернизации. **Культура в современной России. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации**.

СОДЕРЖАНИЕ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задачи семинарских занятий:

В ходе работы на занятиях студенты научатся практически применять приобретенные теоретические знания:

1) вести дискуссии по проблемным вопросам курса;
2) осознавать взаимосвязь прошлых и настоящих событий;
3) критически относиться к различным аспектам развития общества;
4) вырабатывать и формулировать собственную точку зрения по той или иной проблеме;
5) видеть и оценивать значимость экономического, политического, социального и культурного окружения, в котором осуществляется образование или работа;
6) аргументировать свои ответы на поставленные вопросы;
7) оценивать и формировать социальные привычки, связанные со здоровьем, потреблением, сохранностью окружающей среды.

Модуль 1. Введение в курс «История»

Тема 1.1. История как наука и учебная дисциплина

1. Место истории в системе наук. Специфика исторического знания.
2. Исторический источник.
3. Концепции (интерпретации) исторического процесса.
4. Всеобщая история и Отечественная история.
5. Историография отечественной истории.

Основные понятия:

История, этнос, менталитет, государство, цивилизация, формация, классы.

Вопросы:

1. Что означает понятие «история»? Для чего необходимо знать историю?
2. Какими основными источниками пользуются в познании истории? Каких русских историков вы знаете? Как они трактуют значение истории, выделяют ее периодизацию?
3. Какова периодизация истории России? Какие этапы всемирной истории совпадают с хронологическими рамками истории России?
4. Назовите факторы и особенности российского исторического процесса. В чем причины чрезмерной роли государства в истории России?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место и роль России в мировом сообществе;
- ✓ узнают периодизацию истории России;

- ✓ получат представление об особенностях российского исторического процесса.

Литература

Основная:

1. Кириллов В.В. учеб. пособие для бакалавров / В.В. Кириллов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 665 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.
История России (IX – начало XXI вв.): учебник / С. Н. Полторак, А.Ю. Дворниченко, З.О. Джалиашвили и др.; под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2005. – 479с. – С. 5-18.
. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.I.- Глава 2-3. – С. 6-24.
Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – С. 15-49.

Дополнительная:

. Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – С. 3-9.
5. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. - Глава 1. – С. 12-37.
6. Личман Б.В. Многоконцептуальная история России. Пособие для абитуриентов. – Екатеринбург: Из-во «СВ-96», 2000.- С.4-20.
7. Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – С. 4-52.

Текущий контроль знаний:

Познавательная функция истории заключается в …

А) изучении и теоретическом обобщении исторических фактов и событий

Б) формирование нравственных и гражданских ценностей

В) формирование историзма мышления

Г) укрепление обороноспособности государства

Субъективистский подход к историческому процессу, отождествление истории России с историей самодержавия был характерен для …

А) Н.М. Карамзина

Б) В.О. Ключевского

В) А.А. Корнилова

Г) М.Н. Покровского

Историческая наука в СССР основывалась на _____ подходе к истории

А) марксистском
Б) эволюционном
В) теологическом
Г) субъективном

Модуль 2. История России с древнейших времен по XIX в.

Тема 2.1. Восточные славяне и Киевская Русь

1. Этногенез восточных славян.
2. Быт, общественный строй и верования восточных славян в древности.
3. Норманнская и антинорманнская теории происхождения Древнерусского государства.
4. Киевская Русь: особенности социального и политического развития.
5. Древнерусская культура.

Основные понятия:

Этногенез, военная демократия, язычество, полюдье, варяги, вече, Боярская дума, «Русская Правда», вотчина, децентрализация, уделы, иго.

Вопросы:

1. Каково происхождение восточных славян? На какой территории они проживали и каким был общественный строй восточных славян?

2. Каковы точки зрения современных ученых на проблему образования Древнерусского государства?

3. Каким был экономический и политический строй Древнерусского государства?

4.Какое значение имело принятие христианства для Киевской Руси и последующей истории России?

5. Как развивалась внутренняя и внешняя политика киевских князей в IX-XII вв.? Почему на Руси установилось монголо-татарское иго?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ узнают теории этногенеза и теории образования древнерусского государства;
- ✓ получат представление о культурном влиянии Византии на Русь;
- ✓ осознают последствия монголо-татарского нашествия на Русь.

Литература

Основная:

. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 1. – С. 12-45.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н.

Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел I. – Глава 1-3, 5-7. - С. 3-61, 78-106.
История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.II.- Глава 1-2. – С. 26-66.
. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 1. – С. 50-76.

Дополнительная:

История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 2. – С. 38-68.
. Кульгин Э.С. Золотая Орда: проблемы генезиса Российского государства. - М., 2006.
. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 5-64.
. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава I-IV. – С. 13-169.

Текущий контроль знаний:

1. **Заключение династических браков стало основным средством внешней политики Киевской Руси в годы правления …**
   А) Ярослава Мудрого
   Б) Владимира Крестителя
   В) Владимира Мономаха
   Г) Мстислава Великого

Памятником древнерусской литературы XII в., посвященным походу на половцев новгород-северского князя Игоря Святославича в 1185 году, является …

А) “Слово о полку Игореве”
Б) “Поучение Владимира Мономаха”
В) “Слово о погибели русской земли”
Г) “Сказание о Мамаевом побоище”

В 1223 г. первое сражение русских дружин с монголо-татарами произошло на реке …

А) Калке
Б) Дон
В) Угре
Г) Воже

Тема 2.2. Образование русского централизованного государства

1. Предпосылки образования Московского государства:
    а) экономические;
    б) социальные;
    в) политические;
    г) причины возвышения Москвы.
2. Основные этапы централизации русских земель.
3. Государство и церковь в XV – нач. XVI вв.

Основные понятия:

Централизация, поместье, сословно-представительная монархия, Земский собор, «Москва – третий Рим», митрополит, крепостное право.

Вопросы:

1. Каковы были предпосылки и причины объединения русских земель? Почему борьба за объединение сопровождалась соперничеством между русскими княжествами?

Почему Москва стала центром объединения русских земель? Каков вклад Ивана Калиты в возвышение Москвы?

3. Какую роль сыграла Русская православная церковь в период ордынского ига и борьбы за единство русских земель? Почему сложился союз между церковью и московскими князьями?

4. В чем значение Куликовской битвы? Охарактеризуйте деятельность Дмитрия Донского. Почему объединение русских земель привело к разрушению традиций самоуправления?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место Московского княжества и роль московских князей в процессе объединения земель;
- ✓ получат представление о взаимоотношениях Москвы, Твери, Новгорода, Литвы;
- ✓ узнают этапы объединения русских земель вокруг Москвы.

Литература

Основная:

История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 2. – С. 46-61.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел II. – Глава 3-5. - С. 132-177.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 1. – С. 81-98.

Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для

студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 2. – С. 99-160.

Дополнительная:

История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 8-10. – С. 232-334.

Скрынников Р.Г. Иван III / Р.Г. Скрынников. – М., 2006.

7. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VI. – С. 241-302.

Текущий контроль знаний:

Основателем династии московских князей был …

А) Даниил Александрович
Б) Юрий Данилович
В) Алексей Михайлович
Г) Иван Данилович

2. Земельное владение, предоставляемое на условиях несения службы, называется …

А) поместьем
Б) вотчиной
В) уделом
Г) отрезком

3. Победа русского войска на Куликовом поле в 1380 г.:

А) полностью освободила Русь от ордынского ига
Б) была первой крупной победой русских в борьбе с Ордой
В) завершилась гибелью Дмитрия Донского
Г) усилила роль Москвы как центра объединения русских земель

Тема 2.3. Русское государство в XVI в.

1. Реформы Избранной рады.
2. Опричнина.
3. Русское государство в конце XVI в.
4. Внешняя политика в XVI в.

Основные понятия:

Венчание на царство, Избранная рада, реформа, Приказы, стрельцы, Стоглав, опричнина, губные избы, династический кризис.

Вопросы:

1. Какие реформы были проведены в середине XVI в.? Каковы их результаты?
2. Какова роль Ивана Грозного в укреплении самодержавия?
3. Что такое опричнина? В чем ее смысл? Почему она была отменена?
4. На каких направлениях внешней политики Россия достигла наилучших результатов? Почему?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают роль Ивана Грозного в установлении монархического правления;
- ✓ узнают последствия опричнины;
- ✓ смогут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 7. - С.83-104.

. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 2. – С. 46-47, 61-77.

История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел II. – Глава 6. - С. 178-212.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 2. – С. 99-121.

Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.2. - С. 185-238.

Дополнительная:

. История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2007. – 768с. – Глава 12. – С. 352-396.

. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 68-86.

. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VII. – С. 303-339.

Текущий контроль знаний:

1. В 1552 г. к России было присоединено _____ ханство.

А) Казанское
Б) Астраханское
В) Сибирское
Г) Крымское

2. В 1551 г. был созван Собор русской церкви, получивший название …

А) Стоглавого
Б) Земского

В) Негласного
Г) Избранного

Результатами опричнины были:
А) принятие Соборного уложения
Б) экономический кризис в стране
В) завоевание Россией Сибирского ханства
Г) сокращение посевных площадей и голод
Д) установление режима неограниченной власти Ивана IV
Е) создание регулярной армии

3.

Тема 2.4. Россия в XVII в.

1. Причины, периодизация и последствия Смуты.
2. Социально-экономическое развитие России в XVII в.
3. Русское государство и его институты в XVII в. Возникновение русского абсолютизма.
4. Внешняя политика России в XVII в.

Основные понятия:

Смута, польско-шведская интервенция, крестьянская война, Семибоярщина, народное ополчение, Земский собор, сословно-представительная монархия, патриарх, бунты, тягло, урочные и заповедные лета, мануфактуры.

Вопросы:

1. Что такое Смутное время?
Какие страны и с какой целью предприняли в начале XVII в. интервенцию в Россию? Каковы последствия Смутного времени?
3. Что позволило отстоять независимость России?
4. С чем связано усиление роли Земских соборов в начале XVII в.?
5. Какова роль Русской православной церкви и ее деятелей в годы Смуты и после нее?
6. Почему вторую половину XVII в. называют «бунташным веком»?
7. С кем воевала Россия в XVII в.? Каковы результаты этих войн?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают место социальных институтов (Земского собора, Боярской думы, патриарха и Русской православной церкви) в период Смуты и правления первых Романовых;
- ✓ узнают об основных изменениях в государственном управлении, об установлении крепостного права в России.

Литература

Основная:

История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н.

Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.
Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, –
. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 3. – С. 78-118.
История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во П
История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.III.- Глава 3. – С. 122-144.
Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.2. - С. 239-461.

Дополнительная:

История России с древнейших времен до конца XVII в. Учебное пособие / Л.Н. Вдовина, Н.В. Козлова, Б.Н. Флоря; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2
Козляков В.Н. Марина Мнишек. - М., 2005.
Патриарх Никон: трагедия русского раскола (сборник) / Составители В.И. Мельник, И.М. Стрижова. - М., 2006.
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 87-
–
Скрынников Р.Г. Минин и Пожарский. - М., 2007.
Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава VIII-X. – С. 340-474.

Текущий контроль знаний:

Кодекс законов Российского государства, принятый Земским собором в 1648-1649 гг., называется …

А) Соборным уложением
Б) Судебником
В) Русской Правдой
Г) Конституцией

К причинам поражения восстания С. Разина относится …

А) стихийность и низкая организованность
Б) появление самозванцев
В) вмешательство интервентов
Г) смерть С. Разина

В царствование Михаила Федоровича в 1632-1634 гг. Россия вела Смоленскую войну с …

А) Речью Посполитой
Б) Швецией
В) Данией
Г) Австрией

Тема 2.5. Россия в XVIII в.

1. Реформы Петра I и их историческое значение.
2. Эпоха дворцовых переворотов.
3. «Просвещенный абсолютизм». Екатерина II.
4. Внешняя политика России в XVIII в.

Основные понятия:

Абсолютизм, империя, регулярное государство, Синод, Сенат, министерства, «Великое посольство», подушная подать, Табель о рангах, рекруты, ассамблеи, Кунсткамера, протекционизм, дворцовые перевороты, гвардия, Верховный Тайный совет, кондиции, «бироновщина», просвещенный абсолютизм, Уложенная комиссия, Жалованные грамоты дворянству и городам.

Вопросы:

1. Почему XVIII в. называют веком Просвещения и модернизации?
2. Каковы особенности складывания абсолютизма в России?
3. Каковы предпосылки реформ Петра I? Как Петр проводил реформы одновременно или в какой-то хронологической последовательности?
4. Что стало причиной Северной войны? Каковы ее последствия?
5. Почему после смерти Петра Великого происходили дворцовые перевороты?
6. Какие социально-экономические процессы происходили во время правления Екатерины II и Павла I? Каково значение крестьянской войны под предводительством Е. Пугачева?
7. Какие успехи были достигнуты во внешней политике во второй пол. XVIII в.?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ осознают роль личности правителя для развития государства;
- ✓ имеют представление о дворцовых переворотах;
- ✓ знают основные реформы XVIII в. и их значение для становления абсолютизма в нашей стране;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

Орлов А.С., Георгиев В.А., Георгиева Н.Г., Сивохина Т.А. История России. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Проспект, 2015. - 680 с.

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2

0 История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям 0 для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 4,5. – С. 119-150, 151-168.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел III. – Глава 3-5. - С. 305-438.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б

Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава IV-V. –С. 92-124, 125-153.

Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. – Ч.3. – С. 462-686.

Дополнительная:

История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Синбаев; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2006. – 784с. – Глава 1, 3-4, 6-7, 10, 12-13. – С. 9-45, 74-97, 127-195, 216-267, 280-308.

. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 146-1

00. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – Глава X-XII. – С.475-579.

Текущий контроль знаний:

Крестьянская война под руководством Е.И. Пугачева началась в _____ году.

А) 1773

Б) 1767

В) 1775

Г) 1785

В 1727-1730 гг. российским императором был внук Петра I …

А) Петр II

Б) Петр III

В) Иван V

Г) Иван VI

Назовите имя непримиримого противника церковной реформы XVII в.:

А) патриарх Никон
Б) митрополит Макарий
В) протопоп Аввакум
Г) Алексей Михайлович

Тема 2.6. Россия в первой половине XIX в.

1. Александр I и его преобразования. М.М.Сперанский.
2. Царствование Николая I.
3. Общественно-политические движения в первой пол. XIX в.
4. Внешняя политика России в первой половине XIX в.

Основные понятия:

Либеральные реформы, конституционализм, Гос. Совет, реакция, консерватизм, общественное движение, декабристы, западники, славянофилы, бюрократизация, кодификация, финансовая реформа Е. Ф. Канкрина.

Вопросы:

1. В чем суть государственных преобразований при Александре I в начальный период царствования? Какова роль в них М.М. Сперанского?
2. Почему «дней Александровых прекрасное начало…»? Что такое «Аракчеевщина», какие последствия она имела для развития государства?
3. Какие последствия для России имели Отечественная война 1812 г. и восстание декабристов?
4. Почему первую половину XIX в. называют «золотым веком» русской культуры?
5. В чем состоял кризис николаевской системы правления? Почему Россия потерпела поражение в Крымской войне?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают причины и значение общественного движения XIX в.;
- ✓ знают основные либеральные реформы Александра I, реакционные м
- ✓ умеют отличать программные документы декабристов;
- ✓ знают главные достижения культуры «золотого века».

о
п

Литература

Ос

новная:

Истори
и России с древнейших времен до наших дней: учебник / В.А. Федоря
ев, В.И. Моряков, Ю.А. Щетинов. – М.: ТК Велби, ЗАО «КноРус», т
Зуев М
.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. –
я
668с. – Глава 13-14. – С. 206-267.
. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для сту
Ндентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, исп
ир. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ
», 2007. – 560с. – Тема 6. – С. 169-197.

о
л
а
я

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 1-3. - С. 439-504.
История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б
Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Вкатеринбург, 2004. – Глава VI. – С. 154-192.
.

Дополнительная:

Л В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: иборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с. – С. 107-ч
История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Ц
История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Глава 1-3. – С. 5-124.
10. Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 189-в
11. Экштут С.А. Александр I. Его сподвижники. Декабристы: в поиске исторической альтернативы. - СПб., 2004.

Текущий контроль знаний:

В 1809 г. по заданию Александра I проект преобразований в сфере государственного управления подготовил …

А) М.М. Сперанский
Б) Е.Ф. Канкрин
В) П.И. Пестель
Д) Н.М. Муравьев

В 1803 г. император Александр I издал указ о (об) …

А) вольных хлебопашцах
Б) обязанных крестьянах
В) отмене крепостного права
Г) секуляризации церковных земель

Форма организации войск, появившаяся в период правления Александра I, при которой строевая служба совмещалась с ведением хозяйства, - это:

А) опричное войско
Б) Запорожская Сечь
В) стрелецкое войско
Г) военные поселения

Тема 2.7. Эпоха «Великих реформ»

1. Кризис феодально-крепостнической системы к середине XIX в.
2. Крестьянская реформа.
3. Буржуазные реформы 1860-1870-х гг. и их значение.
4. Общественно-политические движения в пореформенной России.

Основные понятия:

Буржуазия, капитализм, рабочий класс, промышленный переворот, крестьянская реформа, выкупные платежи, временнообязанные, уставные грамоты, крестьянская община, народничество, социал-демократия, контрреформы.

Вопросы:

1. Каковы предпосылки и идеология реформ Александра II?

2. В чем суть и каковы результаты крестьянской реформы 1861 г.?

3. Почему реформы 60-70-х гг. XIX в. называют либеральными? Какие изменения произошли в стране в итоге проведения земской, судебной, финансовой, образовательной и военной реформ?

4. Каковы были сильные и слабые стороны пореформенной модели развития России? В чем своеобразие российского капитализма?

Как развивалось общественное движение в России во второй половине XIX в.? Почему «царя-освободителя» убили в 1881 г.?

6. Почему Александр III проводил «контрреформы»? Каковы их цели и результаты? В чем суть курса, предложенного министром финансов С.Ю. Витте? Каковы итоги его «золотой» реформы?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают причины и значение «Великих реформ»;
- ✓ умеют отличать реформы и контрреформы;
- ✓ знают основные общественно-политические движения в пореформенной России.

Литература

Основная:

Зуев М.Н. История России: учебное пособие. - М.: Высшее образование, 2007. – 668с. – Глава 15-16. – С. 268-320.

2. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 7. – С. 198-234.

История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во П

Ирия России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.IV.- Глава 4. – С. 234-248.

Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VII. – С. 193-230.

е

к

т

,

6. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 4. – С. 293-340.

Дополнительная:

История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. – Глава 6. – С. 179-200.
История России XVIII-XIX веков. Учебное пособие / Л.В. Милов, Н.И. Цинбаев; под ред. Л.В. Милова. – М.: Эксмо, 2006. – 784с. – Глава 24-26. – С.

9. Эйдельман Н.Я. Твой девятнадцатый век. - М., 2006.
10. Юрьевская Е.М. Александр II.- М., 2004.

Текущий контроль знаний:

С отменой крепостного права связан термин …

А) заповедные годы
Б) урочные лета
В) присяжные заседатели
Г) временнообязанные крестьяне

Один из важнейших итогов Крестьянской реформы 1861 г.:

А) началась крестьянская война против царя и помещиков
Б) резко выросла производительность сельского хозяйства
В) были сняты препятствия для капиталистического развития России
Г) возрос экспорт хлеба

Укрепление российских финансов на рубеже XIX-XX вв. связано с именем …

А) С.Ю. Витте
Б) Е.Ф. Канкрина
В) Н.А. Милютина
Г) К.П. Победоносцева

Модуль 3. История России в начале XX в.

Тема 3.1. Создание Советского государства. Советская Россия и СССР в 1920-30-е годы

1. Великая русская революция начала XX в.
2. Гражданская война в России.
3. Этапы формирования советского авторитаризма и тоталитаризма. Особенности советского тоталитаризма.
4. Внешняя политика страны в 1920-1930-е гг.

Основные понятия:

Модернизация, революция, «Манифест 17 октября», конституционная монархия, политическая партия, Государственная дума, Прогрессивный блок, Антанта, аграрная реформа П.А. Столыпина, Советы, Учредительное

собрание, «военный коммунизм», продразверстка, гражданская война, авторитаризм, тоталитаризм, Коминтерн, республика, индустриализация, коллективизация.

Вопросы:

1. Каковы причины революции 1905-1907 гг.? Какие позиции занимали в годы революции политические партии? В чем причины неудачи революции? В чем ее значение?

2.Как зародился парламентаризм в России? В чем суть аграрной реформы П.А. Столыпина? Каков ее ход и каковы результаты?

3. Почему Россия оказалась втянутой в Первую мировую войну? Каково значение участия России в мировой войне?

4. В чем причина свержения самодержавия? Что такое двоевластие? Как произошла Октябрьская революция? Почему большевикам удалось взять власть?

5. В чем причины гражданской войны? Почему большевики одержали победу?

6. Каковы причины перехода большевиков к новой экономической политике, а дальнейшем отказ Сталина от нее?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность демократического режима и конституционной монархии;
- ✓ осознают роль политических партий в обществе;
- ✓ знают особенности становления многопартийной системы в России, основные события революции и гражданской войны;
- ✓ умеют отличать советский авторитаризм от тоталитаризма;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России.

Литература

Основная:

История России. XX век: 1894-1939 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2010. - 1023 с.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «

МИстория России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел IV. – Глава 8-9. – С. 559-591. - Раздел V. – Глава 1-4. – С. 591-658.

История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.V.- Глава 1-3. – С. 249-304. - Ч.VI. – Глава 1-2. – С. 305-336.

Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. Екатеринбург, 2004. – Глава VIII-IX. – С. 231-352.

0

7

.

–

. Оськин М.В. История Первой мировой войны. – М.: ООО «Издательский дом «Вече», 2014. – 496 с. Глава 1-2. – С. 7-195.

Дополнительная:

7. Бок М.П. П.А. Столыпин: Воспоминания о моем отце. - М., 2006.
. В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с. – С. 23-50.
История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н. Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Глава 13-14, 16-19. – С. 343-408,

Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 1-3. – С. 10-112.
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 234-

Текущий контроль знаний:

Созданная в октябре 1905 г. партия кадетов относилась к _____ направлению общественного движения.

А) радикальному
Б) либеральному
В) революционному
Г) охранительному

Союзником России в Первой мировой войне была …

А) Германия
Б) Австро-Венгрия
В) Болгария
Г) Великобритания

1 сентября 1917 г. Россия была провозглашена …

А) дуалистической монархией
Б) конституционной монархией
В) республикой
Г) федерацией советских республик

Тема 3.2. СССР в годы Второй мировой войны

1. Причины Второй мировой войны. СССР в начальный период мировой войны.
2. Начало Великой Отечественной войны, ее происхождение и характер. Этапы Великой Отечественной войны.

3. Власть и общество в годы войны. Исторические последствия Великой Отечественной войны.

Основные понятия:

Мюнхенский сговор», Лига наций, коллективная безопасность, пакт о ненападении, ГКО, антигитлеровская коалиция, план «Барбаросса», коренной перелом, партизанское движение, добровольцы, фашизм, ленд-лиз, безоговорочная капитуляция..

Вопросы:

1. Какая была международная обстановка в 1930-е гг. и какую внешнюю политику проводил Советский Союз? Почему СССР оказался участником Второй мировой войны? Какую цель преследовала Германия, нападая на СССР?

2. Каковы причины военных неудач СССР в 1941-1942 гг.? Почему советским войскам удалось победить под Москвой, Сталинградом, на Курской дуге?

3. Почему советско-германский фронт был решающим фронтом в годы Второй мировой войны?

4. Как сложилась антигитлеровская коалиция? Почему СССР победил в войне? Каковы были последствия этой победы?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность фашизма;
- ✓ знают основных участников и периодизацию Второй мировой и Великой Отечественной войн;
- ✓ могут ориентироваться в направлениях и результатах внешней политики России;
- ✓ осознают цену победы в войне.

Литература

Основная:

История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с. – Глава VIII. – С. 298-328.

История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 12. – С. 362-400.

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 5. – С. 658-675.

. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VI.- Глава 3-4. – С. 337-

Дополнительная:

История России. В 2 т. Т.2. С начала XIX века до начала XXI века / А.Н.

Сахаров, Л.Е. Морозова, М.А. Рахматуллин и др.; под ред. А.Н. Сахарова. - М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2008. - 862с. - Т.2. – Глава 20. – С. 619-656.
Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 4. – С. 113-136.
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 554-

Текущий контроль знаний:

Заключительной операцией Великой Отечественной войны стало в мае 1945 г. освобождение …

А) Минска
Б) Парижа
В) Праги
Г) Лондона

СССР был исключен из Лиги Наций в декабре 1939 г. в связи с нападением на …

А) Прибалтику
Б) Польшу
В) Финляндию
Г) Бессарабию

План германского командования под кодовым названием «Барбаросса» предусматривал …

А) захват Мурманска
Б) уничтожение Красной Армии под Курском
В) разгром Красной Армии под Сталинградом
Г) молниеносный разгром сил Красной Армии

Модуль 4. История России во второй половине XX в.

Тема 4.1-3. СССР в 1945 – 1991 гг.

1. Борьба за власть в советском руководстве на рубеже 1940-1950-х гг.
2. Реформы Н.С.Хрущева.
3. СССР в эпоху «застоя». Л.И.Брежнев. Поиск путей развития в первой половине 1980-х гг.
4. «Перестройка» в СССР. Причины неудавшегося реформирования советского общества.

Основные понятия:

Либерализация политического режима, , десталинизация, «оттепель», ГУЛАГ, реабилитация, НТР, «холодная война», косыгинская реформа, паритет, правозащитное движение, диссиденты, «развитой социализм», герантократия, разрядка, «новое политическое мышление», плюрализм.

Вопросы:

1. Какие задачи стояли перед экономикой страны после окончания войны? Насколько обоснованным было возвращение И.В. Сталина к довоенным методам руководства?
2. Какие изменения произошли после смерти И.В. Сталина во внутренней и внешней политике? С чем связана либерализация политического режима? Как развивалась экономика в 1950-60-е годы?
3. Что такое «эпоха застоя»? Какие изменения произошли в эти годы в экономическом, социальном, политическом развитии, во внешней политике?
4. Почему советское государство, добившись в 1960-70-е гг. в соревновании с капиталистическим миром паритета в военной области, не смогло добиться в это же время паритета в области экономики?
5. В чем причины перестройки? Каковы ее цели и результаты? Каковы объективные и субъективные причины распада СССР?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ умеют отличать реформаторские проекты Маленкова, Берии, Хрущева;
- ✓ понимают сущность политики «оттепели» и «развитого социализма»;
- ✓ знают события и результаты эпохи перестройки;
- ✓ осознают последствия августовского политического кризиса 1991 г.

Литература

Основная:

История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.
Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с. – Глава IX-XII. – С. 329-528.
. История России с древнейших времен до наших дней / Под ред. А.Н. Сахарова, Морозова Л.Е. М., 2008.
История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 13,14,15,16. – С. 401-427, 428-449, 450-474, 475-

. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 6-9. – С. 675-731.
. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VI.- Глава 4-6. – С. 351-

Дополнительная:

Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное п
История России с начала XIX до начала XXI вв. / Под ред. А.Н. Сахарова. – М
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное б
и
2
0
0

пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 571-

Текущий контроль знаний:

Правящий слой, господствующий в бюрократической системе управления СССР в 1960-1980-е гг., назывался …

А) коллаборационистами
Б) общественниками
В) шестидесятниками
Г) номенклатурой

Заключительный акт Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе, подписанный в Хельсинки в августе 1975 г., констатировал …

А) создание Совета Безопасности ООН
Б) окончание «холодной войны» между Востоком и Западом
В) нерушимость послевоенных границ в Европе
Г) создание в Европе системы коллективной безопасности

Одной из причин кризисных явлений в экономике СССР в 1970-е – первой половине 1980-х гг. было …

А) развитие предпринимательства
Б) создание частных банков
В) господство административно-командной системы
Г) создание валютных и других бирж

Тема 4.4. Современная Россия

1. Август 1991 г. и его последствия. Начало становления современной России.
2. Социально-экономические и политические преобразования 1990-х гг., их последствия.
3. Россия в начале XXI в. В.В.Путин.
4. Россия и современный мир: опыт конца XX – начала XXI в.

Основные понятия:

СНГ, приватизация, «шоковая терапия», ваучер, правовое государство, рыночная экономика, дефолт, «вертикаль власти», олигархи, глобализация, Совет Федерации, ВТО.

Вопросы:

1. Имелась ли возможность сохранить СССР, советский строй, социалистические производственные отношения в начале 1990-х гг.? Каковы проблемы и перспективы развития СНГ?

2. Какие реформы проводились в России после 1991 г.? В чем причины их неудач? Какие силы и партии участвуют в политической борьбе в современной России?

3. Какие события и действия властей способствовали укреплению российской государственности, развитию экономики страны на рубеже XXI в.? Какие задачи стоят перед современной Россией?

4. Какие трудности и противоречия выявились в процессе формирования в России рыночной экономики и правового государства в начале XXI в.?
5. Каковы место и роль современной России в международной политике?

Результат:

В результате освоения содержания занятия студенты:

- ✓ понимают сущность демократического режима;
- ✓ знают основные вехи становления многопартийности и демократии в России;
- ✓ умеют различать ветви государственной власти в Российской Федерации;
- ✓ осознают необходимость модернизации современной России.

Литература

Основная:

1. История России: Учебно-методическое пособие к семинарским занятиям для студентов высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Сердюкова. Издание 2-е, испр. и доп. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 560с. – Тема 17. – С. 500-534.
2. История России с древнейших времен до наших дней /А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 768с. – Раздел V. – Глава 10. – С. 737-760.
3. История России с древнейших времен до наших дней: учебник / Н.Л. Клименко, В.Г. Кошкидько, С.В. Пронкин (и др.); под ред. А.В. Сидорова. – М.: Проспект, 2009.- 464с. – Глава 5. – С. 410-462.
4. История России с позиций разных идеологий: учеб. пособие / Под ред. проф. Б.В. Личмана. - Ростов н/Д: Феникс, 2007. – Ч.VII.- Глава 2. – С.426-

Мотревич В.П. Экономическая история России. Екатеринбург, 2004. – Глава XVIII. – С. 559-592.
Семенникова Л.И. Семенникова Л.И. Россия в мировом сообществе цивилизаций: учебник для студентов вузов неисторических специальностей / Л.И. Семенникова. – изд. 9-е. - М.: КДУ, 2008. – 782с. – Тема 11. – С. 747-761.

Дополнительная:

История России (IX – начало XXI вв.): учебник / С. Н. Полторак, А.Ю. Дворниченко, З.О. Джалиашвили и др.; под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2005. – 479с. – Ч. V. – Глава 20. – С. 385-417.
Мухамедина Ш. Отечественная история новейшего времени: учебное пособие. – М.: КДУ, 2006. – Глава 7. – С. 188-213.
Семин В.П. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 614-

Текущий контроль знаний:

Договор о создании СНГ был подписан 8 декабря 1991 г. между:

А) РСФСР, Украиной и Белоруссией
Б) РСФСР, Грузией и Азербайджаном
В) РСФСР, Казахстаном и Белоруссией

Г) РСФСР, Татарстаном и Украиной

2. **Политический кризис 1992-1993гг. проявился в:**
А) противостоянии законодательной и исполнительной ветвей власти
Б) роспуске СССР и создании СНГ
В) принятии Федеративного договора
Г) переходе к рыночным отношениям

3.**Референдум о принятии Конституции РФ проходил одновременно с выборами в новый парламент:**
А) 19 августа 1991 г.
Б) 11 марта 1985 г.
В) 8 декабря 1991 г.
Г) 12 декабря 1993 г.

V. ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (ТЕКУЩЕЙ, ТВОРЧЕСКОЙ, ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ)

№ п/п	Формы организации	Формы контроля
1	Подготовка к семинарским работам, запоминание терминов, дат, известных личностей	Заполнение таблиц, диктанты
2	Выполнение проблемных, творческих заданий	Подготовка сообщений, докладов, презентаций
3	Работа с карто-схемой	Заполнение контурных карт , работа с атласами
4	Освоение тем, вынесенных на самостоятельное изучение	Собеседование, дискуссии, задания в тестовой форме
5	Структурирование информации	Схемы классификаций

VI. СОДЕРЖАНИЕ ТЕКУЩЕЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (ПОДГОТОВКА К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ)

При изучении дисциплины студенты должны овладеть научными и прикладными знаниями в области истории Отечества. Для более успешного усвоения материала рекомендуется:

- систематически работать с учебной, прикладной, дополнительной литературой;
- применять полученные знания в процессе деловых игр и упражнений;
- использовать выдаваемый раздаточный материал;
- выполнять задания к семинарским занятиям;
- активно участвовать в лекционных и семинарских занятиях;
- выполнять промежуточные тестовые и контрольные задания по пройденным темам;
- использовать знания других дисциплин, близких по направленности с «Историей Отечества»;

- подбирать дополнительный материал на изученные темы.

Семинарские занятия являются формой организации самостоятельной работы студентов и активизации их познавательной самостоятельности.

Целью семинарских занятий является развитие интеллектуальных возможностей и способностей студентов, которые должны стать средством индивидуального освоения науки и культуры, основой профессиональной компетентности и внутренним источником ее развития. Содержание семинарских занятий - совместное проективно-деятельностное решение студентами и преподавателем познавательных задач, возникающих в результате **проблематизации** учебного процесса.

В процессе семинарских занятий по дисциплине студент должен приобрести умения получать новые эмпирические, теоретические и аксиологические знания, их систематизировать и концептуализировать; оперировать базовыми понятиями, теоретическими и ценностными конструктами учебного курса; решать познавательные задачи; логично выстраивать устные и письменные тексты.

С целью приобретения навыков усвоения знаний эмпирического характера студенту предлагаются задания для самостоятельной работы, например, заполнить **таблицы тематического содержания** (см. табл. 1,2,3).

С целью приобретения умений систематизации и концептуализации исторических знаний студент должен научиться выстраивать **устные и письменные тексты** в соответствии с определенным алгоритмом, который предварительно разрабатывается самим преподавателем. Подобный алгоритм студент может использовать во время своего ответа как на экзамене, так и на семинарском занятии.

Таблица 1.

Политика правителей Киевской Руси

Правители	Внутренняя политика	Внешняя политика
Олег		
Игорь		
Ольга		
Святослав		
Владимир		
Ярослав Мудрый		
Владимир Мономах		

Таблица 2.

Основные события внешней политики России XVI-XVIII вв.

Западное направление	Южное направление	Восточное направление

Одним из возможных алгоритмов такой систематизации и

концептуализации может быть следующее:

1. Хронология, периодизация, время исторических событий (процессов).
2. Историография (знание различных научных точек зрения по тому или иному вопросу, исторической проблеме).
3. Теория вопроса (определение базового понятия вопроса).
4. Предпосылки и причины исторических процессов или событий.
5. Ход исторических событий (процессов).
6. Значение (необходимо показать историческую роль, дать оценку, выявить последствия для развития России).

Таблица 3.

Реформы в России

Годы проведения	Содержание реформы
Первая четверть XVIII в.	
1860-70-е гг.	
Начало XX в.	
1920-30-е гг.	
Середина 50-х-начало 60-х гг.	
Середина 60-х-конец 70-х гг.	
1980-е гг.	
1990-е гг.	
Начало XXI в.	

С целью активизации познавательной самостоятельности и развития логики исторического мышления студентам предлагаются задания по решению разного рода познавательных задач, например, на доказательство и сравнение. При этом студент должен вначале усвоить определенный алгоритм их решения. Так, при решении **задачи на доказательство** можно использовать следующий алгоритм: 1) дать определение того, что надо доказать; 2) выявить, исходя из определения, основные направления поиска доказательства; 3) найти согласно этим направлениям конкретно-исторические факты доказательства. При решении **задачи на сравнение** можно использовать такой алгоритм: дать определение того, что сравнивается; 2) выделить, исходя из определения, параметры сравнения; 3) установить общее и различное между сравниваемыми историческими явлениями.

С целью развития творческой самостоятельности и креативного мышления, связанного с формализацией исторических знаний, студентам могут быть предложены **задания на составление** (заполнение) структурно-логических **схем** по вопросам семинарских занятий.

Особое место в структуре семинарского занятия принадлежит учебным докладам студентов. **Доклад** – важный вид самостоятельной деятельности студента по изучению истории, способствующий углубленному усвоению проблем курса, формированию навыков научно-исследовательской работы и

ораторского мастерства. Доклад может быть выполнен как в письменной, так и в устной форме, но обязательно в ходе доклада должна быть освещена проблема по тому или иному историческому событию или процессу.

Доклад требует от студента: теоретического осмысления первоисточников, умения применять усвоенные знания в анализе исторических событий прошлого и современной общественно-политической жизни, приобретения навыков работы с литературой, грамотного изложения изученной темы, правильного оформления (если в виде письменного сообщения – по плану раскрытия содержания с постраничными сносками) или составления презентации (если в виде слайд-шоу).

Для проверки качества полученных знаний и умений на семинарских занятиях практикуются 10-15-минутные контрольные **проверочные работы**. Например, дать определение 2-3 понятий; решить логическую задачу на доказательство или сравнение; ответить на вопрос, каковы были причины того или иного события; заполнить хронологическую таблицу или структурно-логическую схему и т.д.

Семинарские занятия по дисциплине завершаются **тестированием** студентов по соответствующему изученному разделу (см. примеры тестовых заданий в пункте «VIII. Содержание различных видов контроля по дисциплине»).

VII. УЧЕБНЫЙ СЛОВАРЬ ДИСЦИПЛИНЫ

АГК – антигитлеровская коалиция в составе СССР, Англии и США.

Антанта – неофициальное название военно-политического союза России, Франции и Великобритании в ходе Первой мировой войны.

Антоновщина – антибольшевистское выступление крестьян в Тамбовской губернии под руководством А.С. Антонова в 1920-1921 гг.

Баскачество – сборщики дани, представители ордынского хана на Руси.

Булыгинская Дума – законосовещательный орган по проекту председателя Особого совещания А.Г. Булыгина, о создании которого было объявлено 6 августа 1905 г.

Бояре – высший слой общества в России в X-XVII вв., владеющие вотчинами, осуществляющие подле великого князя государственное управление.

Брестский мир – сепаратный мир между Советской Россией и Германией, подписанный в Брест-Литовске 3 марта 1918 г.

Варяги – в русских источниках скандинавы или викинги, в Западной Европе их называли норманнами, были отважными мореходами и храбрыми воинами.

Вече – орган государственного самоуправления на Руси. На вече обсуждались вопросы войны и мира, кандидатуры князя, посадника, тысяцкого и др.

Вотчина – наследственное земельное владение князей, бояр, Церкви.

ВЧК – ОГПУ – НКВД – Всероссийская Чрезвычайная Комиссия по борьбе с контрреволюцией и саботажем, созданная по постановлению Совнаркома в 1917 г., переорганизованная в Объединенное государственное политическое управление на правах самостоятельных наркоматов в 1923 г. В последующие годы слияние и разделение наркоматов внутренних дел и государственной безопасности (как и их переименование) происходило неоднократно.

«Выход» - дань Золотой Орде, которую платили русские княжества в период ига.

Государственный Совет – высшее законосовещательное учреждение Российской империи в период с 1810 по 1906 г.

ГУЛАГ – главное управление трудовых лагерей и трудовых поселений.

Двоевластие – деятельность двух органов власти - Временного правительства и Петроградского Совета рабочих и солдатских депутатов после Февральской революции 1917 г.

Дворцовые перевороты – смена власти после правления Петра I, происходившая при поддержке дворянских группировок и гвардии.

Дворянство – слой служилых людей при князе, а позднее при царе, исполняющие административно-судебные и хозяйственные поручения, владеющие поместьем.

Депортация – принудительное переселение некоторых народов СССР.

Закупы – полузависимые крестьяне, взявшие в долг «купу» - ссуду на заранее оговоренных условиях. При ее погашении должник становился свободным, в ином случае – он оставался в зависимом положении.

Земские соборы – периодически созываемые царем съезды представителей всех слоев русского общества, за исключением помещичьих крестьян.

Интервенция – насильственное вторжение в политику другого государства.

КВЖД – Китайская Восточная железная дорога, построенная Россией в 1896-1904 гг.

Кодификация – систематизация и расположение в хронологическом порядке всех существующих законов и государственных актов.

Комбеды – комитеты бедноты, которые осуществляли продразверстку в деревне в годы гражданской войны.

Коминтерн - Коммунистический Интернационал.

Кондиции – условия ограничения царской власти.

«Кормление» - форма «платы» наместникам – князьям и боярам, передача им земель с правом сбора дани как средство их содержания.

Кровавое воскресенье – расстрел рабочих, обратившихся с петицией к царю в ходе манифестации у Зимнего дворца 9 января 1905 г.

Кронштадтский мятеж – антибольшевистское выступление моряков Кронштадта в 1921 г.

Ленд-лиз – передача в аренду или взаймы другому государству ресурсов, необходимых для обороны.

«Люди» - свободные крестьяне-общинники.

Мануфактура – производственное предприятие с разделением ручного труда.

Местничество – порядок назначения на должности по знатности рода и давности службы великому князю.

Наместник – с XII в. глава местной администрации.

Национализация – огосударствление собственности в годы советской власти.

НЭП – новая экономическая политика 1921-1928 гг.

Община (мир, вервь) – коллектив земледельцев в рамках одной деревни или села. Она решала все важные вопросы внутренней сельской жизни: вопросы оборота земель (передела земель внутри общины), организации общих и общественных работ (в пользу князя, государства), распределения и сбора с ее членов податей и сборов, розыска преступников.

Печенеги – тюркоязычный кочевой народ, с IX в. обитавший в южнорусских степях, совершавшие набеги на Русь, победу над ними в 1036 г. одержал князь Ярослав Мудрый.

Полюдье – форма сбора дани от Рюрика до княгини Ольги. Полюдье начиналось в ноябре, продолжалось всю зиму и заканчивалось в апреле; полгода князь ездил «по людям», собирал дань, общался с местным населением, «напоминал» о своем руководстве, судил местное население.

Православие – восточное направление в христианстве.

Приказы – органы государственного управления по отраслям.

Продналог – продовольственный налог взамен продразверстки с 1921 г.

Продразверстка – продовольственная разверстка по деревням в качестве натуральной повинности принудительное изъятия у крестьян требуемого государством количества продовольствия.

«Просвещенный абсолютизм» - политика ряда монархов Европы второй половины XVIII в., пытавшихся воплотить идеи Просвещения в практику правления.

Полки «иноземного строя» - наемные войска, сформированные по новому принципу, находились на полном довольствии государства.

Поместье – условное землевладение дворян.

Посадские люди – торговцы и ремесленники.

Промышленный переворот – переход от ручного труда к машинному от мануфактур к фабрично-заводскому производству.

Протекционизм – политика покровительства отечественной торговле и промышленности путем предоставления налоговых льгот, кредитов, заказов.

Раскол – религиозно-общественное движение, отделение от РПЦ части верующих, не принявших реформу патриарха Никона (1653-1656 гг.).

Реестр – список казаков Украины, состоящих на военной службе и получающих жалованье.

Родовая община – коллектив кровных родственников, который имеет общую собственность и хозяйство. Несколько родов объединялись в племена.

РПЦ – Русская Православная Церковь.

Рядовичи - полузависимые крестьяне, служившие феодалам по договору («ряду»), по положению близкие закупам.

Самодержавие – самодержавное правление царя в России.

Семибоярщина – правительство, состоящее из семи бояр, организовавшие заговор против Василия Шуйского во время Смуты.

Совнарком – Временное рабоче-крестьянское правительство, появившееся в результате декрета о власти с 26 октября 1917 г..

Тягло – денежные и натуральные повинности крестьян и посадских людей в пользу государства.

Усобицы – войны между князьями за великокняжеский престол.

Уроки – четкая форма сбора дани, введенная княгиней Ольгой.

«Урочные лета» - срок розыска беглых крестьян в XVI-XVII вв. С 1649 г. установлен бессрочный сыск беглых.

Феодализм – система имущественных и общественных отношений (преобладавшая в средние века), связанная с феодом – землей, как с основным средством жизнеобеспечения.

Феодальные повинности - барщина и оброк.

Хазарский каганат – государство, созданное хазарами – тюркоязычным кочевым племенем в Прикаспийских и Причерноморских степях в VII в.

«Холодная война» - политика противостояния, проводимая двумя сверхдержавами СССР и США.

Холопы – безземельные и полностью бесправные крестьяне, фактически находящиеся на положении рабов.

Челядь – домашние слуги.

Ярлык – ханская грамота на великое княжение.

Ясак – натуральный налог с народов Севера и Сибири, чаще пушниной.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОНТРОЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИСТОРИЯ»

Примеры текущих тестовых заданий

по модулю II «История России с древнейших времен по начало XVIII в.»

Вариант №1

1.Какое из событий произошло позже всех других?

1) восстание древлян
2) крещение Руси
3) призвание варягов
4) объединение Киева и Новгорода

2. Среди перечисленных дат найди год образования древнерусского государства: 1) 945 г.; 2) 882 г.; 3) 988.; 4) 1015 г.

3. Заполнить таблицу. Основные точки зрения на генезис Древнерусского государства

Название теории	Содержание	Представители теории
Норманская		

Антинорманская		

4. Расположи имена русских князей в хронологической последовательности их деятельности:
1) Владимир Мономах; 2) Святослав; 3) Ярослав Мудрый; 4) Игорь; 5) Рюрик
5. **Сравните:** А) полюдье и повоз; Б) поместье и вотчину.
Что между ними общего? Каковы различия?
6. Чем прославились в русской истории Д. Пожарский и К. Минин?
7. Первый письменный свод законов Древней Руси:
1) «Русская Правда»
2) Судебник
3) «Домострой»
4) Стоглав
8. Перечисли княжества появившиеся в результате феодальной раздробленности Руси в XII в.
9. Расположите в хронологической последовательности следующие события:
1) княжение Даниила Александровича;
2) «стояние на реке Угре»;
3) присоединение Новгорода к Москве;
4) «Мамаево побоище».
10. Победа на Куликовском поле в 1380 г. привела:
1) к падению монголо-татарского ига;
2) к усилению позиций московского князя;
3) к гибели Золотой Орды;
4) к ликвидации системы баскачества
11. Объясни отрицательные и положительные последствия монголо-татарского ига на Руси.
12. Распишите все события в истории России в начале XVII в. Почему этот период в истории прозвали Смутным временем?
13. Опишите все преобразования Петра I. В какой последовательности он их проводил: последовательно или все одновременно? Почему Петр назван Великий?

Вариант №2

1.Какое из событий произошло позже всех других?
1) крещение Руси
2) Невская битва
3) Куликовская битва
4) призвание варягов
2. Среди перечисленных дат найдите год крещения Руси:
1) 945 г.; 2) 882 г.; 3) 988.; 4) 1015 г.
3. Расположите имена русских князей в хронологической последовательности их деятельности:
1) Святослав; 2) Игорь; 3) Ярослав Мудрый; 4) Олег Вещий; 5) Рюрик

4. Сравните: А) барщину и оброк; Б) поместье и вотчину.
Что между ними общего? Каковы различия?
5. Чем прославился в русской истории Александр Невский?
6. Сохранившийся до наших дней первый письменный исторический источник:
1) Повесть временных лет;
2) «Русская Правда»
3) «Домострой»
4) Стоглав
7. Перечислите княжества появившиеся в результате феодальной раздробленности Руси в XII в.
8. Расположите в хронологической последовательности следующие события:
1) княжение Ивана Калиты;
2) битва на реке Калке;
3) присоединение Твери к Москве;
4) «стояние на реке Угре»
9. Победа на Куликовском поле в 1380 г. привела:
1) к падению монголо-татарского ига;
2) к усилению позиций московского князя;
3) к гибели Золотой Орды;
4) к ликвидации системы баскачества
10. Объясни отрицательные и положительные последствия правления Ивана Грозного в XVI в.
11. Заполните таблицу. Этапы закрепощения крестьян

Этап	Краткое содержание этапа
1497 г.	
1550 – 1581 гг.	
1597 г.	
1649 г.	

12. Распишите все события в истории России второй половины XVII в. Почему этот период назван «бунташным веком»?
13. Опиши все преобразования Петра I. В какой последовательности он их проводил: последовательно или все одновременно?

. Примеры текущих тестовых заданий *по модулю II «История России XVIII-XIX вв.»*

Вариант №1

1. Какое из событий произошло позже всех других?
1) правление Елизаветы Петровны
2) восстание Е.Пугачева

3) правление Петра III
4) губернская реформа Екатерины II

2. Какие из перечисленных понятий, терминов возникли в ходе государственных преобразований Петра I?

А) судебник; Б) коллегии; В) Гос.Совет; Г) Табель о рангах; Д) Соборное уложение; Е) Духовный регламент.

Укажи верный ответ: 1) АВГ; 2) АГД; 3) БГЕ; 4) ВГД.

3. Главные итоги петровских реформ:

А) ослабление центральной власти
Б) полное подчинение церкви государству
В) укрепление крепостного гнета
Г) сокращение бюрократического аппарата
Д) создание боеспособной профессиональной армии и военного флота.

4. Восстановите последовательность царствований русских монархов 1725 – 1762 гг.:

А) Елизавета Петровна
Б) Екатерина Алексеевна
В) Петр Алексеевич
Г) Иван Антонович
Д) Петр Федорович
Е) Анна Ивановна

5. Каким было условие для получения Анной Иоанновной престола?

1) ликвидация Верховного совета, восстановление Сената;
2) командование гвардейскими полками;
3) освобождение дворян от обязательной военной службы;
4) совместное правление с Верховным советом.

6.Установите соответствие между понятиями и именами исторических личностей, с которыми связано их возникновение:

1) Анна Иоанновна	А) временнообязанные крестьяне
2) Екатерина II	Б) бироновщина
3) Александр I	В) «теория официальной народности»
4) Николай I	Г) «Аракчеевщина»
5) Александр II	Д) Уложенная комиссия

7. Опиши предпосылки, причины, события, значение и итоги Отечественной войны 1812 г.

8. Почему «дней Александровых прекрасное начало»?

9.Что обозначают понятия: уставные грамоты, Секретный комитет, мировые посредники, крестьянская община, отрезки.

10. Заполнить таблицу. Реформы 60-70- х гг. в России.

Название реформы	Время проведения	Основные положения
Крестьянская		
Земская		
Городская		
Судебная		

Военная		
Финансовая		

11. Что из перечисленного ниже связано с событиями 1 марта 1881 г.?
А) создание «» Союза борьбы за освобождение рабочего класса; Б) убийство Александра II; В) баррикадные бои в Москве; Г) арест С.Л. Перовской; Д) созыв Государственной Думы; Е) суд над народовольцами.
Укажите верный ответ: 1) АБВ; 2) АВД; 3) БГЕ; 4) ВГД.
12. Почему русская культура XIX в. получила название «золотого века»? Докажите примерами.

Вариант №2

1. Причинами дворцовых переворотов в период 1725-1762 гг. были:
А) отсутствие четкого порядка престолонаследия
Б) народные волнения
В) высокая роль гвардии при дворе
Г) недовольство дворян петровскими реформами
Д) борьба за власть среди высшей знати.
2. Какое из событий произошло позже всех других?
1) правление Петра II
2) кондиции Анны Иоанновны
3) Семилетняя война
4) правление Елизаветы Петровны
3. Какие из перечисленных понятий, терминов возникли в ходе государственных преобразований Петра I?
А) судебник; Б) ассамблеи; В) Гос.Совет; Г) Табель о рангах;
Д) Соборное уложение; Е) Духовный регламент.
Укажи верный ответ: 1) АВГ; 2) АГД; 3) БГЕ; 4) ВГД
4. Что из названного относится к эпохе дворцовых переворотов?
1) прекращение деятельности Земских соборов;
2) упразднение Боярской Думы;
3) усиление роли гвардии;
4) учреждение патриаршества.
5. Установите соответствие между понятиями и именами исторических личностей, с которыми связано их возникновение:
1) Анна Иоанновна А) народовольцы
2) Екатерина II Б) кондиции
3) Александр I В) «чугунный устав»
4) Николай I Г) указ о вольных хлебопашцах
5) Александр II Д) Жалованная грамота дворянству
6. Расположите события периода правления Александра I в правильной хронологической последовательности:
1) созыв Государственного Совета
2) насаждение военных поселений
3) восстание декабристов на Сенатской площади
4) деятельность негласного комитета

5) «Указ о вольных хлебопашцах»
6) Бородинское сражение
7) учреждение министерств

7. Опиши предпосылки, причины, события, значение и итоги Отечественной войны 1812 г.

8. Важнейшие государственные посты в первые годы правления Александра I занимали:

А) либералы
Б) революционеры
В) консерваторы

9**. Что обозначают понятия: редакционные комиссии, Главный комитет, мировые посредники, крестьянская община, выкупные платежи.**

10. Опишите военную реформу 1874 г. Ее сильные и слабые стороны.

11. Что из перечисленного ниже связано с событиями 1 марта 1881 г.?

А) создание «» Союза борьбы за освобождение рабочего класса; Б) убийство Александра II; В) баррикадные бои в Москве; Г) арест С.Л. Перовской; Д) созыв Государственной Думы; Е) конституция Лорис-Меликова.
Укажите верный ответ: 1) АБВ; 2) АВД; 3) БГЕ; 4) ВГД.

12. Храм Христа Спасителя был построен в Москве в честь:

А) победы русского народа в войне 1812 г.
Б) 900-летия введения христианства на Руси
В) тысячелетия российского государства
Г) победы советского народа в войне 1941-1945 гг.

. Примеры текущих тестовых заданий *по модулю III «История России начала XX в.»*

Вариант №1

1. Какое из событий произошло позже всех других?

1) первая русская революция;
2) русско-японская война;
3) аграрная реформа П.А. Столыпина;
4) деятельность I Гос. Думы.

2. Какая партия представляла либеральное движение России начала XX в.

1) меньшевики; 2) кадеты; 3) анархисты; 4) эсеры

3.Заполните таблицу: Основные политические партии (1900 – 1917):

Название партии (дата образования)	Лидеры политической партии	Политическая программа	Аграрная программа

4. Первая российская революция привела к

1) провозглашению России республикой;
2) опубликованию Манифеста 17 октября;

3) формированию многопартийности;
4) провозглашению демократических прав.

5. Что является результатами

А) русско-японской войны;
Б) Первой мировой войны;
В) внешней политики 1920-30-х гг.

6. Кто из перечисленных деятелей были современниками:

1) А.Ф. Керенский и Гапон;
2) Л.П. Корнилов и Троцкий;
3) П.А. Столыпин и С.Ю. Витте;
4) Николай II и Г.К. Жуков.

7. Почему гражданская война является трагедией победителей и побежденных?

8. Опишите причины, мероприятия и результат Февральской революции.

9. В 1924 г. в СССР объединились:

1) РСФСР, УССР, ЗСФСР, Туркменская ССР, БССР, Узбекская ССР;
2) РСФСР, БССР, Киргизская ССР, УССР, Казахская ССР;
3) РСФСР, УССР, Молдавия, ЗСФСР, БССР, Узбекская ССР;
4) РСФСР, БССР, УССР, ЗСФСР.

10. Почему введена была «новая экономическая политика», и какие она имела положительные и отрицательные результаты?

11. Что означает «великий перелом», какие три мероприятия, в какие годы, какое из них на твой взгляд является наиболее значимым и почему?

12. О событиях 25 октября 1917 г. в Петрограде

Спокойствие на октябрьских улицах, отсутствие толп и боев давали противникам повод говорить о заговоре ничтожного меньшинства, об авантюре кучки большевиков … В действительности же большевики могли свести в последний момент борьбу за власть к «заговору» не потому, что были маленьким меньшинством, а, наоборот, потому, что имели за собою в рабочих кварталах и казармах подавляющее большинство, сплоченное, дисциплинированное.

(Троцкий Л.Д. История русской революции. М., 1990)

Вопросы: Какие причины победы большевиков называет автор? Вы согласны с ним? Свой ответ аргументируйте.

Вариант №2

1. Какое из событий произошло позже всех других?

1) декабрьское вооруженное восстание в Москве;
2) русско-японская война;
3) издание Манифеста о политических свободах и созыве Гос. Думы;
4) реформы С.Ю. Витте.

2. Какая партия представляла консервативное движение России начала XX в.

1) союз русского народа; 2) кадеты; 3) большевики; 4) эсеры.

3. Первая российская революция привела к

1) созданию Гос. Совета;
2) появлению Гос. Думы»
3) провозглашению России республикой;
4) крушению самодержавия.

4. Расположите в хронологическом порядке события первой буржуазно-демократической революции:

1) восстание на броненосце «Потемкин»
2) Декабрьское вооруженное восстание в Москве
3) Кровавое воскресенье
4) Третьеиюньский переворот
5) провозглашение Манифеста 17 октября
6) начало деятельности Первой Государственной думы

5. Что является причинами

А) русско-японской войны;
Б) Первой мировой войны;
В) противоречивой советской внешней политики 1920-30-х гг.

6. Кто из перечисленных деятелей были современниками:

1) А.Ф. Керенский и Троцкий;
2) Л.П. Корнилов и Гапон;
3) Николай II и С.Ю. Витте;
4) П.А. Столыпин и Г.К. Жуков.

7. Причины и источники победы большевиков в октябрьские дни 1917 года

8. Опиши причины, мероприятия и результат Февральской революции.

9. В 1922 г. в составе СССР объединились:

1) РСФСР, УССР, Молдавия;
2) РСФСР, БССР, Польша;
3) РСФСР, УССР, Молдавия, ЗСФСР;
4) РСФСР, БССР, УССР, ЗСФСР.

10. Почему введена была «политика военного коммунизма», и какие она имела положительные и отрицательные последствия?

11. Что означает «великий перелом», какие три мероприятия, в какие годы, какое из них на твой взгляд является наиболее значимым и почему?

. Примеры текущих заданий *по модулю IV «История России 1985 –1991 гг.»*

1.Укажите первого президента СССР:

1) Ю. Андропов; 2) Б. Ельцин; 3) М. Горбачев; 4) Л. Брежнев

2. XIX Всесоюзная партконференция, принявшая решение о реформировании политической системы СССР, проходила в:

1) 1980 г., 2) 1988 г., 3) 1989 г., 4) 1990 г.

3.Провозглашенный М. Горбачевым курс на ускорение социально-экономического развития страны включал в себя:

1) введение госприемки на предприятиях;
2) проведение антиалкогольной кампании;

3) решительный переход к рыночной экономике;
4) укрепление трудовой дисциплины;
5) массовые забастовки рабочих.

4. Составьте структурно-логическую таблицу «Преобразования страны в годы перестройки»

Экономические реформы	Политические преобразования	Реформы в социальной сфере	Изменения в области культуры

5. В Содружество Независимых Государств вошли:
1) Россия, 2) Литва, 3) Белоруссия, 4) Грузия, 5) Украина.

6. По какому принципу образован ряд?
Г. Янаев, В. Павлов, Д.Язов, В. Крючков, Б. Пуго.

7. Расположите в хронологической последовательности:
А) Л.Брежнев, б) М.Горбачев, в) Б.Ельцин, г) К.Черненко, д) Ю.Андропов

8. О чем идет речь?
Принципами этой политики были: отказ от представлений о расколе мира на две противоположные системы: капиталистическую и социалистическую; признание мира единым; в качестве основного способа решения международных проблем объявлялся баланс интересов, а не баланс сил; признание приоритета общечеловеческих ценностей в качестве главных.

9. Высшим органом законодательной власти в СССР по новому избирательному закону 1988 г. стал: 1) Государственный Совет; 2) Государственная Дума; 3) Съезд народных депутатов; 4) Съезд Коммунистической партии.

10. Один из основных итогов экономической реформы 1987 г.:
1) либерализация цен;
2) переход государственных предприятий в частные руки;
3) начало формирования частного сектора в экономике;
4) роспуск колхозов.

11. Расположите в хронологической последовательности:
а) избрание президента РСФСР,
б) создание ГКЧП и проведение путча,
в) принятие Декларации о государственном суверенитете РСФСР,
г) отставка М. Горбачева,
д) Беловежское соглашение.

12. В конце 1980-х – 1990-х гг. представители коммунистического политического направления выступали за:
1) преимущественное развитие общественной собственности,
2) свободу личности,
3) развитие парламентской демократии,
4) социалистический выбор развития,
5) учреждение частной собственности.

13. Как вы оцениваете в целом личность М. Горбачева и его деятельность («+» или «-»)? Почему? Можно ли, только его одного обвинять в развале СССР?

1.5. Пример итогового (рубежного) теста

К социальным функциям исторического знания не относится функция …
А) социального проектирования
Б) воспитательная
В) познавательная
Г) прогностическая

Определение степени вероятности осуществления того или иного события, процесса на основе анализа объективных реальностей и возможностей называется принципом …
А) альтернативности
Б) социального подхода
В) историзма
Г) объективности

Важной составляющей воспитательной функции исторического знания является …
А) выработка научно обоснованного курса
Б) формирование гражданских, нравственных ценностей
В) описание исторических событий и явлений
Г) сопоставление исторических объектов в пространстве и времени

Конкретные способы изучения исторических процессов называются …
А) методами
Б) категориями
В) принципами
Г) историко-философскими подходами

Характерной чертой современной исторической науки в России является …
А) методологический плюрализм
Б) географический детерминизм
В) субъективизм
Г) эволюционизм

Автором первого обобщающего труда по истории России был …
А) В.Н. Татищев
Б) М.Н. Тихомиров

В) В.О. Ключевский
Г) М.Н. Покровский

Налоговая реформа княгини Ольги с целью упорядочивания сбора дани установила …
А) барщину и оброк
Б) ясак и подать
В) уроки и погосты
Г) полюдье и повоз

Иван Калита получил от монголо-татар право …
А) заключения союза с Тверью
Б) торговли с Литвой
В) сбора дани с русских княжеств
Г) окончательного объединения русских княжеств

В XIII в. новгородское войско во главе с князем Александром Невским противостояло агрессии …
А) Ливонского ордена
Б) Речи Посполитой
В) Франции
Г) Венгрии

Закономерный процесс экономического усиления и политической обособленности феодальных владений называется …
А) централизацией
Б) местничеством
В) кормлением
Г) политической раздробленностью

Возвышение Московского княжества в XIV в. связано с именем …
А) Дмитрия Донского
Б) Ивана Красного
В) Ивана Калиты
Г) Симеона Гордого

В 1382 г. состоялся поход на Русь во главе с ханом …
А) Тохтамышем
Б) Батыем
В) Узбеком
Г) Ахматом

«Стояние на реке Угре» привело к …
А) новому походу монголо-татар на Русь
Б) полному разгрому русского войска

В) окончанию монголо-татарского ига на Руси
Г) возобновлению уплаты дани монголо-татарам

Годы, в течение которых устанавливался розыск беглых крестьян, называются _____ лета.
А) заповедные
Б) крестьянские
В) крепостные
Г) урочные

Столица Византийской империи, Константинополь, был захвачен в 1453 году …
А) готами
Б) булгарами
В) вандалами
Г) турками-османами

Регентом в период малолетства Ивана IV (1533-1538) был (-а) …
А) Алексей Адашев
Б) Андрей Курбский
В) Елена Глинская
Г) митрополит Макарий

Исторический источник по истории средневековой России – «Стоглав» представляет собой …
А) сборник решений церковного собора 1551 г.
Б) летописный свод
В) политический трактат
Г) свод законов Российского государства

В XVII в. самосожжение и уход в леса и пустоши были основными формами протеста …
А) казачества
Б) старообрядцев
В) крестьянства
Г) горожан

В царствование Михаила Федоровича в 1632-1634 гг. Россия вела Смоленскую войну с …
А) Австрией
Б) Данией
В) Речью Посполитой
Г) Швецией

В 1648 г. произошел _____ бунт.

А) Соляной
Б) Медный
В) Хлебный
Г) Соловецкий

Петр I правил Россией в _____ годах.
А) 1700-1721
Б) 1682-1725
В) 1700-1725
Г) 1698-1725

Северная война завершилась подписанием _____ мира.
А) Шведского
Б) Северного
В) Ништадского
Г) Парижского

«Золотым веком» российского дворянства историки называют правление …
А) Петра I
Б) Елизаветы Петровны
В) Екатерины I
Г) Екатерины II

В сентябре 1814 - июне 1815 г. состоялся _____ конгресс.
А) Лондонский
Б) Венский
В) Парижский
Г) Берлинский

Реорганизация управления государственной деревней в правление Николая I была поручена …
А) И.И. Шувалову
Б) П.Д. Киселеву
В) М.М. Сперанскому
Г) А.Х. Бенкендорфу

В 1870-х гг. генерал М.Д. Скобелев принимал активное участие в _____ войне.
А) русско-турецкой
Б) русско-японской
В) Первой мировой
Г) Гражданской

Активное проникновение России в Среднюю Азию во второй половине XIX в. привело к обострению отношений с …
А) Францией
Б) Италией
В) Англией
Г) Германией

После вступления в Первую мировую войну Турции начались военные действия на _____ фронте.
А) Бессарабском
Б) Крымском
В) Галицийском
Г) Кавказском

Центром подготовки вооруженного восстания в Петрограде в октябре 1917 г. стал …
А) Коммунистический Интернационал
Б) Совет Народных Комиссаров
В) Военно-революционный комитет
Г) Временный комитет Государственной думы

В 1918-1930 гг. наркомом иностранных дел в советском правительстве был …
А) В.И. Ленин
Б) Н.И. Бухарин
В) П.Н. Милюков
Г) Г.В. Чичерин

Под влиянием Всероссийской политической стачки Николай II был вынужден подписать _____ Манифест «Об усовершенствовании государственного порядка».
А) 9 января 1905 г.
Б) 17 октября 1905 г.
В) 27 апреля 1906 г.
Г) 3 июня 1907 г.

27 апреля 1906 г. в Петербурге открылись заседания …
А) Учредительного собрания
Б) I Государственной думы
В) Всероссийского съезда Советов
Г) IV Государственной думы

После отречения Николая II в марте 1917 г. в России …
А) власть попытался захватить генерал Л.Г. Корнилов

Б) было создано Временное правительство
В) открылся II Всероссийский съезд Советов
Г) к власти пришли большевики

Декларация прав народов России, изданная 2 ноября 1917 г., провозгласила …
А) создание унитарного государства
Б) равенство и суверенность наций
В) привилегии для русских
Г) запрет на создание самостоятельных государств

В ходе Гражданской войны на стороне красных воевал …
А) Н.Н. Юденич
Б) М.В. Фрунзе
В) Е.К. Миллер
Г) А.И. Деникин

Решающую роль в ходе Гражданской войны сыграли настроения …
А) рабочих
Б) крестьян
В) дворян
Г) интеллигенции

Социально-экономическая политика советской власти в годы Гражданской войны и военной интервенции, сущностью которой были: ускоренная и полная национализация промышленности, продразверстка, отмена торговли и денежного обращения, централизованное нормированное распределение продуктов населению, жесткая централизация, введение всеобщей трудовой повинности, контроль государства за средствами массовой информации, преследование инакомыслия, красный террор, а цель – быстрый рывок в коммунизм – это _____ . (выбрать: Новая экономическая политика, «военный коммунизм», государственный капитализм, диверсификация производства)

Первая Конституция СССР была принята …
А) 25 апреля 1923 г.
Б) 31 января 1924 г.
В) 30 декабря 1922 г.
Г) 6 апреля 1924 г.

Понятие «великий перелом» относится к …
А) освоению целины
Б) введению продналога
В) сплошной коллективизации

Г) введению продразверстки

В 1934 г. СССР вступил в международную организацию …
А) ОБСЕ
Б) Лига Наций
В) Совет Безопасности
Г) Коминтерн

Первая встреча руководителей ведущих держав антигитлеровской коалиции состоялась в Тегеране в _____ году.
А) 1933
Б) 1943
В) 1939
Г) 1945

Второй фронт был открыт в _____ года.
А) ноябре 1943
Б) июле 1943
В) июне 1944
Г) феврале 1945

В ходе Второй мировой войны в июне 1944 года …
А) открылась Тегеранская конференция
Б) началась блокада Ленинграда
В) союзники высадились в Нормандии
Г) завершилась Сталинградская битва

Неприятие советского внешнеполитического принципа мирного сосуществования стран с различным общественно-политическим строем и критики Сталина стали причиной ухудшения отношений СССР с …
А) Чехословакией
Б) Югославией
В) Германской Демократической Республикой
Г) Китаем

Понятие «Новоогаревский процесс» возникло в связи с разработкой …
А) нового союзного государства
Б) внешнеполитической стратегии СССР
В) новой Программы КПСС
Г) программы перехода к рыночной экономике

Экономическая политика Е.Т. Гайдара, проводимая в 1992 г., предусматривала …
А) централизацию управления народным хозяйством
Б) государственное регулирование ценообразования

В) либерализацию цен
Г) увеличение финансирования социальной сферы

Противостояние между законодательной и исполнительной ветвями власти в октябре 1993 г. завершилось …
А) проведением президентских выборов
Б) формированием нового состава Верховного Совета РФ
В) роспуском Съезда народных депутатов и Верховного Совета РФ
Г) внесением дополнений в действующую Конституцию страны

Кейс задание: Кейс 1.

Из рассказа Н.А. Бестужева о событиях 14 декабря в Петербурге:
« Мы были окружены со всех сторон: бездействие поразило оцепенением умы; дух упал, ибо тот, кто на этом поприще раз остановился, уже побежден вполовину. Сверх того, пронзительный ветер леденил кровь в жилах солдат и офицеров, стоявших так долго на открытом месте. Атаки на нас и стрельба наша прекратилась; «ура» солдат становилось реже и слабее. День смеркался. Вдруг мы увидели, что полки, стоявшие против нас, расступились на две стороны и батарея артиллерии стала между нами с разверстыми зевами, тускло освещаемая серым мерцанием сумерек …»

Упоминаемые в тексте события произошли в ___году.

Кейс-задание: Кейс 2.
Из Манифеста о незыблемости самодержавия:
«В бозе почивший родитель Наш, приняв от Бога самодержавную власть на благо вверенного ему народа, пребыл верен до смерти принятому им обету и кровию запечатлел великое свое служение … благостию и кротостью совершил он величайшее дело своего царствования – освобождения крепостных крестьян … Посреди великой Нашей скорби глас Божий повелевает Нам стать бодро на дело правления в уповании на Божественный промысел, с верою в силу и истину самодержавной власти, которую Мы призваны утверждать, и охранять для блага народного от всяких на нее поползновений».

В тексте идет речь о смерти российского императора …
- Александра II
- Николая I
- Александра III
- Николая II

Кейс-задание: Кейс 3.
Из Манифеста о незыблемости самодержавия:
«В бозе почивший родитель Наш, приняв от Бога самодержавную власть на благо вверенного ему народа, пребыл верен до смерти принятому им обету и кровию запечатлел великое свое служение … благостию и кротостью совершил он величайшее дело своего царствования – освобождения крепостных крестьян … Посреди великой Нашей скорби глас Божий повелевает Нам стать бодро на дело правления в уповании на Божественный промысел, с верою в силу и истину самодержавной власти, которую Мы призваны утверждать, и охранять для блага народного от всяких на нее поползновений».

Упоминаемая в тексте отмена крепостного права произошла в _____ году.

Кейс-задание: Кейс 4.
Из Туркманчайского мирного договора 1828 г.:
«Статья I. Отныне на вечные времена пребудет мир, дружба и совершенное согласие между е.в. императором всероссийским и е.в. шахом персидским, их наследниками престолов, их державами и обоюдными подданными …
Статья III. Е. в. шах персидский от своего имени и от имени своих наследников и преемников уступает Российской империи в совершенную собственность ханство Эриванское по сию и по ту сторону Аракса и ханство Нахичеванское. Вследствие сей уступки е.в. шах обязуется не позже шести месяцев, считая от подписания настоящего договора, сдать российским начальствам все архивы и публичные документы, относящиеся до управления обоими вышеозначенными ханствами …
Статья VI. Е.в. шах персидский, в уважение значительных пожертвований, причиненных Российской империи возникшею между обоими государствами войною, а также потерь и убытков, потерпенных российскими подданными, обязуется вознаградить оные денежным возмездием …».

Фамилия русского дипломата и писателя, принимавшего участие в выработке условий выгодного для России Туркманчайского мирного договора, - …_____.

Кейс-задание: Кейс 5.
Из Туркманчайского мирного договора 1828 г.:

«Статья I. Отныне на вечные времена пребудет мир, дружба и совершенное согласие между е.в. императором всероссийским и е.в. шахом персидским, их наследниками престолов, их державами и обоюдными подданными …
Статья III. Е. в. шах персидский от своего имени и от имени своих наследников и преемников уступает Российской империи в совершенную собственность ханство Эриванское по сию и по ту сторону Аракса и ханство Нахичеванское. Вследствие сей уступки е.в. шах обязуется не позже шести месяцев, считая от подписания настоящего договора, сдать российским начальствам все архивы и публичные документы, относящиеся до управления обоими вышеозначенными ханствами …
Статья VI. Е.в. шах персидский, в уважение значительных пожертвований, причиненных Российской империи возникшею между обоими государствами войною, а также потерь и убытков, потерпенных российскими подданными, обязуется вознаградить оные денежным возмездием …».

По условиям подписанного в 1828 году Туркманчайского мирного договора …

- к России отходила Восточная Армения
- на Персию налагалась контрибуция
- к Персии отходила Южная Бессарабия
- на Россию налагалась контрибуция

Кейс-задание: Кейс 6.
Из Берлинского трактата 1878 г.:
«Статья 1. Болгария образует из себя княжество самоуправляющееся и платящее дань, под главенством е. и. в. султана: она будет иметь христианское правительство и народную милицию …
Статья XLV. Княжество Румынии уступает обратно е. в. императору всероссийскому часть Бессарабской территории, отошедшей от России по Парижскому трактату 1856 г., ограниченную с запада руслом Прута, с юга руслом Килийского рукава и устьем Старого Стамбула …
Статья LVIII. Блистательная Порта уступает Российской империи в Азии территории Ардагана, Карса и Батума, с портом последнего …
Статья LIX. Е. в. император всероссийский объявляет, что его намерение сделать Батум порто-франко по преимуществу коммерческим.
Статья LX. Долина Алашкерта и город Баязет, уступленные России статьей XIX Сан-Стефанского договора, возвращаются Турции …».

Фамилия российского министра иностранных дел, подписавшего в 1878 г. Берлинский трактат, - … _____.

Кейс-задание: Кейс 7.

Культура СССР в 1930-х гг. развивалась под жестким контролем коммунистической партии, которая насаждала марксистскую идеологию, в том числе и через культуру и искусство. Все, что не вписывалось в официальное русло идеологии, преследовалось. Основным художественным методом, использовавшимся в советском искусстве, был социалистический реализм. Термин «соцреализм» появился в 1932 г. и охватывал все сферы художественной деятельности. Выступая на I съезде советских писателей в 1934 г. партийный идеолог Жданов А.А. так охарактеризовал этот художественный метод: «В нашей стране главные герои литературного произведения – это активные строители новой жизни: рабочие и работницы, колхозники и колхозницы, партийцы, хозяйственники, инженеры, комсомольцы, пионеры … Наша литература насыщена энтузиазмом и героикой … Наша литература сильна тем, что служит новому делу – делу социалистического строительства».

В соответствии с методом социалистического реализма были написаны литературные произведения, как …

- «Мать» Максима Горького
- «Как закалялась сталь» Николая Островского
- «Мастер и Маргарита» Михаила Островского
- «Доктор Живаго» Бориса Пастернака

Кейс-задание: Кейс 8.

Из доклада Первого секретаря ЦК КПСС на XX съезде партии «О культе личности и его последствиях»: «Выясняется, что многие партийные, советские, хозяйственные работники, которых объявили в 1937-1938 годах «врагами», в действительности никогда врагами, шпионами, вредителями и т.п. не являлись, что они, по существу, всегда оставались честными коммунистами, но были оклеветаны, а иногда, не выдержав зверских истязаний, сами на себя наговаривали (под диктовку следователей-фальсификаторов) всевозможные тяжкие и невероятные обвинения».

С докладом «О культе личности и его последствиях» на XX съезде КПСС выступил …

- Н.С. Хрущев
- Н.А. Булганин
- И.В. Сталин
- Л.И. Брежнев

1.6. Образец выполнения итогового (рубежного) теста

Функция истории, позволяющая влиять на поведение и действия людей, называется …

- воспитательной
- познавательной
- аксеологической
- коммуникативной

Исторический источник по истории средневековой России – «Стоглав» представляет собой …

- сборник решений церковного собора 1551 г.
- летописный свод
- политический трактат
- свод законов Российского государства

Принцип объективности – это изучение исторических явлений …

- во всей их многогранности и противоречивости
- с учетом социальных интересов различных слоев общества
- в развитии, в соответствии с конкретно-исторической обстановкой
- в соответствии с господствующей идеологией в обществе

Существенный вклад в развитие отечественной исторической науки в XX веке внес …

- Б.А. Рыбаков
- В.Н. Татищев
- М.В. Ломоносов
- М.Н. Погодин

Верования древних славян до принятия у них христианства назывались …

- язычеством
- синтоизмом
- православием
- католичеством

В XII в. Русь вступила в период …

- политической раздробленности
- централизации
- цивилизации
- республики

В 1240 г. после длительной осады монголо-татары взяли город …

А) Рязань
Б) Новгород
В) Козельск
Г) Киев

Невская битва состоялась в _____ году.

- 1240
- 1242
- 1223
- 1238

Московский князь Дмитрий Иванович за личную храбрость и полководческие заслуги в 1380 г. на Куликовом поле получил прозвище

- Донской
- Невский
- Темный
- Красный

К западным славянам относятся такие современные народы, как …

- поляки, чехи и словаки
- русские, украинцы и белорусы
- болгары, сербы и черногорцы
- финны, эстонцы, литовцы

Автором произведения древнерусской литературы XV в. «Хождение за три моря» является …

- Афанасий Никитин
- Семен Дежнев
- Епифаний Премудрый
- Авраамий Палицын

Казачьим атаманом и предводителем похода в Сибирь в 80-гг. был …

- Ермак
- Кучум
- Адашев
- Висковатый

Непрофессиональные воины, объединенные в военное формирование на добровольной основе, называются …

- ополченцами
- стрельцами
- рекрутами
- рейтарами

В 1654 г. началась церковная реформа патриарха _____ .

- Никона
- Макария
- Иова
- Алексея

Столица Византийской империи, Константинополь был захвачен в 1453 году …

- турками-османами
- булгарами
- готами
- вандалами

В ходе Северной войны русские войска разгромили шведский флот у мыса …

- Гангут
- Синоп
- Чесма
- Дежнева

Во второй половине XVIII в. в русской архитектуре преобладал стиль …

- классицизм
- модерн
- рококо
- барокко

В январе 1820 г. русская экспедиция открыла новый континент, получивший название …

- Антарктида
- Северная Америка
- Австралия
- Южная Америка

В годы правления Николая I в России было (-а) …

- построена первая железная дорога
- отменено крепостное право
- введена конституция
- отменена цензура

Земская реформа была проведена в _____ году.

- 1864
- 1861
- 1868
- 1874

В 1884 г. новый университетский Устав …

- ликвидировал автономию вузов
- разрешил учиться в вузах женщинам
- запретил учиться в вузах детям крестьян
- ввел автономию вузов

Самой многочисленной социальной группой в России в конце XIX в. были …

- крестьяне
- разночинцы
- дворяне
- рабочие

Раньше других в России возникли _____ партии.

- революционные
- либеральные
- правые
- монархические

Идеолог заговорщического направления в русском народничестве Петр Ткачев разделял взгляды французского революционера …

- Огюста Бланки
- Жана Кольбера
- Жора Клемансо
- Жана Жореса

Среди союзников России в Первой мировой войне была _____ .

- Франция
- Германия
- Австро-Венгрия
- Османская империя

В ходе Февральской революции в России …

- установилось двоевластие
- к власти пришли большевики
- установилась военная диктатура
- возникла партия эсеров

Учредительное собрание открылось в Петрограде в _____ 1918 г.

- январе
- феврале
- ноябре

- декабре

К причинам гражданской войны относится _____ .
- деятельность большевистских продотрядов и комбедов
- убийство царской семьи
- разрешение выхода крестьян из общины
- возникновение монополий

В 1922 г. на пост генерального секретаря партии был избран …
- И. В. Сталин
- Л. Д. Троцкий
- Л. Б. Каменев
- В. И. Ленин

Генуэзская конференция состоялась в _____ году.
- 1922
- 1924
- 1928
- 1934

На завершающем этапе войны Красная Армия осуществила операцию …
- «Багратион»
- «Уран»
- «Кольцо»
- «Тайфун»

Характерной чертой экономического развития СССР в 1945-1953 гг. было …
- использование в народном хозяйстве труда заключенных
- использование хозяйственного расчета на предприятиях
- разрешение аренды земли
- разрешение частной собственности

Двоюродным братом российского императора Николая II был …
- английский король Георг V
- император Австро-Венгрии Карл I
- император Германии Вильгельм II
- шведский король Густав V

Советская литература периода «хрущевской оттепели» характеризовалась …
- умеренной критикой «культа личности» Сталина
- созданием разнообразных литературных групп и течений

- возвращением имен писателей-эмигрантов первой волны
- отказом от принципа социалистического реализма

Диссидентами в СССР называли …
- лиц, не разделявших господствующей идеологии
- выступавших за развитие страны по самобытному пути
- политическую парламентскую оппозицию
- уехавших за границу граждан СССР

Территориальные проблемы, связанные с послевоенными европейскими границами (германская проблема) были урегулированы в …
- начале 1970-х гг.
- конце 1940-х гг.
- начале 1960-х гг.
- конце 1970-х гг.

Противостояние между законодательной и исполнительной ветвями власти в октябре 1993 г. завершилось …
- роспуском Съезда народных депутатов и Верховного Совета РФ
- проведением президентских выборов
- формированием нового состава Верховного Совета РФ
- внесением дополнений в действующую Конституцию страны

Поводом к свертыванию процесса разрядки международной напряженности послужило введение советских войск в …
- Афганистан
- Венгрию
- Чехословакию
- Корею

Из рассказа Н.А. Бестужева о событиях 14 декабря в Петербурге: « Мы были окружены со всех сторон: бездействие поразило оцепенением умы; дух упал, ибо тот, кто на этом поприще раз остановился, уже побежден вполовину. Сверх того, пронзительный ветер леденил кровь в жилах солдат и офицеров, стоявших так долго на открытом месте. Атаки на нас и стрельба наша прекратилась; «ура» солдат становилось реже и слабее. День смеркался. Вдруг мы увидели, что полки, стоявшие против нас, расступились на две стороны и батарея артиллерии стала между нами с разверстыми зевами, тускло освещаемая серым мерцанием сумерек …»

На российский престол при обстоятельствах, описанных в тексте, вступил император …
- НиколайI
- Павел I

- Александр I
- Александр II

В русской архитектуре с принятием христианства началось каменное строительство. До нащих дней в том или ином виде сохранилось около двух сотен каменных храмов X-XIII вв. Знаменитый храм древнего Киева – Софийский собор был заложен в 1037 г. Своим посвящением храм напоминает о главной святыне Константинополя – храме Святой Софии Премудрости Божией. Олицетворением Божественной Премудрости считался Иисус Христос. Киевская София со времени своей постройки и до конца XIII в. служила кафедральным храмом главы всей Русской церкви – митрополита Киевского. Немало повидав за свой долгий век и едва избежав полного разрушения в период, когда Киев находился под властью Речи Посполитой, Софийский собор все же дошел до наших дней.

Софийский собор в Киеве был построен в правление князя …
- Ярослава Мудрого
- Владимира Крестителя
- Владимира Мономаха
- Мстислава Великого

В русской архитектуре с принятием христианства началось каменное строительство. До нащих дней в том или ином виде сохранилось около двух сотен каменных храмов X-XIII вв. Знаменитый храм древнего Киева – Софийский собор был заложен в 1037 г. Своим посвящением храм напоминает о главной святыне Константинополя – храме Святой Софии Премудрости Божией. Олицетворением Божественной Премудрости считался Иисус Христос. Киевская София со времени своей постройки и до конца XIII в. служила кафедральным храмом главы всей Русской церкви – митрополита Киевского. Немало повидав за свой долгий век и едва избежав полного разрушения в период, когда Киев находился под властью Речи Посполитой, Софийский собор все же дошел до наших дней.

Характерными элементами убранства древнерусских храмов были …
- фрески
- мозаики
- витражи
- пинакли

Примерная тематика контрольных работ

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

2.1. Примерные темы для контрольных работ:

Вариант 1.

1. Современные дискуссии о месте России в мировом историческом процессе.
2. Судьбы славянских народов – история и современность.
3. Проблемы образования Древнерусского государства (VIII – нач. IX вв.).
4. Проблемы развития Киевской Руси (IX-XII вв.).
5. Проблемы развития Удельной Руси (XII – XIII вв.).
6. Золотая Орда – мифы и реальность.
7. Александр Невский – герой или предатель Руси?
8. Проблемы образования русского централизованного государства (XIV-XV вв.).
9. Иван IV Грозный.
10. Проблемы расширения территории Российского государства в XVI в.
11. Самозванцы Российского государства.
12. Проблемы формирования российского абсолютизма в середине XVII в.
13. Петр I – тиран или «революционер на троне» в делах семейных и государственных?
14. Императрицы XVIII в.
15. «Непросвещенный абсолютизм» Павла I.
16. Активная внешняя политика XVIII в.: «+» и «-» последствий.
17. «Дней Александровых прекрасное начало…» (Реформы Александра I).
18. Герои Отечественной войны 1812 г.
19. Реформаторы России первой четверти XIX в.
20. Кризис феодально-крепостнического строя в 1830-50 –е гг.
21. Особенности промышленного переворота в России в XIX в.
22. Развитие российской экономики конца XIX - начала XX вв. «Контрреформы» Александра III.
23. Особенности формирования многопартийной системы в России на рубеже XIX - XX вв.
24. Героизм русских солдат в ходе русско-японской войны (1904-1905 гг.).
25. Столыпинская аграрная реформа и ее результаты.
26. Роль восточного фронта в ходе I мировой войны.
27. Разложение монархии в России. Николай II – последний российский император.
28. Новые подходы в изучении исторических событий гражданской войны в России (1917-1921 гг.).
29. Итоги НЭПа для развития России.
30. Проблемы и противоречия в процессе образования СССР.
31. Исторические портреты лидеров большевизма: В.И. Ленин, Л.Д. Троцкий, И.В. Сталин. Переход к тоталитаризму в СССР.
32. Деятельность Коминтерна и репутация СССР в 1920-30 –е гг.
33. Трагедия и героизм народа в годы ВОВ (1941-1945 гг.).

34. Правда о «золотом веке» цен. Экономическая политика государства в 1945-1953 гг.
35. «Оттепель» Н.С. Хрущева: штрихи к политическому портрету.
36. Период застоя. Время правления Л.И. Брежнева.
37. Проблемы «перестройки». Причины несостоявшегося реформирования советского общества при М.С. Горбачеве.
38. Последствия распада СССР. Национальные отношения на современном этапе развития России.
39. Оценка деятельности Б.Н. Ельцина.
40. Холодная война (1946 - 1991 гг.) и ее последствия для развития России.

Вариант 2.

1. Деятельность и исторические концепции:
а) Н.М.Карамзина
б) С.М.Соловьева
в) В.О.Ключевского
г) М.Н.Покровского
2. Варяги и Русь.
3. Принятие христианства на Руси.
4. Русские земли и Золотая Орда: трансформация взаимоотношений в XIV-XV вв.
5. Иван III – государь всея Руси.
6. Роль Русской православной церкви в процессе политической централизации русских земель.
7. Личность Ивана IV в историографии.
8. Государственные деятели, политические и духовные лидеры России начала XVII в.: исторические портреты и оценки историков (по выбору).
9. Социальные протесты в России в XVII в.: истоки, сущность и последствия.
10. Оценки личности и деятельности Петра I в исторической литературе.
11. Европейский и российский абсолютизм: общее и особенное.
12. Внешняя политика России в XVIII в. Ее оценки в исторической литературе.
13. Исторические портреты государственных деятелей эпохи «дворцовых переворотов».
14. Оценки личности и деятельности Екатерины II в исторической литературе.
15. Движение декабристов: исторические дискуссии.
16. П.Я.Чаадаев о прошлом, настоящем и будущем России.
17. Исторический портрет Александра II.
18. Деятели эпохи реформ: К.Д. Кавелин, Б.Н.Чичерин, Д.А. Милютин и др.
19. Николай II: проблема личности в истории.
20. Первый опыт российского парламентаризма начала XX в.
21. Первая мировая война 1914-1918 гг. в исторических концепциях.
22. Исторические альтернативы 1917 года.

23. Брестский мир: историко-теоретическая интерпретация в отечественной историографии.
24. Судьбы российской эмиграции в исторической литературе.
25. Советский опыт социально-экономической модернизации: цели, содержание, результаты, оценки.
26. Исторические портреты В.И.Ленина, Л.Д.Троцкого, И.В.Сталина (по выбору).
27. Национально-государственное устройство и особенности политической системы Советской России в 1920-1930-е гг.
28. Проблемы социокультурного развития в 1930-е гг.: достижения и потери. Сталинизм.
29. Внешняя политика СССР накануне и в начале Второй мировой войны: современные подходы и оценки.
30. Великая Отечественная война: исторические и политические споры.
31. «Холодная война» и ее причины. Мероприятия по ограничению гонки вооружений в 1960-1980-е гг.
32. Н.С.Хрущев: политический портрет. Проблемы «оттепели».
33. Л.И.Брежнев: политический портрет на фоне «застоя».
34. М.С.Горбачев и «перестройка».
35. Национальные конфликты на территории СССР в конце 1980-х – начале 1990-х гг. Распад СССР.
36. Эпоха Б.Н.Ельцина: политический портрет.
37. Период стабильности конца XX - начала XXI вв. В.В.Путин: социально-экономические и административно- политические проекты и реформы.

2.2. Требования к оформлению контрольных работ:

Контрольная работа печатается на компьютере на одной стороне белой бумаги формата А4 (210х297 мм) через полтора интервала, 14 шрифтом.

Объем контрольной работы не должен превышать 25 страниц текста, включая титульный лист, план работы и список использованной литературы, исключая приложение. Каждый лист должен быть пронумерован арабскими цифрами. Номер страницы на титульном листе не ставится.

Текст должен быть разделен на разделы соответственно плану работы. Обязательно наличие оглавления, введения, основной части, заключения и списка использованной литературы и источников.

Список использованной литературы должен включать не менее 5 источников, при этом обязательно использование текущей, периодической печати. Данные, полученные из Интернета, также обязательно должны быть включены в список, по названиям сайтов. При ссылках на Интернет-источники обязательно указание даты создания и последнего обновления используемых материалов.

Список литературы оформляется по алфавиту, начиная с фамилии, затем инициалы имени и отчества, далее название, место и год издания. После списка на русском языке, идет список на иностранном языке, затем названия сайтов.

На всю использованную литературу в тексте должны быть ссылки.

Иллюстрации (чертежи, таблицы, графики, схемы и карты) следует расположить на отдельных листах Приложения. Каждый лист Приложения нумеруется следующим образом: в верхнем правом углу - Приложение 1, ниже по середине – название иллюстрации, внизу, под иллюстрацией - наименование вида (типа) иллюстрации, например, картосхема 1. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте.

3. Примерные темы докладов и рефератов

1. Природа и общество: природно-климатический фактор в русской истории.
2. «Великое переселение народов» и проблема миграции славянских племен.
3. Проблема происхождения Древнерусского государства в отечественной историографии.
4. Языческие верования древних славян.
5. Христианизация Руси и ее значение.
6. Монгольское нашествие на Русь и его значение в концепции «евразийцев».
7. Северо-Восточная и Юго-Западная Русь в эпоху раздробленности: два пути развития русских земель.
8. Причины возвышения Москвы в отечественной историографии.
9. Идеологическая концепция «Москва – Третий Рим».
10. Эволюция социальной структуры русского общества в XIII-XV вв.
11. Сословно-представительные учреждения в России и Западной Европе: общее и особенное.
12. Московская Русь глазами иностранцев.
13. Реформы Избранной Рады.
14. Присоединение Зауралья к России: поход Ермака.
15. Смута на Руси: причины, характер, исторические альтернативы.
16. Проблема самозванчества в исторической литературе.
17. Соборное Уложение 1649 г.
18. Положение женщины в русском обществе по данным «Домостроя».
19. Церковный раскол и его влияние на русскую культуру.
20. Предшественники Петровских реформ (А. Ордин-Нащокин, В. Голицын).
21. Личность Петра I в исторической литературе.
22. Внешняя политика Петра I: от решения национальных задач к имперской политике.
23. Быт русского дворянства в XVIII в.
24. Фаворитизм в истории России XVIII в.
25. Правительственный конституционализм в XIX в.
26. Дворянская оппозиция: причины возникновения, взгляды, действия.
27. Внешняя политика России в XVIII в.
28. Кавказская война: история и современность.
29. Российские полководцы России XVIII-XIX вв.

30. Реформа 1861 г. в современной исторической литературе.
31. Российский либерализм второй половины XIX в.
32. Деятельность земских учреждений во второй половине XIX – начале XX в.
33. “Восточный вопрос” во внешней политике России.
34. Русский консерватизм XIX столетия: идеология и практика.
35. Эволюция российского революционного движения.
36. Реформаторы России XIX в.: проекты, планы, их реализация.
37. Российское крестьянство и аграрный вопрос в России (XIX – начало XX в.).
38. Реформы С. Ю. Витте, П. Д. Святополка - Мирского, П. А. Столыпина: сравнительный анализ.
39. Эволюция политической системы России в 1905 – 1907 гг.
40. Альтернативы политического развития России в 1917 г.
41. Политические партии в 1917 г.
42. Кризисы власти в 1917.
43. Октябрь 1917 г.: переворот, восстание, революция?
44. Политика “военного коммунизма”: сознательный выбор или необходимость?
45. Образование СССР. Особенности советской национальной политики.
46. Международное положение СССР в 1920-е гг.
47. Внутрипартийная борьба в РКП (б) – ВКП (б) в 1920-е гг.
48. Советская модель тоталитаризма.
49. Эволюция внешней политики СССР в 1930-е гг.
50. Советско – японское соперничество на Дальнем Востоке.
51. Советско – финская война.
52. Присоединение Прибалтики к СССР.
53. «Культурная революция» в СССР: итоги, цена, последствия.
54. Советско–германское сближение в 1939 – 1940 гг.: причины, проявления, последствия.
55. Русская православная церковь в годы войны.
56. Партизанское движение в годы войны: причины, характер, последствия.
57. Роль ленд-лиза в совместной борьбе против фашизма.
58. Формирование антигитлеровской коалиции: предпосылки и основные этапы.
59. Советский коллаборационизм: предательство или борьба со сталинизмом?
60. Человек на фронте и в тылу: человеческое измерение войны.
61. Разгром японской Квантунской армии (1945).
62. Встречи «Большой тройки»: итоги и последствия.
63. Ялтинско – Потсдамская система международных отношений.
64. Цена победы СССР в Великой Отечественной войне.
65. Финансовая реформа 1947 г.
66. Создание ядерного оружия в СССР.
67. Участие СССР в Корейской войне.

68. Советско – югославский конфликт.
69. Венгерские события 1956 г.
70. Социальная политика Советского государства в период «оттепели».
71. Курс на «развернутое строительство коммунизма» и «поздние реформы» Хрущева.
72. Реформы Н.С. Хрущева и А.Н. Косыгина.
73. Усиление консервативных тенденций в политической жизни страны в середине 1960- х – середине 1980-х гг. Диссидентское движение.
74. Особенности внешнеполитического курса в 1953 -1985 гг.
75. СССР в 1985 – 1991 г.: «перестройка» и ее итоги.
76. «Новое мышление» и международная практика советского правительства.
77. Современная Россия: характеристика социально-экономического, политического и духовного развития.

. Примерные вопросы для подготовки к экзамену

1. История как наука и учебная дисциплина. Всеобщая история и Отечественная история. Исторические источники. Историография курса.
2. Восточные славяне в древности. Этногенез.
3. Проблемы образования Древнерусского государства (VIII-IX вв.).
4. Первые древнерусские князья. Христианизация Руси.
5. Проблемы политического и социального развития Киевской Руси (X-XII вв.).
6. Феодальная раздробленность на Руси (XII-XIII вв.).
7. Монголо-татарское вторжение на Русь. Проблема последствий монгольского нашествия.
8. Борьба русских земель со шведской и немецкой агрессией в XIII в. Александр Невский.
9. Образование русского централизованного государства (XIV-XV вв.).
10. Русское государство в XVI веке. Иван IV Грозный.
11. Внешняя политика и расширение территорий Российского государства в XVI веке.
12. Смутное время (начало XVII века).
13. Россия в середине XVII века. Формирование абсолютизма.
14. Народные движения второй половины XVII века. Церковный раскол.
15. Реформы Петра I: их содержание и последствия.
16. Дворцовые перевороты в России в середине XVIII века.
17. Россия в эпоху Екатерины II: просвещенный абсолютизм. Павел I.
18. Внешняя политика России в XVIII веке: события, итоги.
19. Россия в первой четверти XIX века. Реформы Александра I.
20. Отечественная война 1812 года: причины, ход событий, последствия.
21. Движение декабристов.
22. Россия в эпоху Николая I.

23. Отмена крепостного права в России. Эпоха «великих реформ» во второй половине XIX века.
24. Пореформенная Россия (в 1860-90-ые гг.).
25. Россия в годы царствования Александра III.
26. Вклад российской культуры XIX века в мировую культуру.
27. Россия на рубеже XIX-XX веков. Первая русская революция.
28. Внешняя политика в конце XIX-начале XX века. Русско-японская война: причины, события, итоги.
29. Россия в 1907-1914 годах. Реформы П.А.Столыпина.
30. Участие России в I мировой войне: причины, роль восточного фронта, последствия.
31. 1917 год в России (основные события, их характер, значение).
32. Гражданская война в России: причины, этапы, последствия).
33. НЭП: мероприятия, итоги, значение.
34. Образование СССР: причины и принципы создания Союза.
35. СССР в 30-е годы. Сталинизм.
36. Внешняя политика СССР в 1920-30-е годы.
37. СССР во второй мировой войне (1939-1945 гг.). Власть и общество в годы ВОВ.
38. СССР в 1945-1953 гг. Кризис сталинизма.
39. СССР в период реформ второй половины 50-х-первой половины 60-х гг.
40. СССР в середине 1960-80 гг. Период застоя.
41. «Перестройка» в СССР (1985-1991 гг.). Причины несостоявшегося реформирования советского общества.
42. Распад СССР: причины и последствия. Становление новой российской государственности.
43. Современная Россия. 1991-2001 гг.
44. Эволюция внешней политики СССР в 1945-1991 гг. Россия в системе современных международных отношений (1991-2001 гг.).

IX. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К СЕССИОННОМУ КОНТРОЛЮ (для студентов заочной формы обучения)

1. Методические рекомендации по изучению дисциплины:

Хотелось бы обратить ваше внимание на поэтапность изучения материала по истории Отечества для более эффективного его усвоения.

Прежде всего, студенты знакомятся с историей образования и развития древнерусского государства Киевская Русь. Далее в курсе рассматривается процесс объединения русских княжеств вокруг Москвы, освобождения страны от ига, развитие России в XVIII – начале XX вв., как империи. Завершает лекционный курс материал, посвященный истории советского государства, и изучается современное развитие Российской Федерации.

Для успешного освоения курса рекомендуется использовать научно-методический комплекс по данной дисциплине. Следует ознакомиться с такими его составляющими как словарь по дисциплине, содержание

основных рассматриваемых тем, список рекомендуемой литературы, планы семинарских занятий и вопросы для итогового контроля по предмету.

Эффективное освоение курса невозможно без активного использования рекомендуемой литературы. Обращаться к ней нужно как при разработке творческих и аналитических контрольных работ, так и для подготовки к итоговому контролю по дисциплине. При этом, желательно использование, как учебной литературы, так и трудов монографического характера и статей в профессиональной и иной прессе.

В качестве итогового контроля предусмотрен письменный экзамен по билетам. Для подготовки к нему необходимо использовать как лекционные, так и дополнительные материалы.

Курс имеет, прежде всего, теоретическую направленность.

ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ

Требования к выполнению тестовых заданий для студентов **очной формы обучения:**

Текущий контроль знаний по дисциплине «История России» студентов **очной формы** обучения осуществляется в тестовой форме.

Тестовое задание включает в себя вопросы по нескольким ключевым темам учебной программы по модулям: «История России с древнейших времен по XVII в.», «История России XVIII – XIX вв.», «История России XX в.».

Тестовые задания если студент дал не менее 80% правильных ответов считаются выполненными. Время выполнения тестовых заданий – 2 академических часа.

Требования к выполнению контрольных работ для студентов **заочной формы обучения:**

Рубежный контроль знаний по дисциплине студентов **заочной формы** обучения проводится в форме письменной контрольной работы.

1. Контрольная работа выполняется по одной из предложенных тем. Темы работ приведены в разделе IX. «Методических рекомендациях по подготовке к сессионному контролю (для студентов заочной формы обучения)».
2. Объем работы не должен превышать 25 страниц печатного текста. На титульном листе необходимо обозначить тему работы, фамилию студента и номер его группы. Подробные рекомендации к оформлению контрольных работ – см. раздел IX.
3. Работа должна быть написана самостоятельно по материалам прочитанных источников. Цитирование допускается только в том случае, если указывается цитируемый источник.
4. Допускается использование литературы, не указанной в списке литературы к контрольным работам. Особое внимание надо обратить на новую литературу, вышедшую из печати за последние 5-7 лет.

Контрольные работы **оцениваются по пятибалльной шкале.**

Студенты, получившие оценку *«неудовлетворительно», обязаны повторно пройти процедуру рубежного контроля,* написав аналогичную работу по другой теме.

XI. ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Дифференцированный зачет или экзамен по дисциплине как продолжение учебно-познавательного процесса является одной из форм его контроля и методом определения качества знаний, умений и навыков студентов, причем по всему учебному курсу.

Письменный экзамен, с одной стороны, способствует развитию «западающих» элементов культуры мышления, с другой, расширяет возможности информационно-коммуникационного взаимодействия. Студент получает больше возможностей для целостного изложения и аргументации своего понимания изученного материала. Кроме того, письменный текст наиболее адекватно отражает умение логично мыслить и в соответствии с проблемой выстраивать его содержание.

Условия допуска к экзамену:

Студенты **очной формы обучения** допускаются к сдаче экзамена по дисциплине при условии выполнения **следующих требований**:

- посещение семинарских занятий;
- выполнение тестовых заданий;
- подготовка докладов и сообщений;
- выполнение проверочных работ.

Студенты **заочной формы обучения** допускаются к сдаче экзамена по дисциплине при условии выполнения **следующих требований**:

- выполнение плановой контрольной работы.

Форма и содержание экзамена:

Э
к
з
а
м Подробнее, что включает в себя экзамен – см. «Методические
рекомендации по организации самостоятельной работы студентов».
н На подготовку по билету студенту, как правило, выделяется не более 30 минут.
п **Критерии оценивания:**
р Оценка за экзамен выставляется с учетом выполнения студентом
теоретической (по билету) и практической (по карте) части по пятибалльной
системе. По теоретической части экзамена студенту могут быть заданы
уточняющие вопросы (на правильность понимания терминов, логики
причинно-следственных связей). По практической части экзамена студент,
если потребуется, должен показать и рассказать по карте события и военные
действия по теме билета.
с
я

в

На экзамене выставляются:

- оценка «отлично» - если студент ответил на два вопроса билета и дополнительный вопрос;
- оценка «хорошо» - если студент ответил на два вопроса, но не ответил на дополнительный вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - если студент ответил на один вопрос билета и дополнительный вопрос.

X
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Апальков В.С. История Отечества / В.С. Апальков, И.М. Миняева: учебное пособие.- 2-е изд., испр. и доп. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2010. – 544с.

2. История России для технических вузов: учебник для бакалавров / под ред. М.Н. Зуева, А.А. Чернобаева. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 639 с . Серия Бакалавр. Базовый курс.

3. История России с древнейших времен и до наших дней: учебник / А.Н. Сахаров, А.Н. Боханов, В.А. Шестаков; под ред. А.Н. Сахарова. – Москва: Проспект, 2015. – 768 с.

4. История России (IX – начало XXI вв.): учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А.Ю. Дворниченко, В.С. Измозика. – М.: Гардарики, 2010. – 479с.

История России с древнейших времен до наших дней: учебник / В.А. Федоров, В.И. Моряков, Ю.А. Щетинов. – М.: ТК Велби, ЗАО «КноРус», 2010. – 544с.

. История России. XX век: 1939-2007 / под ред. А.Б. Зубова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. - 847 с.

. История России в схемах: учебное пособие / А.С. Орлов, В.А. Георгиев, Н.Г. Георгиева, Т.А. Сивохина. – М., 2014. – 304 с.

. Кириллов В.В. учеб. пособие для бакалавров / В.В. Кириллов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 665 с. – Серия: Бакалавр. Базовый курс.

. Мунчаев Ш.М. Политическая история России. От Смутного времени до Беловежской Пущи / Ш.М. Мунчаев, В. М. Устинов. – 2-е изд. , пересмотр. – М.: Норма, 2009. - 736 с.

. Орлов А.С., Георгиев В.А., Георгиева Н.Г., Сивохина Т.А. История России. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Проспект, 2015. - 680 с.

Орлов А.С., Георгиева Н.Г., Георгиев В.А. Исторический словарь. – 2-е изд.. Москва:Проспект, 2015. – 592 с.

. Оськин М.В. История Первой мировой войны. - М.: ООО «Издательский дом «Вече», 2014. – 496 с.

. Семин В.П. История России: учебник / В.П. Семин. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2013. – 440 с. – (Бакалавриат).

14. Семин В.П. История России: проблемы и вопросы: учебное пособие / В.П. Семин, М.В. Шадская. – М.: КНОРУС, 2015. – 654 с.(Бакалавриат).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов Е.В. История России от Рюрика до Путина. Люди. События. Даты. – СПб.: Питер, 2008.- 588с.

2. Анисимов Е.В. Императорская Россия. – СПб.: Питер, 2012. – 640 с.

. Артемов В.В. История Отечества: С древнейших времен до наших дней: учебник для студ. сред. проф. учеб. заведений / В.В. Артемов, Ю.Н. Лубченков. – 14-е изд, стер. - М.: Издат. центр «Академия», 2010. – 360с.

. Басовская Н.И. Антигерои истории. Злодеи. Тираны. Предатели / Н. Басовская. – М.: АСТ, 2013.

Бок М.П. П.А. Столыпин: Воспоминания о моем отце / М.П. Бок. – М., 2006.

Будницкий О.В. Терроризм в российском освободительном движении: идеология, этика, психология (вторая половина XIX - начало XX вв.) / О.В. Будницкий. – М., 2000.

В поисках теории российской цивилизации: памяти А.С. Ахиезера: сборник / Сост. А.П. Давыдов. – М.: Новый хронограф, 2009. – 400с.

Вернадский Г.В. Русская история: учебник. - М., 2001.

. Верт Н. История Советского государства: 1900-1991. - М.: ИНФРА-М; Весь мир, 2003. – 544с.

Гумилев Л.Н. От Руси до России. - М., 2006.

. Гуц А.К. Многовариантная история России. - М., СПб; 2001.

Данилов А.А. История России с древнейших времен до наших дней в вопросах и ответах: Учебное пособие. - М.: ТК Велби, Из-во Проспект, 2004.- 320с.

. Деревянко А.П. История России: с древнейших времен до конца XX в. - М.,

. Дворниченко А.Ю. Отечественная история (до 1917 г.): учебное пособие для студ. вузов. - М., 2005.

Дойчер И. Троцкий. Вооруженный пророк. 1879 – 1921 / И. Дойчер (пер. с англ. Т.М. Шумиловой). – М., 2006.

. Загладин Н.В., Козленко С.И. История Отечества XX- начала XXI вв. - М.,

. Золотарев В.А. Военная история. - М., 2001.

. Игнатов В.Д. Палачи и казни в истории России и СССР / В.Д. Игнатов. – М.: Вече, 2013.

История России / Под ред. А.С. Орлова, В.А. Георгиева. - М., 2003.

. История России: учебник / Под ред. В.Г. Деева, Ю.И. Казанцева. - М.-Новосибирск, 2000.

Каменский А.Б. От Петра I до Павла I: Реформы в России XVIII в.: опыт целостного анализа / А.Б. Каменский. – М., 2001.

. Каррер А.Э. Екатерина II. Золотой век в истории России. - М., 2006.

. Кизеветтер А.А. Исторические очерки: из истории политических идей. Школа и просвещение. Русский город в XVIII в. Из истории России в XIX в. - М., 2006.

. Кириллов В.В. Отечественная история XX- начала XXI вв. - М., 2004.

Козляков В.Н. Марина Мнишек / В.Н. Козляков. – М., 2005.
Кульгин Э.С. Золотая Орда: проблемы генезиса Российского государства / Э.С. Кульгин. – М., 2006.
Личман Б.В. Многоконцептуальная история России. Пособие для абитуриентов. – Екатеринбург: Из-во «СВ-96», 2000.- 64с.
Лукьянов Л.П. Восточные славяне: разве это мы? Эволюция VI – X вв. / Л.П. Лукьянов. – М., 2004.
. Маринович Л.П. Античная и современная демократия: новые подходы к сопоставлению. - М., 2007.
. Медведев Ф. Н. О Сталине без истерик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013.
. Миллер А.И. Империя Романовых и национализм: эссе по методологии исторического исследования. - М., 2006.
. Мотревич В.П. Экономическая история России: учебное пособие. - Екатеринбург, 2004.
М
у НЭП: экономические, политические и социокультурные аспекты / А.
к Сенявский, В.Б. Жиромская, С.В. Журавлев и др. – М.: РОССПЭН, 2006. –
а 544с.
м Озерский В.В. Правители России от Рюрика до Путина. История в
п портретах. Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 352с.
д Ольштынский Л.И. Угроза фашистского мирового господства: история и
и современность (взгляд из XXI в.). - М., 2003.
н Павленко Н.И., Андреев И.Л. История России с древнейших времен до
к конца XVII в. - М., 2001.
. Павленко Н.И., Ляшенко Л.М., Твардовская В.А. История России XVII –
XIX вв. - М., 2001.
Патриарх Никон: трагедия русского раскола (сборник) / Составители В.И. Мельник, И.М. Стрижова. – М., 2006.
О Платонов С.Ф. Полный курс лекций по русской истории. - СПб., 2001.
т Пути России. Историзация социального опыта / Том XVIII. – Новое
п литературное обозрение, 2013.
ч Россия, Польша, Германия: история и современность европейского единства
в в идеологии, политике и культуре / Сост. Б.В. Носов. - М.: Индрик, 2009. –
с 368с.
С Савицкий В.Д. Три века российского самовластия: сомнения, недоумения,
к коррективы – СПб., 2004.
е Свердлов М.Б. Домонгольская Русь: князь и княжеская власть на Руси VI –
н первой трети XIII вв. – СПб., 2003.
н Семин С.В. Русская история: проблемы и спорные вопросы: Учебное
и пособие для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 653с.
я Синелина Ю.Ю. Секуляризация в социальной истории России. - М., 2004.
Скрынников Р.Г. Иван III / Р.Г. Скрынников. – М., 2006.
и Скрынников Р.Г. Минин и Пожарский. - М., 2007.
с Соколов А.В. Интеллигенты и интеллектуалы в российской истории. – СПб.:
т Из-во СПб ГУП, 2007. – 344с.
о
р
и
я

. Соколофф Ж. Бедная держава: История России с 1815 года до наших дней / Пер. с фр. Н.Ю. Панина. – М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2008. – 882с.
. Степанищев А.Т. История России IX-XVII веков: от российской государственности до Российской империи: учеб. пособие. – М.: КомКнига, 2007. – 584с.
. Троцкий Л. Сталин. Красный «царь» / Л. Троцкий, И. Дойчер, Т. Клифф. – М.: Алгоритм, 2013.
Федоров В.А. История России с древнейших времен до наших дней. - М.,

Человек-Общество-Армия-Война: сборник докладов на XXIII Военно-научной конференции 23 окт. 2008 г. – Екатеринбург: ГУ, 2008. – 232с.
Эйдельман Н.Я. Твой девятнадцатый век / Н.Я. Эйдельман. – М., 2006.
Экштут С.А. Александр I. Его сподвижники. Декабристы: в поиске исторической альтернативы / С.А. Экштут. – СПб., 2004.
Юрьевская Е.М. Александр II / Е.М. Юрьевская. – М., 2004.
. Яковер Л.Б. История России. - М., 2002.

ИСТОЧНИКИ

1. Восстание декабристов. Документы. Т.1-18. - М.; Л., 1925-1986.
2. Законодательные акты Русского государства втор. пол. XVI – перв. пол. XVII в. - Л., 1986.
3. Кушнир А.Г. Хроноскоп: летопись фактов и событий отечественной истории за два тысячелетия от Рождества Христова. - М., 2003.
4. Шмидт С.О. Памятники письменности в культуре познания истории России. Т.1. Допетровская Русь. - М., 2007.
5. Памятники русского права. Вып. 1-8. - М., 1953-1961.
6. Печенев В.А. «Смутное время» в новейшей истории России (1985 – 2003 гг.): исторические свидетельства и размышления участника событий. - М., 2004.
7. Полное собрание русских летописей. Т.1-39. - СПб.; М.; Л., 1841-1990.
8. Программы политических партий России конец XIX – первая половина XX вв. - М., 1995.
9. Российское законодательство с древнейших времен до начала XX в. Т.1-6. - М., 1984-1988.
10. Русская православная церковь в советское время (1917-1991 гг.) / Сост. Г.Штриккер. Кн. 1-2. - М., 1995.
11. Соловьев С.М. Публичные чтения по истории России. - М., 2005.
12. Сталинское Политбюро в 1930-е годы. Сборник документов. - М.,

13. Хрестоматия по отечественной истории. 1914-1945 гг. / Под ред. А.Ф.Киселева, Э.М.Щагина. - М., 1996.
14. Хрестоматия по отечественной истории. 1946 - 1994 гг. / Под ред. А.Ф.Киселева, Э.М.Щагина. - М., 1996.

4. СЛОВАРИ, СПРАВОЧНИКИ

1. Государственность России: словарь-справочник. - М., 1996.
Данилов А.А. История России IX-XIX вв.: справочные материалы. - М., 1997.
3. История России: тысячелетие дипломатии и войн. Вып.1-2. - Екатеринбург, 1995.
Похлебкин В.В. Внешняя политика Руси, России и СССР за 1000 лет в именах, датах и фактах. Справочник. Вып. 1-3. - М., 1992.
Похлебкин В.В. Татары и Русь. 360 лет отношений Руси с татарскими государствами в XIII – XIVвв. 1238-1598 гг. (от битвы на р. Сить до покорения Сибири): Справочник / В.В. Похлебкин. – М., 2005.
Политические партии России конец XIX – первая половина XX вв. Энциклопедия. - М., 1995.
Политические деятели России 1917 г. Биографический словарь. - М., 1993.

5. ВЕБ-РЕСУРСЫ

1.Хрестоматия электронных текстов на сайте «Заметки на полях»

2.Библиотека электронных ресурсов на сервере исторического факультета M

3.История. Приложение к газете «Первое сентября» (http://www. I September. ra./ru/his. htm).

4.Российский электронный журнал «Мир истории» (http://www. tellur. ra./~ t

5.Журнал «Новая и новейшая история» (http://www. bitpro. ru/CATOLOG/).

6.Материалы Независимого теоретического семинара "Социокультурная методология анализа российского общества". Ряд материалов посвящен различным аспектам истории России и ее культуры (http://scd. plus, centre ru/).

7.Алтайский региональный исторический сервер: виртуальный читальный зал, ресурсы, ссылки (http://hist. den-asu. ra/sourses. shtml).

8."Сибирская Заимка". Сервер посвящен истории Сибири: опубликованные научно-популярные, научные работы, касающиеся с

9.Сервер об истории и устройстве Русской православной церкви h

t 10.Коллекции ссылок на исторические ресурсы в сети Интернет:

на сервере исторического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова (http://www. hist. msu. ru. /Links/ worldu.htm).

на Алтайском историческом научно-образовательном сервере Ассоциации «

И на сервере издательства «Клио» (http:// www. history. ru/hist. htm).

с

т

о

XIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Демонстрационные / иллюстративные материалы

и - карты и атласы по Отечественной истории;

я - учебники и учебные пособия;

- раздаточные материалы для дискуссий, организации дебатов,

и

к

о

тестирования;
- мел, доска.

2. Технические средства

- компьютерная техника, мультимедийное оборудование:
1) экран;
мультимедийный проектор проектор;
3) ноутбук (или персональный компьютер);
4) колонки, микрофон.

Приложение1.

Тема 2. СЛАВЯНСКИЙ ЭТНОГЕНЕЗ

- Теории энтогенеза восточных славян
- Природные условия и территория расселения восточных славян
- Экономическое развитие и общественный строй восточных славян
- Обычаи, нравы и верования восточнославянского этноса

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Этногенез — весь процесс существования и развития этнической системы от момента ее возникновения до исчезновения. Существует множество концепций происхождения и прародины славян, среди них ведущие позиции занимают: миграционная (пришли на Восточно-Европейскую равнину): а) «дунайская» (С.М. Соловьев, В.О. Ключевский), б) «прибалтийская» (М.В. Ломоносов, А.Г. Кузьмин); автохтонная - славяне как

этнос сформировались на территории Восточно-Европейской равнины и являлись исконным населением (Б.А. Рыбаков); 3) одерско-висловская — прародиной славян считается территория между Одером и Вислой; одерско-днепровская - район между Одером и Средним Днепром (М.С. Шумилов, С.П. Рябикин).

2. Праславяне принадлежали к Древнему индоевропейскому единству, сложившемуся в V—IV вв. до н.э. в северо-восточной части Балкан и на территории Малой Азии. На рубеже III—II вв. до н.э. на основе развития в Евразии пастбищного скотоводства индоевропейские племена в поисках пастбищ ушли в Среднюю Азию и Северную Индию. Формируются этнографические группы: кельтская, германская, романская (славянская), греческая, иранская, балтийская. Появление славян как самостоятельного этноса датируется I в. до н.э, В античных источниках в первом веке нашей эры славян знали под именами «антов» и «венедов». С VI в. н.э. закрепился термин — «славяне». В ходе Великого переселения народов, проходившего в III—VII вв., славяне, осваивая различные территории, разделились на три ветви: западную (поляки, чехи, словаки и др.), южную (болгары, сербы, хорваты и др.) и восточную (белорусские, русские и украинские народы). Восточные славяне в VI—VII вв. заняли территорию: с севера на юг — от Невы и Ладожского озера до Среднего Приднепровья и с запада на восток — от Карпатских гор до Средней Оки и верховьев Дона.

3. Климат в средней полосе Восточно-Европейской равнины был континентальный. Вся жизнедеятельность людей была связана с лесом. Его использовали как строительный материал, топливо, для изготовления домашней утвари. Не менее благоприятное влияние на жизнь людей оказывали реки. Они служили средством общения между племенами, снабжали людей рыбой для еды и обмена. По берегам рек шло расселение славянских племен, строились поселения, в дальнейшем города. Речные пути приобретали и международное значение: с VI в. появился водный торговый путь «из варяг в греки», позволявший торговать восточным славянам с Византией, другой путь, «из варяг в персы», служил сообщением с волжскими болгарами, Хазарским каганатом и далее — со Средней Азией и арабским миром.

4. Восточные славяне делились на племенные союзы, и местами их расселения были: по западному берегу Днепра и реке Рось жили поляне; на запад от них по Припяти селились древляне, а севернее — дреговичи; по Оке — вятичи; вокруг озера Ильмень — ильменские словене; по реке Сож — радимичи; в верховьях Волги, Днепра, Западной Двины — кривичи; по среднему течению реки Днепр и по реке Десна — северяне.

5. Основными занятиями славян были охота, рыболовство, скотоводство, бортничество. Позже славяне начали заниматься земледелием. Существовало две системы земледелия: на юге, где была лесостепь, — перелог; на севере, где росли непроходимые леса, в основном была подсечно-огневая.

6. Во главе каждого племени или рода у восточных славян стоял

старейшина. Существовал совет старейшин, где обсуждались различные вопросы, а также общее собрание рода или племени — вече. Верховным судьей и предводителем войска был князь. Ему подчинялись военные люди, составлявшие княжескую дружину. Такое управление позже получит название военной демократии.

7. По своим верованиям древние славяне были язычниками. Они поклонялись явлениям природы, обожествляя их. У восточных славян были свои языческие праздники, связанные с временами года и земледельческими работами (Масленица, I праздник Ивана Купалы, праздник урожая и т.д.). Известно, что у славян довольно долго сохранялся закон кровной мести.

Тема 3. КИЕВСКАЯ РУСЬ В IX-XII ВВ. РУСЬ В ЭПОХУ ФЕОДАЛЬНОЙ РАЗДРОБЛЕННОСТИ. БОРЬБА РУССКИХ ЗЕМЕЛЬ С ВНЕШНИМИ ВТОРЖЕНИЯМИ

- Киевская Русь: социально-экономическое, политическое и культурное развитие (IX- начал. XII вв.)
- Эпоха феодальной раздробленности на Руси. Основные политические центры (XII-XIII вв.)
- Борьба с иноземными нашествиями в XIIIв.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Возникновение русского государства имело ряд особенностей, связанных с географическим положением его меж Европой и Азией и неимением естественных географически раниц, а также необходимостью совместной защиты живущих здесь племен от внешних врагов, которая сплачивала их и заставляла создавать сильную государственную власть.

2. Вопрос о происхождении государственности на Руси до сегодняшнего дня остается спорным в среде историков. В XVIII в. немецкие ученые на русской службе Г.З. Байер, Г.Ф. Миллер разработали норманнскую теорию, согласно которой государство на Руси было создано норманнами (варягами). Против этой концепции выступил М.В. Ломоносов, положив начало полемике между норманистами и антинорманистами, которая 1родолжается уже более двух столетий.

3. Историки делят историю Киевской Руси на три периода:

- первый - период становления Древней Руси при первых князьях Рюриковичах (вторая половина IX - последняя треть X вв.);
- второй - период расцвета Киевской Руси при Владимире I и Ярославе Мудром (конец X - первая половина XI вв.);
- третий — период начала территориальной и политической раздробленности Древнерусского государства и его распада (вторая половина

XI — Первая треть XII вв.).

4. Перед киевскими князьями стояло несколько задач:
1) объединение восточных славян под властью Киева; 2) укрепление государства и распространение своей власти внутри страны; 3) торговля с Византией; 4) борьба со степными кочевниками: хазарами, печенегами, половцами.

5. Первые князья Киевской Руси: Рюрик, Олег, Игорь, Ольга — настойчиво расширяли свои владения, подчиняли себе восточнославянские племена, сменяя местных племенных князей на присланных наместников из Киева. Новгородские бояре в 862 г. пригласили княжить в Новгород Рюрика — начальника отряда варягов, который положил начало династии Рюриковичей. В 882 г князь Олег захватил Киев, тем самым объединив северные и южные племенные союзы. Киев назвал «матерью городов русских». Олег стал великим киевским князем. В 907 г. в результате успешного похода князя Олега на Царь град были урегулированы отношения между Русью и Византией. Князь Игорь предпринимает два похода на Византию и заключает договор о мире, торговле и взаимной помощи, обеспечивает беспрепятственную торговлю в Царь граде. В 945 г. при попытке повторного сбора дани с древлян был убит. Его вдова княгиня Ольга отомстила за смерть мужа, навела порядок в русских землях, ввела законы налогового права «уроки и погосты», в конце жизни посетила Царь град и крестилась там в православие. Ее сын князь Святослав, выдающийся древнерусский полководец, предпринял ряд удачных походов: разбил хазар, затем волжских булгар, подчинил вятичей; но вел неудачную войну с Византией, был убит печенегами.

6. Сын Святослава — Владимир Красное Солнышко — стал объединителем всех земель восточных славян в состав Киевской Руси. Он организовал надежную систему обороны ее степных границ от кочевников. В годы его правления Русь принимает христианство (988 г.). После смерти Владимира начались междоусобные войны его сыновей. Пасынок Владимира Святополк Окаянный убил своих братьев Бориса, Глеба и Святослава, захватил Киев, но старший из братьев, Ярослав, наместник Новгорода, победил Святополка и стал великим киевским князем.

При Ярославе Мудром Киевская Русь достигла вершины своего могущества. Ему подчинялись земли от Черного моря до Баренцева. Он разбил печенегов, укрепил международные связи при помощи политических браков с такими странами, как Швеция, Норвегия, Польша, Франция, Византия. В годы его правления появился первый свод русского законодательства Русская Правда. Происходит культурный расцвет русского государства.

7. После смерти Ярослава Мудрого наследники не смогли сохранить единство русской земли. Раздоры князей, половецкие набеги, волнения горожан заставили киевскую знать в начале XII в. призвать на княжение внука Ярослава Мудрого - Владимира Всеволодовича Мономаха. Он совершил успешный поход на половцев, восстановил на короткий срок

единство русских земель, создав союз князей под руководством великого киевского князя. Его сын Мстислав на короткий период удерживает относительную целостность Руси. Но после его смерти Русь начинает распадаться на самостоятельные княжества и земли.

8. В IX—XIII вв. основной сферой хозяйственной деятельности в Древней Руси было земледелие. Большое развитие получили города как центры ремесла и торговли. В X-XI вв. доминировала государственная собственность на землю, которая позволяла киевским князьям взимать дань с подвластного населения. Во второй половине XI в. в различных русских землях возникло частное землевладение — княжеские, боярские и монастырские вотчины.

9. Русь в X—XII вв. представляла собой раннефеодальную монархию с великим князем во главе. При князе состояли дружинники, ведавшие сбором дани, судом. В городах назначались князем посадские и воеводы. Вассалами князя являлись его родственники, правители удельных земель. Феодалы платили князю дань, но своими вотчинами распоряжались самостоятельно. Основными социальными категориями этого периода являлись: высшие классы - князья, бояре и другие собственники больших земельных имений, богатые купцы в городах; средний класс — купцы и мастера - ремесленники (в городах), владельцы средних и небольших имений (в сельской местности); низшие классы - беднейшие ремесленники и крестьяне, заселявшие государственные земли. Кроме свободных людей, в Киевской Руси существовали также полусвободные (закупы, рядовичи) и невольники (холопы, челядь).

10. Во второй трети XII в. (1132 г.) на Руси начался длившийся до конца XV в. период феодальной раздробленности. Причинами ее были: 1) ослабление власти киевских князей и укрепление власти феодалов на местах, в результате роста крупных землевладений; 2) отсутствие прочных экономических связей между областями: не было общего рынка, господствовало натуральное, феодально-вотчинное хозяйство; 3) отсутствие серьезной внешней угрозы для всей восточнославянской общности.

11. Политическими наследниками Киевской Руси стали 15 крупных княжеств и феодальных республик. Наиболее значительными были Владимиро-Суздальское княжество, Новгородская боярская республика и Галицко-Волынская земля - три политических центра, имевших огромное влияние на развитие соседних с ними земель. Своеобразный уклад общественной и политической жизни образовался в Новгородской земле. Власть в Новгороде фактически принадлежала богатому боярству. Оно держало в руках городское собрание свободных граждан — вече. Вече избирало из числа бояр посадника, тысяцкого, командовавшего народным ополчением, архиепископа, ведавшего казной и внешними отношениями. Новгородская боярская республика была огромным государством, занимавшим территорию от Верхней Волги до Балтийского и Белого морей, просуществовала около трех с половиной столетий.

12. Последствия феодальной раздробленности имеют как знак плюс,

так и знак минус. За годы феодальной раздробленности происходило развитие политической, экономической, культурной жизни русских земель. Но княжеские усобицы, постоянное дробление княжеств между наследниками, разрушительные войны ослабили обороноспособность и политическое единство страны.

13. Раздробленная на обособленные княжества Русь не смогла собрать достаточно сил для отпора татаро-монголов. В конце XII — начале XIII вв. в Центральной Азии возникло монгольское государство, возглавил его Темучин, который в 1206 г. был провозглашен великим ханом под именем Чингисхан. Армия монголов под его руководством начала завоевательные походы. В 1223 г. на реке Калке произошло первое столкновение русских войск совместно с половцами с монгольским войском, где объединенные войска потерпели поражение. Внук Чингисхана Батый в 1237 г. начал покорение Северо-Восточной Руси. В 1238 г. были завоеваны: Рязань, Коломна, Москва, Ростов, Ярославль, Тверь, Юрьев; в 1239 г. — города Переславль и Чернигов, в 1240 г. пал Киев, захвачена Галицко-Волынская земля. В 1242 г. на Нижней Волге возникла Золотая Орда - мощное татаро-монгольское государство, в состав которого вошли завоеванные русские земли, где Батый и его преемники частично сохранили систему управления, сложившуюся до нашествия.

14. Практически одновременно с нашествием татаро-монголов на южные русские княжества шведские корабли вошли в устье реки Невы с целью захвата Новгорода и Пскова и насаждения католической веры. 15 июля 1240 г. князь Александр Ярославич выигрывает сражение над шведами на Неве, за что получает прозвище Невский. Вслед за шведами на русские земли нападают объединенные силы Ливонского ордена при поддержке датских и немецких рыцарей и захватывают город Изборск, а затем и Псков. В 1242 г. Александр Невский освобождает эти города. Решающая битва между новгородским войском и силами Ливонского ордена состоялась 5 апреля 1242 г. на Чудском озере. Рыцарское войско потерпело сокрушительное поражение. В результате было остановлено наступление рыцарей на Северо-Западную Русь.

15. Татаро-монгольское иго (1240—1480) — это сложная система, главной целью которой было использование военного и экономического потенциала Руси в интересах Золотой Орды. Оно характеризовалось: в экономической сфере — ежегодной выплатой огромной дани татаро-монголам: в политической — жестким контролем Орды за деятельностью русских князей при помощи выдачи ярлыков на княжение; в культурной — принудительным использованием русских мастеров для строительства и укрепления городов Золотой Орды, расхищения татарами материальных и художественных ценностей, веками накопленных в русских городах.

16. Татаро-монгольское иго привело к длительному упадку в культурной, хозяйственной жизни русского общества, политической зависимости Северо-Восточной Руси от Золотой Орды, искусственно изолировав эти земли от западного мира и Византии. Возможности влияния

греческой православной цивилизации на Русь резко уменьшились, но воспринятые ранее традиции уже укоренились в восточнославянском церковном быту и развивались на новой почве. Власть Орды создавала серьезные проблемы для русского общества, уродливо деформируя многие государственные структуры. Однако постепенно стали складываться объединительные тенденции в русских княжествах.

Тема 4. СКЛАДЫВАНИЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВА В XIV-XVI ВВ.

- Предпосылки образования единого русского государства
- Объединение русских земель вокруг Москвы. Начало государственной и политической централизации (XTV - начало XV вв.)
- Образование российского государства (конец XV - начало XVI вв.)
- Российское государство в XVI веке. Иван Грозный

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Предпосылками объединения русских земель в единое государство были: развитие феодального землевладения; стремление бояр приобретать вотчины за пределами своих княжеств; укрепление на Руси власти и лидерства московских князей; наличие обшей официальной религии — православия во всех русских землях; необходимость освобождения от ордынского ига.

2. Причинами возвышения Московского княжества как центра объединения русских земель являлись: личностные качества первых московских князей, их политическая ловкость и хозяйственность; выгодное географическое положение, давшее приток населения, торговые и политические преимущества; поддержка со стороны Церкви и перенос центра русского православия из Владимира в Москву; содействие Орды; получение ярлыков на княжение (с Ивана Калиты — на великое княжение).

3. Возвышение Московского княжества происходило в самом начале XIV в. Оно связано с именем младшего сына Александра Невского князя Даниила Александровича, который получил в удел небольшой городок Москву, явился основателем династии московских князей. При князе Даниле началось постепенное расширение Московского княжества. В его состав вошли; отвоеванная у рязанского князя Коломна, присоединенный Можайск, земли Переяславского княжества. В результате территория Московскою княжества увеличилась почти в 2 раза.

4. Основы политического и экономического могущества Москвы были заложены при сыне князя Даниила - Иване Данииловиче (1325—1340) по прозвищу Калита. При нем борьба Москвы и Твери за великокняжеский престол завершается победой Московского княжества. Иван Даниилович, разгромив восстание в Твери, получил ярлык на великое княжение. В годы

его правления митрополичья кафедра была перенесена из Владимира в Москву, тем самым Москва стала религиозным и идеологическим центром Руси. Иван Калита добился необходимой передышки от ордынских вторжений, давшей возможность поднять экономику и накопить силы для борьбы с татаро-монголами, получил право сбора дани с русских княжеств и доставки ее в Орду, значительно расширил свои владения (подчинил княжества: Галичское, Угличское, Белоозерское).

5. Дальнейшее усиление Московского княжества происходит при внуке Ивана Калиты — князе Дмитрии Ивановиче по прозвищу Донской (1359—1389). В годы его правления соотношение сил на Руси изменилось в пользу Москвы. Этому процессу способствовало следующее: построен всего за два года неприступный белокаменный Кремль Москвы — единственная каменная крепость на территории Северо-Восточной Руси; отбиты притязания на общерусское лидерство Нижнего Новгорода, Твери, отражены походы литовского князя Ольгерда; в 1378 г. на реке Воже объединенными русскими силами были разбиты монголы. С этого времени борьба против Орды приняла характер организованных военных сражений. Решающее сражение произошло летом 1380 г., когда хан Мамай, заключив союз с литовским князем, выступил против русских. Дмитрий Иванович, получив благословение игумена Троицкой обители Сергия Радонежского и поддержку православной церкви, на Куликовом поле разбил войска Орды. Это было первым шагом обретения Русью национальной независимости. Однако Москва была снова разорена в 1382 г. Тохтамышем и вынуждена платить дань. Перед смертью Дмитрий Донской передал великое княжество Владимирское своему сыну Василию (1389—1425) по завещанию как отчину московских князей, не спрашивая права на ярлык в Орде. Это стало началом нового этапа отношений между Ордой и зависимой пока Русью.

6. Василий I сумел упрочить положение Москвы как центра русских земель. Он присоединил Нижегородское, Муромское, Тарусское княжества, некоторые владения Великого Новгорода. I Подавляющая часть князей, еще сохранившая свой суверенитет, вынуждена была в той или иной мере подчиняться ему. В военных и дипломатических отношениях с Ордой и Литвой Василий I выступал уже от имени всей Северо-Восточной Руси.

7. После смерти Василия I процесс объединения русских земель был приостановлен ожесточенной феодальной войной, которая продолжалась с переменным успехом в течение 20 лет (1433—1453), принося разорение земель, упадок многих городов, ордынские набеги. Феодальная война закончилась победой сил централизации. Василий II Темный сумел победить и укрепить великокняжескую власть.

8. После смерти Василия II Темного московский престол занял его старший сын Иван Васильевич, ставший соправителем отца еще при его жизни. Именно ему выпало завершение процесса объединения русских земель и свержения золотоордынского ига. В правление Ивана III закончилось собирание земель под власть Москвы, были заложены основы российского самодержавия; укреплен государственный аппарат; повысился

престиж Москвы. В годы его правления были присоединены Великое Ярославское княжество (1463), Пермский край (1472 г.), Великое Ростовское княжество (1474), Новгород и его владения (1478), Великое княжество Тверское (1485), Вятская земля (1489). Великие и удельные князья отказались от верховных прав в своих владениях и перешли под политическое покровительство московского князя. Иван III стал именоваться государем всея Руси. В целом единое государство было создано и окончательно утвердило свою независимость, так как Иван III отказался ездить в Орду и посылать дань. Попытка хана Ахмата восстановить права Орды закончилась в 1480 г. стоянием на реке Угре и бегством татар.

9. Иван III расширил международные связи, установил дипломатические отношения с Германией, Венецией, Данией, Венгрией и Турцией, женился на Софье Палеолог, племяннице последнего византийского императора. Московский князь распоряжался землей, набирал себе войско. Высшим совещательным органом при государе становится Боярская дума. Представители князя распоряжались казной, командовали войсками, управляли областями. В 1497 г. для закрепления централизованной системы управления и суда на всей территории государства был издан свод законов - Судебник, который юридически подтвердил политический и социальный строи русского феодального государства. После падения Византии под ударом турок (1453) Москва стала ее преемницей. Россия была последним оплотом православия и способствовала определенной идеологизации верховной государственной власти. С XVI в. распространяется идея о Москве как о Третьем Риме, в котором тесно переплетаются религиозные и политические мотивы. Новое значение великого князя Московского отразилось на государственном праве. Иван III передал по наследству своему старшему сыну Василию целый ряд политических преимуществ. Василий III фактически завершил объединение Великороссии и превратил Московское княжество в национальное государство. Образовалась крупнейшая в Европе держава, которая с конца XV в. стала называться Россией.

10. Все XVI столетие шло стремительное расширение границ Российского государства. Вслед за Василием III, после регенства Елены Глинской (1533—1538) и боярского правления (1538-1547), политику собирания русских земель успешно проводил Иван IV Грозный (1547—1584). Несмотря на неудачную Ливонскую войну, в результате присоединения к Российскому государству Казанского ханства, Астраханского ханства, присоединения Башкирии, вхождения в состав России народов Западной Сибири, Россия стала одним из крупнейших государств в Европе и Азии.

11. После смерти Василия III идут годы боярского правления Лишь в 1547 г. 18-летний Иван Васильевич официально венчался на царствование. Начальный период его правления ознаменовался крупными внутри- и внешнеполитическими успехами.

12. Реформы Ивана IV 40—50-х гг. XVI в.: 1) при царе сложилась Избранная рада (князь Курбский, Алексей Адашев, митрополит Макарий и др.), которая разработала и провела множественные реформа центрального и

местного управления; 2) было создано всесословное высшее государственное учреждение — Земский собор — в противовес Боярской думе, где решались вопросы общегосударственного значения; 3) в 1550 г. был принят новый Судебник, ограничивший права наместников и впервые вводивший наказание за взяточничество; 4) изменилось центральное государственное управление - создана система специализированных приказов; 5) была реорганизована система местного управления; 6) проведена реформа налогообложения; 7)было организовано первое постоянное войско из стрельцов; 8) унифицирована денежная система. Таким образом, проведенная серия реформ повысила централизацию и эффективность управления, оформила государственный аппарат, который до этого времени носил черты великокняжеского правления.

. В период 1565—1572 гг. политика Ивана IV получила название «опричнина». Государство было разделено на две части опричнину — особый государственный удел, где право подменялось произволом монарха, и земщину под управлением Боярской думы. Целями опричнины были: 1) установление неограниченной власти царя; 2) борьба с феодальной аристократией (самостоятельностью боярства); 3) ликвидация остатков феодальной раздробленности (удельных княжений, Новгородской вольницы). Опричнина привела к перераспределению земельных владений среди господствующих сословий и вылилась в массовый террор. Вначале он был направлен против аристократии, а затем против всех остальных слоев общества, и особенно городских. В целом задача, поставленная Иваном Грозным, — сломить сопротивление оппозиции, усилить власть царя - была решена. Опричнина объективно способствовала дальнейшей централизации государства. Но, с другой стороны, она имела губительные последствия для экономического и нравственного состояния общества: 1) экономический кризис в стране; 2) следствием сокращения посевных площадей стал голод (500 тыс. умерших); 3) опричнина, разорив крестьян и стимулировав их бегство, послужила одной из причин принятия первых закрепостительных актов. В 1581 г. был издан указ о заповедных годах, в котором запрещались переходы крестьян. Помещики, потеряв крестьян, пытались получить большой оброк с оставшихся, на долгое время закрепив крестьян за землей.

14. В конце жизни Иван Грозный потерял всех своих сыновей. Вместе со смертью убитого им сына Ивана погибла надежда на достойного преемника на российском троне. Второй сын, Федор, был слабоумным, а третий — Дмитрий — родился лишь в 1582 г. Когда в 1584 г. Иван IV умер, царем был провозглашен Федор, при котором фактически правил Борис Годунов. А после трагической гибели царевича Дмитрия и смерти в 1598 г. бездетного Федора прекратилась династия Рюриковичей на Российском троне. Царем Земский собор избрал Бориса Годунова.

Тема 5. РУССКОЕ ГОСУДАРСТВО В XVII В.

- Смутное время (1598-1613)

- Социально-экономическое развитие России в XVII в.
- Формирование абсолютной монархии в России

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Смутное время (1598—1613) — это период глубокого социально-экономического, политического и духовного кризиса русского общества. Сначала династический кризис — пресечение династии Рюриковичей и борьба боярства за власть. Затем, как результат этой неразборчивой в средствах борьбы с привлечением русских авантюристов и иностранных наемников, — полная потеря государственной власти — государственный кризис. С ослаблением власти нарастал социальный кризис. Он выражался в многочисленных мятежах. В обществе действовал нравственный кризис.

2. Причинами Смуты, по мнению историков, являлись: 1) последствия опричнины Ивана Грозного; 2) стремление различных слоев общества улучшить свое сословное положение; 3) династический кризис; 4) падение нравственности; 5) неурожаи и голод 1,601-1603 гг.; 6) активность казачества в связи с попытками правительства подчинить казацкие земли; 7) иностранная интервенция.

3. Основные события Смутного времени можно разбить на три этапа: 1) 1598-1605 гг. — пресечение династии Рюриков, правление Бориса Годунова, неурожай и массовый голод в стране (1601—1603), нарастание социальной напряженности в России, воцарение Лжедмитрия I; 2) 1606—1610 гг. — царствование Василия Шуйского; крестьянское восстание под руководством И. Болотникова, начало польско-шведской интервенции, появление Лжедмитрия II (по прозвищу Тушинский вор); 3) 1610- 1613 гг. — правление Семибоярщины; действия первого и второго ополчений, освобождавших Москву от польских интервентов; установление новой династии Романовых

4. Последствием событий Смуты во внешней политике было восстановление территориального единства России, хотя часть русских земель оставалась за Речью Посполитой и Швецией. Во внутриполитической жизни государства: дальнейшее ослабление позиций боярства, могущество которого было подорвано в годы опричнины; возвышение дворянства, получившего новые поместья и возможности для окончательного закрепощения крестьян; тяжелые экономические потрясения, финансовые проблемы, что повлекло за собой закрепощение посадского и сельского населения; войны XVII в.

5. Основное значение Смуты состоит в том, что, в отличие от многих других гражданских войн во всемирной истории, она завершилась не установлением нового общественного строя, а восстановлением, реставрацией монархической государственности. В конкретных геополитических условиях того времени был избран путь дальнейшего развития России: самодержавие как форма политического правления, крепостное право как основа экономики, православие как идеология.

6. Несколько десятилетий понадобилось, чтобы преодолеть трагические последствия Смутного времени и вывести страну из кризиса. Восстановление экономики и изменения в ней происходили на фоне сильнейших социальных потрясений, не прекратившихся и после окончания Смуты. Медный, Чумной, Соляной бунты, другие городские восстания, выступления стрельцов, мощное движение под предводительством Степана Разина, выступления, связанные с церковной реформой и расколом, сопровождавшим «бунташный» XVII в. буквально на всем его протяжении: последняя дата в истории Московского государства — Стрелецкий бунт 1698 г.

7. В XVII в. происходил дальнейший рост феодальной земельной собственности, передел земель внутри господствующего класса. Новая династия Романовых, укрепляя свое положение, широко использовала раздачу земель дворянам. В центральных районах страны практически исчезло землевладение черносошных крестьян. Запустение центральных уездов в результате длительного кризиса и оттока населения на окраины явилось одной из причин усиления крепостного права.

8. В сентябре 1648 г. в Москве созван Земский собор, который выработал и принял новый Судебник — Соборное уложение (1649). Уложение закрепило статус, обязанности и привилегии основных сословий, отразило такую социальную тенденцию, как возрастание общественного веса и роль средних служилых слоев. Были расширены права поместных землевладельцев, дворяне получили право наследования поместья, могли обменивать поместья на вотчины. В Уложении по требованию дворян были включены статьи о запрещении расширения церковного землевладения. Одновременно, согласно Соборному уложению, крестьяне окончательно прикреплялись к земле, а посадское население — к посадам. Уложение явилось юридическим оформлением системы крепостничества.

9. В XVII в. наблюдалось перерастание ремесла в мелкотоварное производство. Дальнейшее развитие получили центры металлургии и металлообработки, текстильных изделий, солеварения, ювелирное дело. Все это подготовило базу для появления мануфактур. К концу века в России насчитывалось 30 мануфактур. Но до 90-х гг. XVII в. металлургия оставалась единственной отраслью, где действовали мануфактуры. Кроме частновладельческих мануфактур, основывались казенные, при поддержке государства. Поскольку в стране не было свободных рабочих рук, государство стало приписывать, а позднее разрешило заводам покупать крестьян. Возрастает роль купечества в жизни страны. Большое значение приобрели постоянно собиравшиеся ярмарки: Макарьевская (около Нижнего Новгорода), Свенская (в районе Брянска), Ирбитская (в Сибири), в Архангельске и др., — где купцы вели крупную по тем временам оптовую и розничную торговлю. Наряду с внутренней, росла и внешняя торговля. В XVII в. значительно расширился обмен товарами между отдельными регионами страны, что говорило о складывании всероссийского рынка. Началось слияние отдельных земель в единую экономическую систему.

10. В 1653 г. патриарх Никон, желая укрепить упавший авторитет

церкви, стал проводить реформу. Она началась с исправления богослужебных книг и унификации церковных обрядов. Предметом ожесточенных дискуссий, борьбы стала проблема выбора образцов для таких исправлений. Так Никон отстаивал греческие образцы, другая часть духовенства, во главе с протопопом Аввакумом, — древнерусские. Разлад среди духовенства стал предпосылкой церковного раскола в масштабах страны. Раскол русской церкви отразил в себе изменения, произошедшие в духовной сфере. Общество разделилось на приверженцев новизны и почитателей старины. Реформа русской православной церкви создала духовную основу для прозападных преобразований, которые не замедлили последовать в конце XVII — начале XVIII вв.

11. В последней четверти XVII в. в политическом строе страны отчетливо выступают тенденции оформления абсолютизма: 1) в Соборном уложении была узаконена неограниченная власть самодержца, а также укреплена его победа над церковью, которая до этого времени претендовала на самостоятельную политическую роль; 2) роль Боярской думы и Земских соборов падает: последний Земский собор собирался в 1653 г.; из состава Боярской думы выделились Ближняя дума и Расправная палата, решавшие текучие судебные и административные дела; Алексей Михайлович, не желая зависеть от Боярской думы и руководства приказов, создал личную канцелярию — приказ Тайных дел (он стоял выше всех остальных, так как мог вмешиваться в дела всех государственных учреждений); 3) местничество постепенно отошло в прошлое. Все чаще на важные государственные посты назначили «худородных людей».

12. Внешнеполитический курс России на протяжении XVII в. был нацелен на решение следующих задач: 1) достижение выхода к Балтийскому морю; 2) обеспечение безопасности южных границ от набегов Крымского ханства; 3) возвращение отторгнутых в период Смутного времени территорий; 4) освоение Сибири и Дальнего Востока. Первая задача не была достигнута. Попытка России овладеть побережьем Финского залива в ходе Русско-Шведской войны (1656 - 1658) закончилась неудачно. Вторая задача стала главной во внешней политике России с начала 1670-х гг. Закончившаяся в 1681 г. Русско-Турецко-Крымская война (1676—1681) завершилась признанием права России на Киевские земли. Третья задача решалась Россией на протяжении 1630—1660 гг. Сопровождалась как неудачами в ходе Смоленской войны (1632—1634), так и победами русского оружия на фоне народных восстаний в Белоруссии и на Украине против польских феодалов. Земский собор 1653 г. принимает решение о воссоединении Украины с Россией. В свою очередь Переяславская рада в 1654 г. единодушно высказалась за вхождение Украины в состав России. Начавшаяся война с Речью Посполитой продолжалась 13 лет (1654—1667) и закончилась подписанием «Вечного мира» в 1686 г., по которому к России отошли Смоленщина, Левобережная Украина и Киев. Белоруссия оставалась в составе Польши. Четвертая задача решалась за счет освоения русскими окраин государства и новых земель: была освоена Восточная Сибирь,

Чукотка, Камчатка; Приамурье вошло в состав России.

Тема 6. РОССИЯ В XVIII В.

- Модернизация России в правление Петра I
- Эпоха дворцовых переворотов
- Дворянская империя в 60-90-е гг. XVIII в.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Несмотря на обозначившуюся тенденцию европеизации России в XVII в., в целом она значительно отставала от уровня развития европейских государств. Архаичная политическая, финансовая и военная система Российского государства не позволяла добиваться ощутимых результатов. Для того чтобы на равных бороться с европейскими державами и Османской империей за выход к морям, нужно было заимствовать отдельные достижения Европы. В этих условиях только модернизация жизни России помогла бы войти в круг европейских государств. Первой попыткой модернизации России, связанной с разложением феодализма, явились реформы Петра I.

2. В истории петровских реформ исследователи выделяют два этапа: до и после 1715 г. (В.И. Роденко, А.Б. Каменский): на первом этапе реформы носили хаотичный характер и были вызваны в первую очередь военными нуждами государства, связанными с ведением Северной войны. Проводились в основном насильственными методами и сопровождались активным вмешательством государства в дела экономики (регулирование торговли, промышленности, налогово-финансовой и трудовой деятельности). Многие реформы носили непродуманный, поспешный характер, что было вызвано как неудачами в войне, так и отсутствием кадров, опыта, давлением старого консервативного аппарата; на втором этапе, когда военные действия уже были перенесены на территорию противника, преобразования стали более планомерными. Шло дальнейшее усиление аппарата власти, мануфактуры уже не только обслуживали военные нужды, но и производили потребительские товары для населения; государственное регулирование экономики несколько ослабло, торговцам и предпринимателям предоставлялась определенная свобода действий.

3. Важнейшим направлением преобразований Петра I было реформирование государственно-административной системы страны: а) вместо Боярской думы был учрежден Сенат - высший распорядительный орган по судебным, финансовым и военным делам. Он состоял из дворян, приближенных к царю; б) система приказов была заменена 11 коллегиями с четким разделением функций и коллективным принципом принятия

решений; в) для контроля над деятельностью государственных органов была создана прокуратура во главе с обер-прокурором; г) была реорганизована система местного управления. Страна разделена на 8 губерний во главе с губернаторами. Губернии делились на провинции, провинции на уезды. Городское управление было передано городским магистратам, члены которых избирались из купцов пожизненно; д) упразднено патриаршество и введено государственное управление православной церковью посредством нового органа — Святейшего синода, состоявшего из назначенных царем представителей духовенства; е) изменилась система престолонаследия (Указ 1722 г.), теперь монарх сам назначал себе преемника; ж) в 1721 г. Россия провозглашена империей.

4. В период осуществления петровских реформ произошли изменения в положении социальных групп в социально-сословной структуре общества: а) завершился процесс формирования дворянского сословия; б) издан указ о единонаследии, который юридически уравнял вотчинную и поместную собственность, Наследником недвижимости мог стать только один из наследников, а остальным доставалось движимое имущество (фактический запрет на дробление поместий при наследовании); в) введение обязательной службы для дворян, при которой принцип прохождения («породы») заменен принципом выслуги; г) издание в 1722 г. Табеля о рангах, который разделил все военные и гражданские должности на 14 чинов, теперь прохождение от чина к чину зависело не от знатности рода, а от личных достоинств дворян.

5.Сущность военной реформы Петра 1 состояла в ликвидации дворянского ополчения и организации постоянной регулярной армии с единообразной структурой, вооружением, обмундированием и уставом. Введена рекрутская система на основе сословно-крепостнического принципа. Создан военно-морской флот.

6. В области экономики главным направлением стало создание мануфактур, сначала казной, а затем и частными лицами. Владельцы мануфактур получили право покупать крестьян, но не в личную собственность, а только для работы на данном предприятии (посессионные крестьяне). Возникали новые отрасли: судостроение, стекольное и фаянсовое дело, шелкопрядение, производство бумаги. В области внутренней и внешней торговли господствовала политика меркантилизма и протекционизма.

7. Реформы Петра I в области образования и культуры были направлены на просвещение общества, реорганизацию системы образования: а) была создана сеть школ начального обучения (цифирные школы); б) созданы специальные школы с профессиональной подготовкой: горная, канцелярская, школа переводчиков; в) организованы специальные технические учебные заведения: навигационная, артиллерийская, инженерная, медицинская школы; г) в 1725 г. — в Петербурге открыта Академия наук. Большое значение сыграла реформа гражданского шрифта, что способствовало более массовому потреблению книжной продукции; началось издание газеты «Ведомости». Был реформирован быт господствующего класса по западному образцу: бритье бород, ношение

платьев по иноземным образцам. Упрощен дворцовый быт. Он стал более динамичен: на знаменитых ассамблеях не только пили и плясали, но и решали деловые вопросы. Все культурные преобразования касались только верхов общества.

8. Вся реформаторская деятельность Петра I была тесно связана с активной внешней политикой, борьбой за выход к Балтийскому, Черному и Каспийскому морям.

Первые Азовские походы совершены были еще в конце XVII в.: в 1695 г. — осада турецкой крепости Азов была неудачной, так как не было флота. После строительства 30 кораблей в 1696 г. Азов был взят и основана крепость Таганрог, но в 1710 г. пришлось отдать эти завоевания. Выйти к Черному морю не удалось.

Основные военные действия Петр I вел со Швецией в ходе Северной войны (1700—1721), шла война за Балтику. 30 августа I 1721 г. был заключен Ништадтский мир: к России были присоединены: Эстландия, Лифляндия, Ингрия с Петербургом и I часть Карелии. Это был выход к Балтийскому морю. Россия стала великой морской державой. Был еще Персидский поход (1722—1723), в результате которого удалось получить западный берег Каспия, но вскоре пришлось его вновь отдать.

9. Оценка реформаторской деятельности Петра I далеко неоднозначна. Это был яркий пример реформ «сверху»: а) сделан огромный вклад в превращение России в империю с мощной армией и флотом. В конце своей жизни Петр I назвал Россию империей, хотя это не соответствовало реальности; б) создание промышленного производства способствовало гигантскому скачку производительных сил. Однако форсированное строительство делалось по западному образцу и проводилось жесткими методами, что привело к более грубой эксплуатации, чем даже суровые формы феодальной зависимости. Произошло огосударствление экономики и дальнейшее усиление крепостничества; в) проводимые реформы в области культуры приведи к механическому перенесению культурных стереотипов Запада на русскую почву, что способствовало появлению тенденции подавления национальной культуры.

10. Смерть Петра I в 1725 г. привела к длительному кризису власти, Этот период в нашей истории получил название «дворцовые перевороты». За 37 лет от смерти Петра I до воцарения Екатерины II трон занимали шесть царственных особ, получивших престол в результате сложных дворцовых интриг или переворотов.

11. Дворцовые перевороты были связаны с тремя моментами: 1) указ о наследии престола 1722 г., предоставлявший монарху право назначать наследника, и при каждом новом царствовании возникал вопрос о преемнике престола; 2) переворотам способствовала незрелость русского общества, явившаяся следствием петровских реформ; 3) после смерти Петра I ни один дворцовый переворот не обошелся без вмешательства гвардии. Она была военной и политической силой, наиболее близко стоявшей к власти, четко осознававшей свои интересы при том или ином перевороте. В нее входили в

основном дворяне, поэтому гвардия отражала интересы значительной Части своего сословия.

12. После смерти Петра I гвардейцами на престол была возведена его жена Екатерина I (1725—1727). При ней был создан Верховный тайный совет (А.Д. Меньшиков, Д.М. Голицын и др.). GoBeT удерживал власть и при внуке Петра I - Петре II (1727—1730) до ссылки Меньшикова в 1727 г.

13. Совет превратился в орган старой родовитой знати и после смерти Петра II возвел на престол племянницу Петра I, вдовствующую герцогиню Курляндии Анну Иоанновну (1730- 1740), с условиями ее марионеточной власти. Но прибыв в Москву, получив челобитные дворянства, она демонстративно порвала договор с Верховным тайным советом, упразднила его, передала управление Кабинету министров. Но власть во многом принадлежала фавориту императрицы Бирону и приближенным из прибалтийских немцев. Анна Иоанновна усиливает дворянские привилегии: сокращает срок службы дворян в армии до 25 лет, отменяет обязательное единонаследие, создает привилегированные учебные заведения для дворян, издает указы об исключительном праве дворян на владение землей и крепостными и праве дворян ссылать крестьян в Сибирь. После смерти императрицы престол занял сын ее племянницы Иван Антонович (при регентстве его матери Анны Леонидовны).

14. В 1741 г. гвардейцы, возмущенные засильем немцев, возвели на престол дочь Петра I Елизавету Петровну (1741-1761). При ней была сделана попытка восстановления роли органов правления, созданных Петром I, продолжена его политика на развитие российской промышленности; произошло ужесточение религиозной политики были приняты указы о выселении из России лиц иудейского вероисповедания, о перестройке лютеранских храмов в православные; произошло значительное расширение дворянских льгот (учреждение дворянских заемных банков, предоставление дешевого кредита, монопольное право на винокурение и др.).

15. После смерти Елизаветы Петровны на престол взошел ее племянник Петр III. За шестимесячное царствование Петр III принял 192 указа. Наиболее важным был «Манифест о вольности дворянству» (1762), которым дворяне освобождались от обязательной службы государству, получали возможность жить в своих поместьях, свободно выезжать за границу и даже поступать на службу к иностранным государям. Наступил золотой век дворянства. Была объявлена секуляризация церковных земель в пользу государства, что укрепляло государственную казну (окончательно указ был проведен в жизнь Екатериной II в 1764 г.); произошла ликвидация тайной канцелярии, упразднялись торговые монополии, стеснявшие развитие предпринимательства, провозглашалась свобода внешней торговли. Однако эти меры были задуманы еще в предыдущее царствование и осуществлены по инициативе приближенных к императору сановников. Петр III отрицательно относился ко всему русскому, перекраивание многих порядков по западному образцу оскорбляло национальные чувства русских людей. В результате 28 июня 1762 г. произошел дворцовый переворот и на престол

была возведена жена Петра Ш Екатерина II, а спустя несколько дней он был убит.

16. Внешняя политика русских императоров в период дворцовых переворотов определялась выходами к морям. Война с Турцией (1735—1739) дала России устье Дона с Азовом. Война со Швецией (1741 — 1743) подтвердила приобретения России в Прибалтике. В 1756—1763 гг. шла Семилетняя война России в союзе с Австрией, Францией. Швецией против Пруссии, входе которой русская армия в 1760 г. заняла Берлин и Фридрих II готов был на любых условиях подписать мирный договор, но ставший после смерти Елизаветы Петровны императором Петр 111 заключил в 1762 г. с Пруссией мир, отказавшись от всех завоеваний.

17. Екатерина II, воспитанная на идеях французского просвещения, в первый период своего царствования пыталась смягчить нравы российского общества, упорядочить общественное законодательство, ограничить крепостное право. Ею был написан «Наказ», который должен был служить руководством для будущего законодательного собрания. С одной стороны, в этом документе проводилась мысль о разделении властей и создании элементов правового государства, с другой — в нем не было и речи о ликвидации самодержавия, робко говорилось о смягчении крепостного права. Поскольку идейно эта программа, а следовательно, и внутренняя политика Екатерины основывались на принципах просвещения, то и сам этот период в русской истории получил название «просвещенного абсолютизма».

18. Российский просвещенный абсолютизм характерен такими мероприятиями, в которых были заинтересованы дворяне и государство, но которые в то же время способствовали развитию нового капиталистического уклада. Важной чертой политики просвещенного абсолютизма было стремление монархов ослабить остроту социальных противоречий путем совершенствования политической надстройки.

19. Самым крупным мероприятием просвещенного абсолютизма был созыв Уложенной комиссии в 1767 г. с целью переработки российского законодательства. Но комиссия не смогла разработать новое законодательство Российской империи, так как невозможно было сочетать либеральные идеи «Наказа» с реальностью российской жизни, противоречивыми нуждами и пожеланиями различных групп населения. На свертывание политики просвещенного абсолютизма повлияли два события XVIII в.: Крестьянская война под руководством Е. Пугачева в России и Великая французская революция в Европе.

20. Несмотря на неудачу в составлении Российского законодательства, Екатерина И все же провела ряд реформ в духе просвещенного абсолютизма, особенно в период до 1775 г.: 1) сенат был разделен на 6 департаментов со строго определенными функциями каждого. Во главе их стояли обер-прокуроры, подчинявшиеся генерал-прокурору; 2) был создан императорский совет при императрице из ближайших и влиятельных сановников; 3) в 80-х гг. XVIII в. были ликвидированы коллегии (кроме четырех), замененные губернским правлением; 4) все монастырские земли были переданы

государству; 5) в 1775 г. проведена губернская реформа. Она стала важным этапом в превращении России в унитарное государство путем создания единообразной системы управления всей территории империи; 6) в 1785 г. издана «Жалованная грамота дворянству», определившая статус дворянства и закрепившая все его права и привилегии, полученные к этому времени; 7) в 1785 г. была издана «Грамота на права и выгоды городам Российской империи», по которой все городское население было разделено на шесть категорий, купцы делились на три гильдии; 8) в России было впервые введено бумажное денежное обращение, приведшее в первое время к инфляции и вызвавшее недовольство большинства населения.

21. К концу XVIII в. в социально-экономическом развитии России наблюдается, что, с одной стороны, процесс складывания капиталистических отношений стал необратимым; происходит рост товарно-денежных отношений и разрушается натуральная замкнутость помещичьего и крестьянских хозяйств; увеличивается количество мануфактур, основанных на применении наемного труда; развивается промысловая деятельность; с другой - идет усиление крепостнического гнета, которое характеризуется увеличением барской и уменьшением крестьянской запашки, ростом барщины и оброка, правом помещика ссылать провинившихся крестьян в Сибирь на поселение и на каторгу, распространением крепостничества на Левобережную Украину; как результат кризиса феодально-крепостнической системы, произошла Крестьянская война под руководством Е. Пугачева (1773—1775).

22. В исторических исследованиях нет единства в опенке деятельности Паата 1. Одни историки называют время его правления непросвещенным абсолютизмом», другие - «военно-политической диктатурой». Реформы его носили противоречивый характер. Произошло усиление централизации государственного управления и упразднение элементов самоуправления в губерниях и городах (восстановлены ряд коллегий, ликвидированы управы и городские думы); изменилась система престолонаследия (возврат к допетровским принципам); были ограничены привилегии дворянства (призывы к обязательной службе, установление налога с дворян, введение телесных наказаний); ослаблен крепостной гнет (ограничение барщины тремя днями, запрет на продажу крестьян без земли, массовая раздача казенных земель с крестьянами в качестве пожалований); осуществление финансовой стабилизации (изъятие бумажных ассигнаций из оборота); регламентация и унификация сторон жизнедеятельности общества (запрет на ношение шляп и пр., запрет на ввоз иностранных книг). Следствием непредсказуемости политики императора и ее опасности для дворянской элиты станет последний дворцовый переворот и убийство Павла I 12 марта 1801 г.

23. Задачами во внешней политике второй половины XVJ11 в. были: во-первых, борьба за выход к Черному морю; во-вторых, освобождение от иностранного господства земель Украины и Белоруссии и объединение в одном государстве всех восточных славян; в-третьих, борьба с

революционной Францией в связи с начавшейся в 1789 г. Великой французской революцией; в- четвертых, утверждая свои интересы в европейской политике, Россия стремилась сыграть роль гаранта независимости английских колоний в Северной Америке; соблюдение интересов России в этом регионе — участие в колонизации Северной Америки. В результате: 1) в ходе двух Русско-Турецких войн (1768- 1774 и 1787—1791) Россия получила территории в Северном Примерн Орье, Кабарду, территории между Бугом и Днестром, Очаков и Крым — это был выход к Черному морю; 2) в результате трех разделов Речи Посполитой (1772, 1793, 1795) к России отошли Белоруссия, Правоберсжная Украина, Литва и герцогство Курляндское. Была стабилизирована обстановка на западных границах, получен непосредственный доступ к странам Центральной Европы; 3) вступив в антинаполеоновский союз европейских монархов, где главным партнером России была Англо-российская армия под руководством А.В. Суворова, вместе австрийцами, в трех сражениях в Северной Италии в 1799 г. раз била французские войска, совершила переход через Альпы Швейцарию, но в 1800 г. Павел I заключил союз с Наполеоном разорвал отношения с Англией, отозвав русскую армию Россию; 4) в 1780 г., в период войны североамериканских колоний за независимость, Россия выступила с Декларацией в вооруженном нейтралитете, ограничившей действия британского флота. К Декларации присоединились и другие европейские страны фактически поддержав североамериканские колонии и подняли международный престиж России. Таким образом, благодаря активной внешней политике Россия во второй половине XVIII в стала великой европейской державой. Но в социально-экономическом плане Россия оставалась отсталой страной, что делало ее положение в системе европейской цивилизации нестабильным, противоречивым.

Тема 7 - 8. РОССИЯ В XIX В.

- Внутриполитическое развитие России | в первой половине XIX в.
- Социально-экономическое развитие России в первой половине XIX в.
- Великие реформы Александра II
- Контрреформы Александра III
- Общественная мысль и общественные движения в России XIX в.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. К началу XIX в. Россия оставалась аграрной страной. Более 90% ее населения составляло крестьянство. Сельское хозяйство было основной отраслью экономики страны, носило экстенсивный характер. Сохранялись многочисленные феодальные пережитки. В политической сфере —

абсолютная самодержавная власть; в экономической — помещичье землевладение; в социальной - сословная структура общества, господствующее положение дворянства.

2. Во внутренней политике Александра I характерной чертой царствования становится борьба двух течений — либерального и консервативно-охранительного — и лавирование императора между ними. Исследователи выделяют в царствовании Александра I два периода: 1) 1801—1812 гг. — подготовка реформ 11 и стремление провести широкомасштабные преобразования либеральной направленности; 2) 1814—1825 гг. — во внутренней политике стали преобладать консервативные тенденции.

3. Реформаторская деятельность Александра I (1801-1812): были проведены реформы в области образования, изменение 11 органов центрального управления (реформирован сенат, заменены коллегии министерствами), предприняты попытки решения аграрного вопроса «Указ о вольных хлебопашцах» (1803 — начало крестьянской реформы в Прибалтике). В 1809 г. М.М. Сперанским был разработан проект государственных преобразований, по которому Россия должна была превратиться из самодержавной в конституционную монархию. Александр I одобрил этот проект, но принять его не решился.

4. Внутренняя политика (1814-1825): примерно до 1819 г. наряду с проведением реакционных мер российского самодержавия, усилением цензуры, ограничением самостоятельности университетов, борьбой с общественной мыслью, имели место и некоторые либеральные преобразования: дарована конституция царству Польскому, отменено крепостное право в Прибалтике, велась разработка проекта конституции Н.Н. Новосильцевым. С 1820 г. наблюдается усиление консервативных тенденций. Итогом царствования Александра I стала дальнейшая бюрократизация системы и консервация политического и социально-экономического развития страны.

5. Во внешней политике Александр I стремился укрепить свое влияние в Европе, продвинуться в Закавказье и на Балканы. Союз с Англией был восстановлен. Россия приняла участие в III и IV антифранцузских коалициях. III коалиция распалась после крупного поражения русско-австрийских войск при Аустерлице в 1805 г. IV коалиция была разбита в 1806—1807 гг. Русские войска потерпели поражение под Фридландом в 1807 г. Это вынудило Александра I подписать Тильзитский мирный договор с Наполеоном, по которому к России отходили Белостокская область, из Прусской части Польши образовывалось герцогство Варшавское, Россия присоединялась к континентальной блокаде Англии. В результате Русско-Шведской войны 1808—1809 гг. Россия получила: Финляндию (которая была автономной в составе империи) и Аландские острова. В ходе Русско-Турецкой войны 1806—1812 гг. к России была присоединена восточная часть Молдавии; в Русско-Иранской войне 1804— 1813 гг. к России отошел Азербайджан и она получила право держать флот на Каспии, кроме того, в состав Российской

империи добровольно вошла Грузия. В ночь с 11 на 12 июня 1812 г. французская армия форсировала Неман и вторглась в пределы России — началась Отечественная война 1812 г. — величайшее событие в русской истории. В ходе войны проявились мужество и героизм русских людей, особенно в Смоленском и Бородинском сражениях, боях под Малоярославцев и у реки Березины. Погибло около 2 млн чел. Изгнание французов из России не означало окончания борьбы с Наполеоном. 1813—1814 гг. ознаменовались заграничными походами русской армии. Как итог, в результате решений Венского конгресса 1814 г. Россия получила почти всю Польшу, ее влияние в Европе значительно возросло. В 1815 г. Александром I был создан Священный союз в составе России, Пруссии, Австрии и Англии, целью которого была борьба с любыми революционными проявлениями на континенте и сдерживанием многих народов в искусственных границах, созданных решениями венского конгресса.

6. Время царствования Николая I характеризуется максимальной военизацией, бюрократизацией и централизацией управления. На многие должности были поставлены военные. В армии укреплялась палочная дисциплина, что снижало ее боеспособность. Бюрократический аппарат рос стремительно от 15 тыс. в начале XIX в. до 86 тыс. в 1857 г. Известна фраза Николая I, что «Россией правят столоначальники». Возвращенный на государственную службу М.М. Сперанский кодифицировал законодательство. Реорганизуется «Собственная Его Императорского Величества Канцелярия». Увеличивается количество отделений до шести. Одним из них становится третье — «Высшая полиция», под контроль которого была поставлена вся политическая и духовная жизнь страны. Николай I пытался решить крестьянский вопрос (реформа П.Д. Киселева в государственной деревне; указ об обязательных крестьянах), но помещики проигнорировали эти мероприятия государственной власти.

7. Основные направления внешней политики Николая I - борьба с революцией в Европе и решение восточного вопроса. Для воссоздания Священного союза Николай I готов был идти на ряд уступок в восточном вопросе. Россия одержала победу в войне с Ираном в 1826—1828 гг. и присоединила восточную Армению; Русско-Турецкая война 1828—1829 гг. завершилась присоединением основной территории Закавказья; Молдавия, Валахия, Сербия, а через год Греция получили автономию. В 1833 г. Николай I возобновляет договор о взаимопомощи с монархами Австрии и Пруссии. В 1841 г. Россия подписывает Лондонскую конвенцию, которая устанавливала над Турцией и проливами контроль четырех держав (Англии, России, Австрии, Пруссии). В конце 40-х гг. XIX в. разразился очередной революционный кризис в Европе. Россия приняла участие в подавлении революционных выступлений в Европе. Она превратилась в «жандарма Европы». После разгрома революций опять встал «восточный вопрос», состоящий из трех основных проблем: судьба балканских народов, режим черноморских проливов и судьба самой Османской империи. Николай I рассчитывал на поддержку Англии, но его расчеты не оправдались, и русским

войскам пришлось столкнуться не с ослабевшей Османской империей, а с коалицией стран Европы, которые были не заинтересованы в усилении России на Ближнем Востоке. Как следствие, проиграна Крымская война 1853—1856 гг., подписан Парижский мирный договор (1856), по которому Россия теряла устье Дуная, возвращала Карс в обмен на Севастополь и другие города Крыма и лишалась права иметь да Черном море военный флот и укрепления.

В 1817—1864 гг. Россия завоевала территории горских народов, Кавказа. Наиболее тяжелой была борьба за Чечню и Дагестан, где сложилось теократическое государство — имамат.

8. Александр II после внезапной смерти отца Николая I, проигранной, но, еще не законченной Крымской войной, оказался перед проблемой, продолжать прежний курс или находить пути выхода из острейших ситуаций. Он смог понять насущность коренных преобразований и настоять на проведении их в жизнь. По положению 19 февраля 1861 г. крестьяне становились лично свободными и освобождались с заранее определенным для различных регионов страны минимальным наделом земли. Так Начиналась великая крестьянская реформа.

9. Продолжением отмены крепостного права в России были развитие системы государственных учреждений, земская, городская, судебная, военные реформы. Их основная цель — привести государственный строй и административное управление в соответствие с новой социальной структурой, в которой крестьянство получило свободу.

10. Земская и городская реформы (1864, 1870) создавали органы самоуправления в уездах, губерниях и городах. Прерогативы их ограничивались хозяйственными функциями.

11. Наиболее радикальной была судебная реформа (1864). Она впервые в России вводила гласный, бессословный и независимый от администрации суд, основанный на принципах состязательности сторон. Появились судебные следователи, адвокаты, присяжные заседатели, определявшие виновность или невиновность подсудимого. Для крестьянства сохранялся волостной суд, для духовенства оставался особый (консистория).

12. Реформа в области просвещения (60—70-е гг. XIX в.) провозглашала равенство сословий и вероисповеданий в мужских гимназиях и созданных реальных училищах. Университетам была возвращена автономия. Были учреждены женские гимназии и высшие женские курсы. Восстановлена преемственность высшей и средней ступеней образования.

13. Военная реформа (1874) предусматривала введение всеобщей воинской повинности, отмены телесных наказаний, сокращения сроков службы, были введены новые уставы, открыты юнкерские училища и военные гимназии, где могли учиться выходцы из всех сословий.

14. Реформы 60-70-х гг. XIX в. значительно продвинули Россию по пути экономической и политической модернизации. Однако эра реформ оказалась кратковременной. Реформы не коснулись политического переустройства страны. Сохранились самодержавие и полицейский строй,

унаследованный от прошлых эпох.

15. Гибель Александра II стала окончанием эпохи Великих реформ, наступило время контрреформ «патриархального правления» Александра III. Целью данной политики было восстановление принципа сословности, усиление позиций дворянства во всех сферах жизни общества и усиление правительственной власти на местах. Политика контрреформ не была полностью реализована, вступив в явное объективное противоречие с ходом исторического развития России.

16. Развитие русского капитализма второй половины XIX в. имело ряд особенностей: сохранялась многоукладность промышленности; происходило неравномерное размещение промышленности по территории России и по отраслям; огромную роль в развитии экономики играло государство; фактором, ускоряющим развитие, было внедрение в русскую экономику иностранного капитала; сельское хозяйство развивалась по экстенсивному пути; произошло завершение промышленного переворота за короткие сроки, и были созданы предпосылки к индустриализации.

17. Во внешней политике России во второй половине XIX в. можно выделить три основных направления: 1) европейское - борьба за пересмотр тяжелых условий Парижского мирного дог говора, укрепление позиций России на Ближнем Востоке и Балканах; 2) завершение процесса территориального формирования Российской империи: присоединение Средней Азии и дальнего востока, война на Кавказе; 3) участие России в формировании военно-политических блоков. Новым союзником России в Европе стала Пруссия. Россия поддерживала стремление прусского канцлера О. Бисмарка к объединению германских земель в 1870—1871 гг. В результате А.М. Горчаков добился отмены ограничительных статей Парижского мирного договора о нейтрализации Черного моря. В 1872—1873 гг. был образован «Союз трех императоров» (Россия, Германия, Австрия), опираясь на: который, Россия успешно соперничала с Англией в Средней Азии. В результате в сферу влияния Российской империи попали: Казахстан, Кокандское и Хивинское ханства, Бухарский эмират. В 1885 г. был присоединен Туркменистан, и буфером между английской и русской сферой влияния стал Афганистан. Однако «Союз трех императоров» оказался не прочным это показала - Русско-Турецкая война 1877— 1878 гг., в результате которой был подписан Сан-Стефанский мирный договор, а Сербия, Румыния и Черногория получили независимость; Турция уплачивала России контрибуцию; Карс, Ардаган, Баязет, Бостуж и Южная Бессарабия переходили к России. Однако, под натиском европейских держав Россия согласилась на пересмотр условий договора. Изоляция России во многом была обеспечена Германией. В 1882 г. был создан Германо-Австрийско-Итальянский союз против Англии и Франции. Это заставило Россию искать союзника в лице Франции. Между странами была заключена военная конвенция. В Европе возникли два военно-политических блока.

Россия активизировалась на Дальнем Востоке: в 1855 г. между Россией и Японией был заключен договор о мире и дружбе: он закреплял право

России на северную часть Курильских островов, а остров Сахалин объявлялся совместным владением. С 1875 г. — остров Сахалин считается исключительно российским. В 1860 г. было подписано русско-китайское соглашение, где за Россией закреплялся Уссурийский край. В 1867 г. Аляска была продана США.

18. Первой серьезной попыткой со стороны общества противостоять власти было движение декабристов. Оно возникло среди радикально настроенного дворянства, потерявшего надежду на мирное преобразование России под влиянием идей просвещения, революционных процессов 20-х гг. в Европе. Участники выдвигали идеи буржуазных преобразований в России: введение конституции, отмену крепостного права, ликвидацию сословий и т.д.

19. После подавления движения декабристов появляются новые общественные движения. В 30-40-х гг. XIX в. начинается размежевание трех идейных направлений: радикального, либерального и консервативного. Консерватизм выразился в разработанной министром просвещения С.С. Уваровым теории официальной народности, где отражались идеи о единении, добровольном союзе государя и народа, об отсутствии противоположных классов в русском обществе. Среди оппозиционных правительству либералов сложилось два идейных течения - славянофильство и западничество, где в основном разворачивались дискуссии об историческом пути развития России. Радикально настроенные В.Г. Белинский, А.И. Герцен, Н.П. Огарев, критикуя современное положение России, считали, что необходимо не только догнать Европу, как считали западники, но вместе с ней перейти к принципиально новому строю - социализму. Основой русского социализма, по их мнению, должна была стать крестьянская община. Радикалы считали, что реформы можно провести только революционным путем.

20. Радикальное направление во второй половине XIX в. было представлено выходцами из разных слоев общества, которые стремились представлять интересы рабочих и крестьян. Исследователи выделяют три этапа в их развитии: 60-е гг. - складывание революционно-демократической идеологии (основанной на взглядах славянофилов и идеях А.И. Герцена о русском общинном социализме, к которому можно перейти, по их мнению, минуя капитализм) и создание разночинских кружков; 70-е гг. - оформление народнического направления и деятельность организаций народников; 80-90-е гг. активизация либеральных народников и начало распространения марксизма, на основе которого созданы первые социал-демократические группы, а в марте 1898 г. появляется первая социал-демократическая партия в России - РСДРП.

Тема 9 - 10. РОССИЯ В XX В.

- Россия в начале XX в.: реформы, войны, революции (1900-1917)
- Россия в 1918-1920 гг.: гражданская война, интервенция, политика «военного коммунизма»
- Социально-экономическое и политическое развитие СССР в 1920-1930 гг.
- СССР в годы Великой Отечественной войны (1941-1945)
- СССР во второй половине XX в. (1945-1985): социально-экономическое и политическое развитие
- Советский Союз в 1985-1991 гг. Распад СССР
- Россия в 1990-е гг.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. В начале XX в. Россия оставалась самодержавной монархией. Правительственные органы власти не формировались. Вся законодательная, распорядительная и исполнительная власть концентрировалась в руках императора. Для Николая II было весьма характерно назначать на ответственные посты своих родственников — великих князей Романовых, независимо от их личных качеств и способностей. Постепенно политическая формула «добрый царь - плохое окружение» получала все большее распространение в различных слоях общества.

2. Экономике России в начале XX в. была характерна цикличность - свойство, присущее мировому капитализму (периоды спада и подъема промышленного развития). Развитие российской экономической системы имело ряд особенностей: а) сочетание современной капиталистической промышленности и финансово-банковской системы с отсталым аграрным сектором, сохранившим полукрепостнические формы собственности и методы хозяйствования; б) сохранение самодержавия с его мощным бюрократическим аппаратом; в) относительная слабость российской буржуазии; г) активное вмешательство государства в экономику и складывание системы государственно- монополистического капитализма; д) сравнительно невысокая активность в вывозе капиталов за границу из-за нехватки отечественных капиталов и возможности их вывоза на окраины империи; е) большая доля иностранного капитала, который доминировал в тяжелой промышленности; ж) ускорение процесса монополизации и сращивания промышленного и финансового капитала — образование промышленно-финансовых групп, занявших господствующее положение в экономике.

3. Невзирая на высокие темпы экономического развития, Россия в начале XX в. оставалась среднеразвитой аграрно-индустриальной страной с отчетливо выраженной многоукладностью экономики.

4. Социально-политическая система России в начале XX в. представляла собой сочетание старых элементов, обусловленных сохранением пережитков крепостничества, и новых, вызванных развитием капитализма. С одной стороны, сохранялось привилегированное положение

дворян, владевших лучшей и большей частью земель, занимавших важнейшие посты в государственном аппарате; господство командно-административной системы; отсутствие демократических свобод; малоземелье крестьян, их привязанность к общине и неполноправие; высокая степень эксплуатации рабочих; угнетение народов национальных окраин: отсутствие права получать образование на родном языке, издание национальных газет и журналов; с другой — укрепление экономических позиций буржуазии и рост ее политических амбиций; увеличение численности пролетариата за счет обедневших горожан и обнищавших крестьян, ушедших в город на заработки; усиление роли рабочего движения, его характера и форм; ухудшение материального положения трудящихся из-за мирового экономического кризиса 1900-1903 гг., особенно проявившегося в России.

. К началу XX в. в России сложились следующие группы противоречий: дворянство-буржуазия, дворянство-крестьянство, буржуазия-пролетариат, власть—народ, интеллигенция- народ, интеллигенция—власть, национальные проблемы. Незрелость средних слоев, разрыв «верхов» и «низов» обусловливали нестабильное, неустойчивое состояние российского общества.

6. Важнейшим направлением внешней политики в начале XX в. стало дальневосточное. С 90-х гг. XIX в. начинается активное проникновение российских капиталов в Китай. Это привело к столкновению с Японией, которую поддерживали европейские страны и США, стремившиеся разделить Дальний Восток сферам влияния. Накопившиеся противоречия между Россией и Японией из-за владении в Китае стали главной причиной Русско-Японской войны 1904-1 905 гг. Война имела несправедливый характер с обеих сторон. Япония стремилась к Тихоокеанском регионе под лозунгом «Великой Азии»; Россия вступая в войну, надеялась на патриотический подъем и пыталась отвлечь народ от революции. Война закончилась поражением России. По мирному договору (1905) Россия признавала Корею сферой влияния Японии, Япония получила во владение Южный Сахалин, право рыбного промысла часть русских берегов, а также право на аренду Ляодунского полуострова и Порт-Артур. Влияние России на Дальнем Востоке было подорвано. Поражение в войне стало мощным фактором, ускорившим революцию 1905—1907 гг.

7. Причинами первой буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. стали: нерешенность аграрного, рабочего и национального вопроса, а также противостояние самодержавия и общества, вызванного отсутствием политических свобод и парламента как формы представительной власти.

8. Первую буржуазно-демократическую революцию можно разбить на 3 этапа: 1) 9 января — сентябрь 1905 г. — начало и развитие революции: массовые антиправительственные выступления всех слоев общества по всей территории страны; октябрь—декабрь 1905 г. — высший подъем революции: Октябрьская всеобщая всероссийская стачка, выступления крестьян, восстание в армии и на флоте, образование политических партий,

декабрьское вооруженное восстание в Москве; январь 1906 — 3 июня 1907 гг. — спад и отступление революции: постепенное уменьшение силы стачек рабочих, новый размах выступлений крестьян, продолжение освободительного движения в национальных районах; возникновение парламентаризма в России, деятельность I и II Государственных дум — достижение некоторого ограничения самодержавия.

9. Главным итогом первой русской буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. было изменение социально- политической системы в России; самодержавие было ограничено двухпалатным парламентом; Государственный совет и Государственная дума; введены свободы: слова, партий и союзов, отменена цензура; сократилась продолжительность рабочего дня до 9—10 ч; отменены выкупные платежи с крестьян, начата столыпинская аграрная реформа. Вместе с тем оставался нерешенным аграрный вопрос, сохранялось множество феодальных пережитков и привилегий.

10. После отступления первой российской революции начался непродолжительный период реформирования страны, связанный с именем председателя Совета министров Петра Аркадьевича Столыпина. В основе его реформ лежали изменения в отношениях собственности в деревне. Основной целью столыпинской аграрной реформы являлось создание класса собственников как социальной опоры самодержавия и противника революционных движений. Основными положениями реформы стали: а) разрешение выхода крестьян из общины с правом закрепления в частную собственность принадлежащих им земельных наделов в форме хуторов или отрубов; б) передача крестьянскому банку казенных земель для продажи их нуждающимся крестьянам; в) организация переселенческого движения в Западную Сибирь с целью наделения безземельных и малоземельных крестьян землей; г) широкое строительство сельских школ и вовлечение в систему народного образования огромных масс населения. Однако результаты реформы крайне противоречивы: с одной стороны, ускорился процесс расслоения крестьянства, укрепилась устойчивость сельского хозяйства, его товарность и связь с рынком, стала формироваться сельская буржуазия; с другой, значительная часть крестьянства не приняла реформ, ускорилось разорение крестьянства, уходившего на заработки в город, правительство не обрело в деревне социальной опоры. Реформа не удовлетворила потребности крестьянства в земле и, следовательно, не смогла решить аграрно-крестьянский вопрос. Реформирование страны «сверху» потерпело неудачу, что в конечном итоге предопределило потрясения 1917 г.

11. Причины Первой мировой войны (1914—1918) заключались в противоречиях между ведущими европейскими державами, в обострении их борьбы за сферы влияния. Накануне войны сложилось окончательное противостояние двух блоков держав; Антанты (Россия, Англия, Франция) и Четвертного союза (Германия, Австро-Венгрия, Турция, Италия). Поводом к началу войны послужило убийство австро-венгерского наследника престола Фердинанда в столице Боснии Сараево. Поскольку его убийцей был серб,

Австро-Венгрия обвинила в организации покушения Сербию. 28 июля 1914 г., через месяц после сараевского убийства, Австро-Венгрия объявила войну Сербии. 30 июля 1914 г. в России началась мобилизация. 19 июля (1 августа) 1914 г. Германия объявила России войну, объясняя свой шаг начавшейся в России мобилизацией. В июле-августе в войну вступили Франция и Англия. Таким образом, война приобрела характер мировой. В военные действия постепенно вступили 38 государств с населением около 1 млрд человек. Россия оказалась вынужденной вступить в войну, не завершив перевооружения армии и флота. 1914 г. — военная кампания не принесла успеха ни одной из сторон; 1915 г. — поражение русской армии в военной кампании. Россия потеряла Польшу, часть Прибалтики, Белоруссии и Украины; 1916 г. — основные военные действия разворачиваются на Западном фронте. Май-июнь 1916 г. — Брусиловский прорыв на Юго-Западном фронте против Австро-Венгрии; 1917 г. — поражение русских войск в условиях революции. Переговоры большевиков о мире; 1918 г., март — подписание сепаратного мира в Брест-Литовске с Германией; ноябрь — поражение Германии и ее союзников от Антанты. Однако Первая мировая война так и не смогла разрешить всех противоречий между ведущими капиталистическими странами, что подготовило почву для возникновения нового мирового конфликта.

12. В начале 1917 г. в России назрел новый революционный кризис, который привел к разрушению многовековой российской монархии. Основной причиной событий февраля 1917 г. была незавершенность задач первой буржуазно-демократической революции 1905—1907 гг. (нерешенность аграрного, рабочего, национального вопросов, а также существование самодержавия). Условиями, ускорившими наступление революции, стали: 1) поражения России на фронте, значительные людские потери, усталость населения от войны; 2) кризис власти — «министерская чехарда», падение авторитета царя («распутивщи- на»), противостояние Государственной думы и правительства; 3) хозяйственный кризис; 4) ухудшение материального положения трудящихся; 5) усиление стачечного и антивоенного движения, оппозиции либералов, агитации левых партий. Насущной задачей революции было создание демократической республики и выход из войны. Февральская революция была достаточно скоротечна 18 февраля — 3 марта 1917 г. В ней переплетались и взаимодействовали антифеодальные, антикапиталистические, общедемократические и узкоклассовые интересы. События февральских дней привели к полному крушению самодержавного строя, был открыт путь для демократизации страны. В итоге февральской революции в стране сложилось двоевластие. Оно представляло собою своеобразное состояние государственно политической системы, характеризующееся параллельным существованием и взаимодействием двух властей, опирающихся на разные общественные классы. Реальная сила находилась в руках Петроградского совета рабочих и солдатских депутатов, поддерживаемого армией и вооруженными рабочими. Фактически у власти стояло буржуазное, кадетско-октябристское Временное

правительство.

13. В России к осени 191.7 г. сложилось положение, когда встала главная задача — вопрос о власти: либо власть переходила в руки рабочих и крестьян и создавалось новое правительство, либо в России происходила реставрация монархии. Быструю и решительную победу большевиков в Петрограде 24—26 октября 1917 г. обусловили следующие факторы: экономический и политический кризис в стране; ошибки Временного правительства и умеренных социалистов,просчеты правых сил; популистские лозунги большевиков в ходе борьбы за власть; поддержка большевиков левыми эсерами и анархистами в ходе восстания; поддержка значительной частью Петроградского гарнизона и Балтийского флота; активность большевистских лидеров.

14. Провозгласив на заседании ЦК ВКП(б) 10 октября 1917 г. курс на вооруженное восстание в целях свержения Временного правительства, которое потеряло всякий авторитет в массах, большевики успешно смогли его реализовать. Временное правительство было низложено. Открывшийся 25 октября 1917 г. II Всероссийский съезд Советов был поставлен перед фактом победы восставших. После того как съезд покинули меньшевики, эсеры и представители ряда других партий, его работу возглавили большевики. На следующий день, на втором заседании съезда были приняты: Декрет о мире, провозгласивший;выход России из империалистической войны; Декрет о земле, подготовленный на основе крестьянских наказов и передававший землю крестьянам; Декрет о власти, провозгласивший установление власти Советов. Исполнительная власть передавалась большевистскому правительству — Совету народных комиссаров во главе с В.И. Лениным. Был сформирован новый всероссийский исполнительный комитет - ВЦИК, в который вошли 62 большевика и 29 левых эсеров. Принятые Декреты сначала отвечали надеждам народных масс, и это способствовало победе советской власти на местах.

15. Причинами начала Гражданской войны и иностранной интервенции в России в 1917—1922 гг. были: 1) обострение социально-экономических и политических противоречий в результате смены власти и изменения формы собственности; 2) крах демократической альтернативы страны в связи с разгоном Учредительного собрания большевиками в январе 1918 г.; 3) неприятие политическими противниками большевиков Брестского мира с Германией; 4) экономическая политика большевиков в деревне весной-летом 1918 г.; 5) иностранное вмешательство во внутренние дела России.

16. Существует несколько точек зрения на начало и периодизацию Гражданской войны: 1) начинается с октября 1917 г. (по существу даже раньше), а заканчивается осенью 1922 г., когда белая армия была разгромлена на Дальнем Востоке; 2) начинается с мая 1918 г. и продолжается до конца 1920 г., хотя военные действия продолжались и после 1920 г.; 3) в отличие от обычных войн, она не имеет четких границ - ни временных рамок, ни пространственных. Большинство историков в ходе Гражданской войны выделяют шесть этапов: первый — октябрь 1917 - май 1918 гг.: борьба

пришедших к власти большевиков с силами Керенского, Краснова, Каледина и др., попытка отпора Германской интервенции и Брестский мир; второй - лето- осень 1918 г.: борьба эсеро-меньшевистских сил, чехословацкий мятеж, развитие интервенции Германии; третий - конец 1918 — начало 1919 гг.: окончание Первой мировой войны и конец Германской интервенции, высадка войск Антанты в портах России, начало политики военного коммунизма, установление диктатуры Колчака в Омске; четвертый - весна 1919 - весна 1920 гг.: уход интервентов, победа РККА над армией Колчака на востоке, Деникина на юге, Юденича - на северо-западе; пятый - весна-осень 1920 г.: Советско-Польская война, разгром войск Врангеля в Крыму; шестой - 1921-1922 гг.: ликвидация локальных очагов войны, подавление Кронштадтского восстания, крестьянского движения на Тамбовщине, отрядов Махно, мятежей белоказаков на Кубани, освобождение Дальнего Востока от японцев, борьба с басмачеством в Средней Азии, демобилизация РККА, переход к нэпу.

17. В 1918 г. сложилась своеобразная экономическая и политическая система в Советском государстве в условиях Гражданской войны, которая получила название политики «военного коммунизма». Она была направлена на сосредоточение всех ресурсов страны в руках государства. Главными чертами военного коммунизма являлись: национализация промышленных предприятий, перевод на военное положение оборонных заводов и транспорта, осуществление принципа продовольственной диктатуры через введение продразверстки и запрещение свободной торговли, натурализация хозяйственных отношений в условиях обесценивания денег, введение трудовой повинности и создание трудовых армий. В 1921 г. в условиях мирного сосуществования страны эта политика показала свою несостоятельность и была заменена нэпом.

18. Гражданская война закончилась победой Советского государства и поражением Белого движения. Однако это была трагическая победа.» Погибло, по разным оценкам, от 10 до 15 млн человек. Резко уменьшилась численность наиболее квалифицированных рабочих кадров. Сократилось число интеллигенции. Многие ее представители покинули Россию. Основная часть крупной и средней буржуазии или была уничтожена, или эмигрировала. Были уничтожены помещичьи хозяйства, резко сократилась численность зажиточных крестьян. В глубоком кризисе находилась экономика страны. В политической жизни утвердилась диктатура большевизма, началось становление тоталитарной системы.

19. Новая экономическая политика (нэп) была введена советским руководством в 1921 г., после решения X съезда ВКП(б). Предусматривала выход из экономического и политического кризиса путем возврата к подконтрольной и регулируемой государством частной собственности в промышленности, замене продразверстки продовольственным налогом, провозглашение свободной торговли, использование иностранного капитала в форме концессий и труда батраков в деревне. Главными особенностями нэпа были сочетание административных и рыночных методов хозяйствования; сохранение командных высот в политике и экономике в руках рабочего

класса и его партии. В конце 20-х гг. от нэпа полностью отказались, в связи с накопившимися противоречиями, причинами этого стали: кризисы нэпа (1923, 1925, 1927, 1928); внутриполитическая борьба за власть в 20-е гг. XX в. и победа сторонников свертывания нэпа; самоизоляция советской экономики и отсутствие широких экономических связей с мировым сообществом; противоречия между административными и рыночными методами управления.

20. К 1922 г.- экономические, внутри- и внешнеполитические факторы (стремление коммунистической партии расширить сферу деятельности для социалистического эксперимента; старые хозяйственные связи; необходимость совместной обороны) требовали новых форм отношений между республиками (в 1922 к на территории бывшей Российской империи существовало 9 советских республик, а в РСФСР имелось девять автономных). Летом 1922 г. по решению ЦК РКП(б) начался процесс, объединения советских республик в единое государство. Существовало два варианта объединения: а) вариант И.В. Сталина — «автономизация» советских республик, понимаемая как их автономия в составе единого пролетарского государства, советизация, диктатура пролетариата», решение национального вопроса в ходе преодоления, культурных и экономических различий; б) предложение ;В.И. Ленина о новой форме союзного государства на основе добровольного и равноправного объединения самостоятельных советских республик. Предусматривалось образование федерации посредством заключения с республиками договора, при этом республики сохраняли всю полноту I управлениянвнутренними делами. 30 декабря .1922 г. I съезд Советов СССР принял Декларацию, и Договор об образовании Сот юза Советских Социалистических республик. В. Состав СССР вошли РСФСР, Украинская ССР, Белорусская .ССР. и Закавказская Федерация, включавшая Азербайджан, Армению и Грузию. В январе 1924 г. II Всесоюзный съезд Советов одобрил первую Конституцию СССР. По Конституции СССР представлял собой Федерацию равноправных суверенных государств Однако статья Конституции о полновластии Советов была фикцией, на деле государственная власть концентрировалась в структурах партии, жестко управляемой из центра. Союз сразу же приобрел характер унитарного государства.

21. На XIV съезде, в декабре 1925 г. был провозглашен курева индустриализацию. Была поставлена задача превратить СССР из страны, ввозящей машины и оборудование, в страну, их производящую, затем провести машинизацию всего народного хозяйства и на этой основе добиться ускоренного развития. Главной целью данной политики являлось изменение социальной структуры и ликвидация класса предпринимателей (отход от политики нэпа), упрочение политического господства большевиков. С конца 20-х гг. государство приступило к планированию, начали разрабатываться пятилетние планы, составляемые без учета издержек, которые со временем превратились в твердые задания по производству продукции. В проведении индустриализации отмечались: высокие темпы индустриализации; сжатые

исторические сроки; акцент на развитие тяжелой промышленности в ущерб легкой; осуществление индустриализации за счет внутренних источников накопления (перекачка средств из деревни, займы у населения, усиления налогового бремени за счет эмиссии денег, продажи драгоценных металлов и художественных ценностей, использование труда заключенных и т.д.). В результате индустриализации СССР вышел на второе место в мире по объему промышленного производства. Индустриализация позволила быстро ликвидировать безработицу, но более половины промышленных рабочих было занято тяжелым физическим трудом. Главный итог «большого скачка» — закрепление командно-административных методов управления экономики. Этот период оценивается как промышленное преобразование страны, обеспечивавшее технико-экономическую независимость СССР в сложных внешнеполитических ситуациях.

22. К середине 20-х гг. XX в. положение крестьянства ухудшилось, это было вызвано противоречиями нэпа и начавшейся индустриализации. XV съезд ВКП(б) дал толчок дальнейшему кооперированию крестьянских хозяйств, постановив, что коллективизация должна стать основной задачей партии в деревне. Целями государства в проведении этой политики являлись: а) создание в короткий срок крупных коллективных хозяйств с целью преодоления зависимости государства от единоличных крестьянских хозяйств в деле хлебозаготовок; б) обеспечение индустриализации дешевой рабочей силой за счет массового ухода крестьян из деревни; в) ликвидация кулачества как класса; 4) перекачка средств в промышленность на нужды индустриализации. В 1929 г. в статье «Год великого перелома» И.В. Сталин заявил о необходимости ускорить темпы коллективизации. В этом же году впервые прозвучали слова «сплошная коллективизация». Коллективизация проводилась жесткими методами (принудительность, обобществление крестьянской собственности, партийный и административный произвол, аресты, ссылки и т.д.). Все это вызвало недовольство крестьян. Темпы коллективизации значительно снизились. Крестьяне начали выходить из колхозов и пытались ввести хозрасчет, что было воспринято сталинским руководством как проявление классовой борьбы. Опять началось наступление на колхозы. Из колхозов забирался весь урожай. Результатом такой политики стал страшный голод 1932—1933 гг. В июне 1934 г. правительство заявило о начале последнего этапа коллективизации. К 1937 г. 93% крестьянских хозяйств были вовлечены в колхозы. Насильственная коллективизация привела: к ликвидации слоя зажиточных крестьян; уничтожению частного сектора в сельском хозяйстве; отчуждению крестьян от собственности земли; замедлению темпов роста сельскохозяйственного производства и постоянному обострению продовольственной проблемы в стране.

23. В 30-х гг. окончательно уничтожаются остатки гражданских свобод и формируется тоталитарный режим. Вся экономика огосударствляется, партия сливается с государством, государство идеологизируется. Каждый член общества вовлекается в иерархическую систему организаций: в партию, комсомол, Советы, профсоюзы, ДОСААФ и др., которые выступали в роли

«приводных ремней» партийно-государственного руководства. Население поддерживалось в состоянии повышенной мобилизационной готовности при помощи волн массового террора, судебных процессов над «врагами народа». Система базировалась на неукоснительном выполнении плановых директив и команд центра. Для пресечения недовольства создается карательно-осведомительная система.

24. Главными задачами СССР в 20-е г. XX в. во внешней политике были преодоление дипломатической изоляции и обеспечение безопасности своих границ. В 1919—1920 гг. были заключены договоры с Китаем, Латвией, Литвой, Эстонией, Ираном, Афганистаном, Турцией, Монголией и торговые отношения с Англией и Германией. Однако дипломатических отношений с ведущими державами мира СССР не имела, Политическая блокада с европейскими странами была прорвана в апреле 1922 г. в Рапалло, где был подписан с германской делегацией договор о восстановлении дипломатических отношений на основе взаимного отказа от претензий. 1924—1925 гг. стали «полосой дипломатического признания СССР». Большую роль в росте доверия к СССР сыграл нэп. С целью обеспечения безопасности границ СССР заключает договоры о ненападении с Турцией, Афганистаном, Литвой, Ираном, Германией.

Ориентация на Германию была отличительной чертой советской внешней политики 20-х — начала 30-х гг. Широким было военное сотрудничество между странами. В 1932 г. был заключен Советско-Польский договор о ненападении. Позднее такие же договора были заключены с Францией, Италией, Латвией, Эстонией. Это привело к напряженности в советско-германских отношениях. После прихода к власти Гитлера в 1933 г. СССР начинает ориентироваться на союз с Англией и Францией и делает попытки создания системы коллективной безопасности, направленной против Германии. Однако нежелание западных стран идти на союз с СССР и итоги Мюнхенского соглашения привели к переориентации внешней политики СССР на Германию. В результате, англо-франко-советские переговоры в Москве в августе 1939 г. были провалены, а 23 августа был подписан договор о ненападении между СССР и Германией, который развязывал руки Москве в отношении Финляндии, Латвии, Эстонии и западных территорий Украины и Белоруссии, входивших в состав Польши. 28 сентября 1939 г., по договору «О дружбе и границах» СССР получил Литву в обмен на часть польских земель. Эти территории в 1939—1941 гг. вошли в состав СССР, что явилось основным итогом его европейской политики.

На Дальнем Востоке СССР периодически вступает в вооруженные конфликты (летом 1929 г. — с Китаем, летом 1938 г. - с Японией на реке Халхин-Гол). Советскому Союзу удалось сохранить свои границы. Монголия осталась в сфере влияния СССР.

25. Великая Отечественная война 1941—1945 гг. на сегодняшний день во многом остается белым пятном для историков. Достаточно много возникает дискуссионных проблем: 1) кто развязал Вторую мировую войну?; 2) готовил ли Сталин нападение на Германию?; 3) проблема внезапности

нападения на СССР; 4) причины поражения советских войск весной—летом 1942 г.; 5) проблема движения Сопротивления; 6) потери СССР в годы войны; 7) цена победы СССР в Великой Отечественной войне.

26. Причинами Великой Отечественной войны, по мнению А.П. Деревянко и Н.А. Шабельниковой, были: 1) борьба конкурирующих систем, претендующих на глобальное господство: национал-социализма и коммунизма; 2) стремление Германии завоевать «жизненное пространство», захватив ресурсную базу СССР.

27. В истории Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. выделяют три основных периода: 1) 22 июня 1941 г. — 18 ноября 1942 г. — начальный период войны. Стратегическая инициатива принадлежала вермахту. Советские войска оставили Белоруссию, Прибалтику, Украину, вели оборонительные сражения за Смоленск, Киев, Ленинград. Битва за Москву (30 сентября 1941 г. — 7 января 1942 г.) первое поражение противника. Война приняла затяжной характер. Весна—лето 1942 г. — начало обороны Сталинграда и битвы за Кавказ. Перевод экономики на военные рельсы СССР завершен создана целостная система военной индустрии. Началась партизанская война в тылу врага (Белоруссия, Брянщина, Восточная Украина). Создана антигитлеровская коалиция 2) 19 -ноября 1942 г. — конец 1943 к — период коренного перелома-, окончательного перехода стратегической инициатив к СССР. Разгром немецких войск под Сталинградом (2 февраля 1943 г.), сражение на Курской дуге (июль 1943 г.). Битваэа Днепр— крушение оборонительной стратегии вермахта., освобождение левобережной Украины. Укрепление советской экономики: к концу 1943 г. обеспечена экономическая победа над Германией. Формирование крупных партизанских соединений. В тылу врага появились освобожденные районы. Укрепление антигитлеровской коалиции. Тегеранская конференция 1943 г. — кризис фашистского блока; 3)1944 г. - 9 мая 1945 г. — завершающий период. Освобождение всей территории СССР, освободительная миссия Краснойкармии в Европе (освобождение Польши, Чехословакии, Венгрии и других стран). Разгром фашистской Германии» Конференция в Ялте (февраль 1945 в) и Потсдаме (июль-август 1945 г.); особый период (9 августа — 2 сентября 1945 г.). — война ССОР против Японии, разгром Квантунской армии в Маньчжурии.

28. Цена победы в Великой Отечественной войне выражает сложный комплекс материальных экономических, интеллектуальных, духовных и других усилий государства и народа, Понесенного ими урона, ущерба, потерь и издержек. С одной стороны, за время войны была создана мощная военная промышленность, сформирована индустриальная база; завоеван международный авторитет, СССР вошел в различные международные организации и союзы, значительно расширил сферу политического влияния; в состав СССР вошли Печенгский и Клайпедский районы, Южный Сахалин, Курильские острова, часть Восточной Пруссии; заложена основа для создания «блока социалистических государств» Европы и Азии; открылись возможности демократического обновления мира и освобождение колоний. С

другой стороны, ценой победы стали огромные людские потери - около 27 млн чел.; уничтожена 1/3 национального богатства страны; произошло укрепление сталинского режима; нанесен огромный экологический ущерб; война затормозила экономическое развитие СССР, вынужденного долгие годы восстанавливать народное хозяйство, залечивать физические и моральные раны людей.

29. В СССР в первое послевоенное десятилетие в экономической сфере был принят IV пятилетний план, основной задачей которого было восстановление разрушенного хозяйства и дальнейшее развитие экономики страны. К 1948 г. уровень промышленного производства достиг довоенного; восстановлено и построено 6200 промышленных предприятий; проведена денежная реформа и отменена карточная система (декабрь 1947 г.). Это проводилось за счет «экономии» на сельском хозяйстве, легкой промышленности и социальной сфере, а также репараций с Германии (4,3 млрд долл.). В социально-политической сфере происходит укрепление административно-командной системы и тоталитарно-бюрократической структуры власти; идеологическое закрепощение общественного сознания (проводятся кампании «борьбы с космополитизмом» с целью избавления от интереса и симпатий к Западу, воссоздания образа внутреннего врага); усиливается партийно-государственное давление на творческую интеллигенцию, новый виток репрессий в стране (ГУЛАГ для военнопленных, «Ленинградское дело», «Дело врачей»); культ И.В. Сталина достигает своего апогея.

30. С приходом к власти Н.С. Хрущева в 1953 г. начались заметные изменения в общественно-политической жизни страны. На XX съезде КПСС в феврале 1956 г. Н.С. Хрущев выступил с докладом, разоблачившим культ личности И.В. Сталина. В этом выступлении прозвучала критика культа, но не системы, определялись дозволенные рамки критики деятельности Сталина и сталинщины. И как результат, с одной стороны, в стране протекал процесс политической демократизации: происходит децентрализация системы управления и развития; начинается реабилитация невинно пострадавших жертв сталинских репрессий; реформирование образовательной системы; «оттепель» в литературе, театре, проявление определенной свободы творчества. С другой стороны, продолжала существовать командно-административная система: формируются элементы культа личности Н.С. Хрущева; проводятся репрессии против тех, кто в своей критике не ограничивается дозволенными рамками. В области сельского хозяйства и промышленности реформы Н.С. Хрущева носили непродуманный характер, что сказалось на экономическом и социальном развитии. В 1954 г. было принято решение об освоении целинных и залежных земель. Это был экстенсивный путь развития сельского хозяйства, и первые успехи быстро исчезли. Неудача постигла и проект подъема сельского хозяйства с помощью «царицы полей» кукурузы, и с помощью увеличения в 2—3 раза планов сдачи мяса, что нанесло невосполнимый ущерб животноводству. В промышленности преимущественно развивались оборонные отрасли и

атомная энергетика. Для преодоления сверхцентрализации экономики были созданы совнархозы. Эти бесконечные реорганизации сорвали выполнение VI пятилетки. Выход был найден в разработке 7-летнего плана. Расходы на науку выросли в 6 раз, но НТР вступила в противоречие с командно-административной системой. В начале 60-х гг. XX в. недовольство политикой Н.С. Хрущева охватило многие слои населения, этим воспользовались консерваторы в партийном и государственном аппарате. В октябре 1964 г. происходит смещение Н.С. Хрущева со всех постов.

31. Внешняя политика СССР во второй половине 50-х — начале 90-х гг. XX в. характеризуется не только активностью, но и противоречивостью. После Второй мировой войны выделились два лидера на международной арене — СССР и США. В мире, начиная с 1946 г., возобладала политика «холодной войны», которая привела к резкому обострению взаимоотношений между СССР и США, Востоком и Западом. Началась гонка вооружений, усилилась взаимная враждебная риторика, осуществлялась политика «с позиции силы». Придя к власти, Н.С. Хрущев постарался внести существенные коррективы и в сферу международных отношений. Новые отношения внешней политики были сформулированы им в докладе на XX съезде партии в 1936 г Главными принципами здесь были следующие: признание разнообразия путей построения социализма. возможность мирного сосуществования государств с различным общественный строем. В то же время советское руководство вело постоянную «антиимпериалистическую пропаганду», всемерно помогало коммунистическому и национально-освободительному движениям, исповедовало веру в торжество коммунизма над капитализмом во всемирном масштабе. Во второй половине 60-х первой половине 80-х гг. советская внешняя политика прошла путь от «холодной войны» к разрядке между народной напряженности и до нового витка «холодной войны. В период «перестройки» (1985—1991) была провозглашена внешнеполитическая доктрина советского правительства, получившая название «новое политическое мышление, которая предусматривала: отказ от раскола мира на две враждующие социально-политические системы (капиталистическую и социалистическую), признание его единым и взаимосвязанным; объявление в качестве универсального решения вопросов баланса интересов различных государств; признание приоритета общечеловеческих ценностей над любыми другими (классовыми; национальными, религиозными). Основным направлением во внешней политике СССР стало налаживание взаимоотношений с США. Однако в эти годы руководство СССР часто шло на односторонние уступки Западу н не думало об их дальнейших последствиях для страны.

32. С приходом к власти в октябре 1964 г. Л. И. Брежнева происходит смена политического курса. Пришедшая к руководству страной команда Л.И. Брежнева не имела позитивной программы деятельности. Однако негативная установка существовала, и заключалась она в том, чтобы прекратить бесчисленные преобразования, нарушавшие стабильность существования

бюрократии. Основным стад принцип «стабильности», который означал (в особенности после неудачи хозяйственной реформы, проведенной А.Н. Косыгиным) отказ от каких-либо нововведений в политической, экономической, идеологической и кадровой сферах. В 1977 г. была принята новая Конституция СССР, законодательно закрепившая руководящую роль КПСС в обществе, социализм в СССР провозглашался развитым, и было положено начало разработке теории, защищающей эту идею. Как следствие значительно возросла роль партийно-государственной номенклатуры. Прекратился процесс десталинизации, и начался, в известной мере, процесс ресталинизации. Одновременно открывается новая страница в истории политических процессов: судебной расправе подвергаются инакомыслящие, так называемые диссиденты, выступавшие за соблюдение прав человека и гражданина в СССР. К концу 70-х — началу 80-х гг. XX в. все больше стали проявляться кризисные явления во всех сферах жизни общества: снижение темпов экономического роста, крайне слабое развитие наукоемких отраслей производства (микроэкономики, биотехнологии, информатики); сохранение экстенсивных методов хозяйствования, что во многом способствовало формированию затратной экономики; превращение страны в сырьевой придаток мировой системы хозяйствования (вывоз сырья и закупка продовольствия); формирование «теневой» экономики; снижение жизненного уровня населения; остаточный принцип финансирования сфер медицины, образования, науки, культуры, жилищного строительства; накопление критического потенциала в обществе: сомнения в правильности социалитического пути, выбранного старшим поколением.

33. Л.И. Брежнев умер в ноябре 1982 г. На первую позицию в партийном аппарате выдвинулся Ю.В. Андропов, возглавляющий КГБ. Он был избран генеральным секретарем ЦК КПСС. Его задачей стала борьба с коррупцией, которая захлестнул высшие эшелоны власти. Начинается борьба за укрепление трудовой дисциплины. Тяжелобольной Ю.В. Андропов в феврале 1984 г. умирает. Генеральным секретарем становится К.У. Черненко, при котором усиливается экономический и политический кризис. Международное положение СССР ухудшается.

34. Перестройкой называется период с марта 1985 г. по декабрь 1991 г., когда в СССР были предприняты экономические политические, социальные, правовые и другие реформы, чтобы осуществить «всестороннее совершенствование социализма» и придать ему новый, более привлекательный облик как внутри страны, так и за ее пределами.

35. Предпосылками перестройки являлись: 1) стагнация в экономике, нарастание научно-технического отставания от Запада, провалы в социальной сфере; 2) политический кризис, выразившийся в сращивании партийно-государственной номенклатуры с дельцами теневой экономики и преступностью что привело к формированию в середине 80-х гг. устойчивых мафиозных группировок; 3) субъективной предпосылкой являлся приход к власти относительно молодого поколения поли, тиков, стремившихся не только к укреплению власти, но и вы. ступавших за обновление государства.

36. В истории перестройки некоторые исследователи выделяют четыре периода: 1) март 1985 г. - январь 1987 г. - проходящий под лозунгом «больше социализма»; 2) 1987—1988 гг. - «больше демократии»; 3) 1989-1991 гг., ставший периодом размежеваний и расколов в лагере перестройки; 4) августовский путч и отстранение от власти М.С. Горбачева, распад СССР.

37. Практически все реформы, осуществляемые в ходе перестройки, не были до конца продуманными, а потому и не были доведены до логического завершения, так как не прогнозировались их конечные цели. В итоге экономические реформы не дали положительных результатов. Началось общее сокращение производства в промышленности и сельском хозяйстве. Резко усилилась инфляция. К началу 90-х гг. страна оказалась в полосе острейшего социально-политического кризиса. В политической системе, стремления решить две задачи одновременно, - с одной стороны, модернизировать структуру государственной власти (при помощи удаления из руководства наиболее консервативных функционеров, введения системы альтернативных выборов и тайного голосования по кандидатурам на руководящие посты в партийных органах, введения президентского поста), с другой - сохранить партийную монополию на власть в рамках складывания многопартийной системы в стране - были обречены на неудачу. В стране назревал политический кризис.

38. К невысоким результатам преобразований в стране в ходе перестройки добавился рост национальной напряженности в республиках СССР. Непоследовательность национальной политики порождали многочисленные противоречия в межнациональных отношениях, которые постепенно переросли в открытые конфликты. Декларации о государственном суверенитете приняли Эстония, Литва, Латвия, Азербайджан и др. 12 июня 1990 г. I съезд народных депутатов РСФСР принял Декларацию о государственном суверенитете России. В ней законодательно закреплялся приоритет республиканских законов над союзными. Первым Президентом РФ стал Б.Н. Ельцин. Принятием Декларации о суверенитете союзных республик был поставлен вопрос о дальнейшем существовании СССР. Началась подготовка нового Союзного договора, подписание которого было назначено на 20 августа 1991 г. Но 19 августа 1991 г: часть союзного руководства совершает попытку государственного переворота. Проект предстоящего Союзного договора, означавший утрату контроля над республиками, этих руководителей не устраивал. После подавления путча процесс распада СССР принимает необратимый характер. 21 декабря 1991 г. 11 республик объявили о роспуске СССР. На встрече в Беловежской Пуще Б. Ельцин, Л. Кравчук, В. Шушкевич, а затем на встрече в Алма-Ате руководители бывших Союзных республик (кроме Эстонии, Литвы и Грузии) прекратили действие Союзного договора 1922 г., СССР перестал существовать, а президент M.G. Горбачев ушел в отставку. На территории бывшего Союза возникло Содружество Независимых Государств (СНЕ).

39. В 1991 г. в результате распада СССР на международной

политической арене появилось новое государство — Российская Федерация. В июне 1991 г. всенародным голосованием президентом России был избран Б.Н. Ельцин: После подавления августовского путча и в условиях начавшихся широкомасштабных экономических реформ стал постепенно нарастать конфликт между Верховным Советом РСФСР и президентом РФ. Он приобрел размах подлинной «войны законов», когда практически ни один законодательный акт, ни одно распоряжение двух ветвей власти не выполнялись. Лидеры Совета выступали против шоковой терапии в экономике, оспаривали законность ликвидации КПСС президентом в 1991 г. и т.д. В ходе референдума 1993 г. народ выбрал президентское правление. Однако открытое противостояние и вооруженные столкновения имели место в октябре 1993 т. Президент одержал победу. 12 декабря 1993 г. в результате всенародного референдума была принята новая Конституция РФ, по которой фактически Страна становилась президентской республикой. Срочно были проведены выборы в I Государственную думу и Федеральное собрание. Крупнейшими фракциями в Думе стали ЛДПР (В.В. Жириновский) и КПРФ (Г.А. Зюганов). 17 декабря 1995 г. был выбранн новый парламент, в котором образовалось четыре фракции: КПРФ («ПА. Зюганов), ЛДПР (В.В. Жириновский), блок «Наш дом Россия» (В.С. Черномырдин), блок «Яблоко» (Г.А. Явлинский). В июне 1996 г. прошли выборы Президента России (на этот пост претендовали Б.Н. Ельцин, Г.А. Зюганов, А.И. Лебедь, Г.А. Явлинский, В.В. Жириновский). Б.Н. Ельцину удалось во 2-м туре одержать победу. Серьезной политической проблемой стало реформирование Вооруженных сил. В июле 1996 г. Б.Н. Ельцин поставил задачу по созданию к 2000 г. высоко организованной профессиональной армии. Однако решение такой сложной задачи в условиях слабого финансирования и августовского кризиса 1998 г. стало проблематично. Другой внутриполитической проблемой оставалась борьба с преступностью. В ноябре 1998 г. в Петербурге убита депутат Госдумы Г.В. Старовойтова, усилился экстремизм, национализм. В послании Федеральному собранию 6 марта 1997 г. констатировалось бессилие властей в борьбе с коррупцией, но задача так и не была решена. Глубокий социально-экономический кризис в стране постоянно усугублялся кризисом во властных структурах. Б.Н. Ельцин с августа 1996 г. фактически отошел от дел, ненадолго появляясь на непродолжительное время и осуществляя кадровые перестановки; перестал владеть ситуацией в стране. С марта 1998 г. сменилось пять Председателей Правительства РФ (В.С. Черномырдин, С.В. Кириенко, Е.М. Примаков, С.В. Степашин, В.В. Путин). На этом фоне 19 декабря 1999 г. прошли выборы в III Государственную думу, где большинство голосов набрали КПРФ и движение «Единство» («Медведь»). 31 декабря 1999 г. Б.Н. Ельцин досрочно ушел в отставку, передав руководство В.В. Путину, который 26 марта 2000 г. избран Президентом РФ.

40. В конце 1991 г. Россия была вынуждена приступать к радикальным экономическим преобразованиям, так как страна оказалась в тяжелейшем финансовом кризисе. Попытка властей частично замаскировать инфляцию

государственным контролем над ценами лишь усиливали дефицит и вели к расцвету черного рынка. 1 января 1992 т. правительством, которое возглавлял Е. Гайдар, был принят набор монетаристских мер, так называемая шоковая терапия: ограничение совокупности спроса с помощью удорожания кредита и урезания бюджетных средств, приватизация государственных предприятий. Основным мероприятием социально-экономической политики этого периода явилась либерализация цен. Предполагалась, что данные меры способны в достаточно короткий срок сбить инфляцию и создать предпосылки для восстановления хозяйственного роста на рыночной основе. Но следствием этой политики явилось падение материального благосостояния людей в связи с ростом инфляции в стране (за год рост произошел в 100—150 раз), недовольство и недоверие масс к правительственному курсу. После отстатки правительства Е. Гайдара, с конца 1992 г. началась массовая приватизация, которая проходила в два этапа: 1) 1992—1993 гг. — безвозмездная передача гражданам части государственной собственности стоимостью 10 тыс. руб. путем выдачи приватизационного чека; 2) с осени 1994 г. — приватизация государственных предприятий путем прямого акционирования и начало продажи акционерных предприятий. Последствиями приватизации стало: с одной стороны, произошел крупномасштабный обман народа, с другой — почти все лучшие предприятия оказались в руках небольшой группы московских «уполномоченных» банкиров. Следствием приватизации стал рост экономической преступности, злоупотреблений и коррупции. В результате основная часть национального достояния оказалась в руках 10% населения. Началось разрушение колхозов и совхозов, из которых стали выделяться фермерские хозяйства.

41. В 1994—1998 гг. правительством предпринимаются меры по сдерживанию спада производства и падению эффективности экономики, которые включали: 1) ограничение и отмена централизованного распределения сырья и ресурсов; 2) отмена государственных дотаций убыточным предприятиям; либерализация внешней торговли, расширение импорта потребительских и продовольственных рынков; 4) свободная конвертация рубля; 5) крупномасштабные внешние займы; 6) неконтролируемый вывоз материальных ценностей за рубеж. Результатами проводимой политики были: а) развал военно-промышленного комплекса и бюджетных сфер; б) спад промышленного производства в стране; в) падение спроса на отечественную продукцию; г) деиндустриализация: промышленное производство все более приобретало черты топливо-энергетической и сырьевой ориентации; д) падение сельскохозяйственного производства; е) имущественная дифференцация и скрытая безработица; ж) полная зависимость российской экономики от Запада в лице международных финансовых организаций; з) нарушение экономических связей между регионами страны и распад единой народнохозяйственной структуры; и) рыночные отношения приобрели откровенно криминальный характер. В 1998 г. правительство В.С, Черномырдина предприняло ряд мер в целях выхода из финансового кризиса. С 1 января 1998 г. прошла деноминация введены

новые российские деньги, уменьшенные по поминалу в 1000 раз, в обращение вновь вернулась копейка. Однако экономика по-прежнему катастрофически разрушалась. 23 марта правительство Черномырдина отправлено в отставку, и новым премьер-министром стал С.В. Кириенко. 17 августа 1990 г. С.В. Кириенко выступил с заявлением о прекращении выплат по обязательствам государства и моратории на выплату долго зарубежным банкам (дефолт — отказ от принятых ранее на себя обязательств). Как следствие, отставка правительства, высокая инфляция (до 60%) и рост цен. Наступил крах рыночной инфраструктуры и кризис банковской системы и рынка ценных бумаг. В последующее время одно за другим менялись правительства Е.М. Примакова, С.В. Степашина, В.В. Путина. Им удалось несколько стабилизировать экономическую и политическую ситуацию в стране.

42. Экономические и политические проблемы усложнялись серьезными негативными явлениями в отношениях между центром и национальными окраинами. Некоторые субъекты РФ, провозгласив себя суверенными, приняли конституции, в которых были значительные отклонения от Конституции РФ. Особенно напряженно сложились отношения Центрального правительства и Чечни. В конце 1991 г. руководство Чечни объявило о создании независимой Чеченской республики Ичкерия. Внутри самих чеченцев началась борьба за сферы влияния, которая при вмешательстве федеральных властей и силовых структур вылилась в 1994 г. в гражданскую войну. 11 декабря 1994 г. началась операция федеральных войск, превратившая внутричеченский конфликт в полномасштабную войну с многочисленными человеческими жертвами. В конце 1996 г. неожиданным результатом завершились военные действия в Чечне. По заключенному договору российские войска были выведены из Чечни, и там начались преследования тех, кто поддерживал российское правительство. В январе 1997 г. Президентом Чечни избран А. Масхадов. В мае в Москве Б.Н. Ельцин и А. Масхадов подписали Договор о мире и принципах взаимоотношений между РФ и Чеченской республикой Ичкерией. Однако напряженность оставалась, продолжались захваты заложников. Ситуация обострилась осенью 1999 г.: 4 сентября взорван жилой дом в г. Буйнакске; 9 сентября в г. Москве на улице Гурьянова; 13 сентября взорван дом на Каширском шоссе; 16 сентября жилой дом в Волгодонске. В течение этого периода контакты Москвы и Чечни были свернуты. В качестве ответной меры российское правительство во главе с В.В. Путиным приняло решение использовать в борьбе с террористами силовые методы. Началась вторая чеченская кампания. После завершения в 2000 г. активной фазы боевых действий и назначения в июне 2000 г. муфтия Чечни А. Кадырова главой временной администрации, сопротивление боевиков перешло в фазу террористической войны. В 2000—2003 гг. федеральный центр предпринял меры по нормализации политической и экономической ситуации в республике. В марте 2003 г. в ходе референдума жители Чечни приняли новую конституцию, в которой оговорено, что Чеченская республика является частью Российской Федерации. В этой конституции республике

предоставляются широкие полномочия в пределах российского законодательства. В октябре 2003 г. прошли выборы президента Чеченской республики, на которых победил А. Кадыров. В целом федеральный центр сделал ставку на решение проблем этой республики силами чеченских лидеров, а не насаждением представителей из Москвы. С другой стороны, власти России не отказались от ведения переговоров с лидерами боевиков в 2001 г., но они оказались безрезультатными. С осени 2002 г. боевики развернули активную террористическую войну: захват зрителей мюзикла «Норд-Ост» в г. Москве (23 октября 2002 г.); декабрь 2002 г. — взорван дом правительства в г. Грозном; июль 2001 т. — взрыв на рок-фестивале в Тушино; февраль 2004 г. —взрыв поезда метро в Москве; 9 мая 2004 г. в результате теракта погиб глава Чечни — А. Кадыров;. 1 сентября 2004 г. захват школы в г. Беслане. С 2005 г. обстановка в Чеченской республике стабилизируется. Избранный в марте 2007 г. президентом Чеченской республики Р. Кадыров проводит политику по интеграции боевиков, не запятнанных себя тяжкими преступлениями, общество и параллельно ведет войну на уничтожение лидеров боевиков. В июле 2006 г. уничтожен лидер всего террористического подполья на Северном Кавказе Ш. Басаев, ранее был ликвидирован А. Масхадов.

43. Основными направлениями политики Президента В,В. Путина в 2000—2008 гг. стали: в политической сфере — укрепление вертикали государственной власти и достижение политической стабильности в обществе, для чего были созданы 7 федеральных ок лями президента; изменен принцип формирования верхней па- латы Федерального собрания - Совета Федерации - и превращение его в, постоянно действующий законодательный орган; создание Государственного совета РФ как совещательно-консультативного органа глав субъектов РФ при Президенте РФ; осуществление административной реформы; изменение избирательного законодательства (выборы в ГД по пропорциональной системе, изменен, порог явки на выборы и т.д.). В социально- экономической сфере: продолжение курса на либерализацию экономики, Ослабление бюрократической опеки и контроля со стороны государства за предпринимательской деятельностью, принятие мер, направленных на поддержку малого и среднего бизнеса; Сокращение налогового бремени, введение 13%-ного подоходного нрлогй; проведение социальных реформ (пенсионной, монетизации льгот, здравоохранения); начало проведения и финансирования национальных проектов: «Здоровье», «Качественное образование», «Доступное и комфортное жилье», «Развитие агропромышленного комплекса». В сфере международных отношений: принятие новой концепции внешней политики России, исходя из многополярной системы международных отношений; развитие партнерских отношений со всеми странами мира; поддержка западных стран в борьбе с терроризмом. Среди итогов проведения такой политики можно выделить: восстановление единства России; отражение угрозы со стороны сепаратизма; восстановление экономики страны после затяжного кризиса 1990-х гг.

(реальные доходы граждан за 8 лет увеличились в 2,5 раза и превысили уровень 1990 г., по размеру своей экономики Россия заняла седьмое место в мире); погашена значительная часть государственного долга; наблюдался рост ВВП; Россия стала занимать место полноправного партнера в мировой политике. В марте 2008 п Президентом РФ был избран Д.А. Медведев.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине
ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность:
21.05.04 Горное дело

Специализация №4
Маркшейдерское дело

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков и деловой коммуникации
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 6 от 17.04.2019 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)

Екатеринбург
2019

Содержание

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

Цель и задачи дисциплины

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

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:

общепрофессиональные:

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

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

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

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

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

Знать:

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

Уметь:

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

профессионального общения;

Владеть:

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

Требования к оформлению контрольной работы

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

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

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

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

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

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

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

Таблица №1

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

Содержание контрольной работы №1

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

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

Распределение выше указанных тем в учебнике:

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

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

Таблица №2

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

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

Вариант №1

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

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

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

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

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

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

B: She had an argument with her friend today.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Контрольная работа
Вариант №2

Задание 1. Заполните пропуск, выбрав один вариант ответа.

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

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

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

Задание 2. Выберите правильную форму глагола.

Пример: A: I have a Physics exam tomorrow.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Задание 5. Подчеркните правильный вариант ответа.

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

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

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

Контрольная работа
Вариант № 3

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

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

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

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

Задание 2. Поставьте в предложения подходящие по смыслу фразы:

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

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

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

Задание 3. Переведите следующие предложения на английский язык.

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

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

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

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

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

Задание 5. Задайте вопросы к предложениям.

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

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

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

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

НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК

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

Пример: Mein Bruder ... Arzt geworden

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

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

Задание 2. Вставьте подходящее вопросительное слово.

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

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

Задание 3. Заполните пропуски возвратными местоимениями в нужной форме.

Пример: Wo wohnen d**eine** Eltern?

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

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

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

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

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

Пример: Sie wohnen in Berlin.

Ответ: Wo wohnen Sie? Wer wohnt in Berlin?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по

теме «Вопросительные предложения».

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Задание 4. Выберите правильную форму глагола:

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

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

Задание 5. Ответьте на следующие вопросы:

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

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

Содержание контрольной работы №2

для заочной формы обучения

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

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

Распределение выше указанных тем в учебнике:

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

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

Таблица №2

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

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

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

Вариант №1

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

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

Варианты ответов:

1) Yes, I am having a rest.

2) Sorry, but I don’t.

3) No, sir. Where do you wish me to take you?

4) Yes, thank you.

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

Задание 2. Перепишите предложения в страдательном залоге.

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

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

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

Пример: Can you help me?

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

Задание 4. Употребите правильную форму глагола в пассивном залоге.

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

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

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

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

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

Вариант №2

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

Пример: The … of shafts is very expensive.

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

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

Задание 2. Выберите подходящую форму глагола в каждом предложении.

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

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

Задание 3. Выберите из скобок требующуюся форму причастия.

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

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

Задание 4. Перепишите предложения в страдательном залоге.

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

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

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

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

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

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

Вариант №3

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

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

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

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

Задание 2. Выберите из скобок требующуюся форму причастия.

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

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

Задание 3. Раскройте скобки, употребляя требующуюся форму инфинитива.

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

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

Задание 4. Перепишите предложения в косвенной речи.

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

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

Задание 5. Переведите на английский язык.

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

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

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

НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК

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

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

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

Задание 2. Вставьте правильное окончание глаголов.

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

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

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

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

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

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

Пример: Nein, ich spreche kein Französisch.

Sprechen Sie Französisch? / Sprichst du Französisch?

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

Задание 5. Составьте вопросы и ответьте на них.

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

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

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Выберите правильный вариант ответа

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

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

2) Voici ma carte de visite.

3) Enchanté, je suis Robert Dupont.

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

Задание 2. Замените инфинитив формой Futur simple или Présent:

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

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

Задание 3 Поставьте глаголы в Imparfait:

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

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

Задание 4. Поставьте глаголы в Conditionnel présent или Imparfait:

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

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

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

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

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

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

Выполнение работы над ошибками

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

Критерии оценивания контрольной работы

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

Результат контрольной работы

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

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

Образец оформления титульного листа



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

Кафедра иностранных языков и деловой коммуникации

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

по дисциплине
ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность:
21.05.04 Горное дело

Специализация №4
Маркшейдерское дело

формы обучения: очная, заочная

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа МД-18

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

Екатеринбург
2018

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация №4
Маркшейдерское дело

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков и деловой коммуникации
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 6 от 17.04.2019 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

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

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

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

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

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

Тематика общения:

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

Проблематика общения:

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

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

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

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

1.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My family

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

My student's life

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

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

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

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

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

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

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

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

My flat

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.3 Систематизация грамматического материала:

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

Порядок слов в английском предложении

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

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

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

I	II	III Дополнение	IV

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

Вопросительное предложение

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

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

Общие вопросы

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

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

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

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

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

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

Примеры с модальными глаголами:

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

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

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

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

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

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

Ответы на общие вопросы

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

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

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

Например: Are you a student? - Ты студент?

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

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

Специальные вопросы

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

Специальные вопросы могут начинаться словами:

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

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

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

how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

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

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

Вопрос к прямому дополнению:

What are you reading? Что ты читаешь?

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

Вопрос к обстоятельству

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

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.

When will he come back? – Когда он вернется?

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

Where are you from?

Вопрос к определению

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

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

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

Вопрос к сказуемому

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

What does he do? Что он делает?

Специальные вопросы к подлежащему

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

who – кто (для одушевленных существительных)

what - что (для неодушевленных существительных)

The teacher read an interesting story to the students yesterday.

Who read an interesting story to the students yesterday?

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

Альтернативные вопросы

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

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

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

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

Разделительные вопросы

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

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

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

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

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

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

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

Выполните упражнения на закрепление материала:

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

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

2. Write the short form of the following negative questions

1 Can they not decide where to go on holiday?

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

2 Did Claire not invite you to her party?

3 Do you not enjoy watching horror films?

4 Have you not finished your homework yet?

5 Can she not go to town on her own?

6 Does he not know where we live?

7 Has Sue not done the shopping for you?

8 Did he not give you any details?

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

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

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

B: Cairo.

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

B: In the Louvre, in Paris.

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

B: Charles Dickens.

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

B: Every four years.

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

B: I think it was in 1939.

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

B: Eleven.

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

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

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

1. '...*Which*... is your jacket?' 'It's the red one.'
2. '…is your birthday?' 'It's next week.'
3. '… is Mary?' 'She's in her bedroom.'
4. '… have you been waiting?' Only five minutes.'
5. '… do you go shopping?' Once a week.'
6. '… are you doing at the moment?' I'm watching TV.'
7. ' … are you writing to?' 'Uncle Tom.'
8. '…do you start work?' At nine o'clock in the morning.'
9. '… pieces of toast do you want?' Two, please.'
10. '… isn't she at work today?' Because she's ill.'
11. '… did you spend last month?' About £500.'
12. ' … party are you going tonight?' 'Alison's'

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10. Complete the questions.

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

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

Безличные предложения

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

Безличные предложения используются для выражения:

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

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

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

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

Местоимение. The Pronoun.
Классификации местоимений.

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

I. Личные (personal) местоимения

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

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

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

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

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

II. Притяжательные (possessive) местоимения

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

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

III. Указательные (demonstrative) местоимения

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

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

Местоимения some, any, every, и их производные

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

Производные от неопределенных местоимений

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

Thing используется для неодушевленных (что-то):

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

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

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

V. Количественные (quantifiers) местоимения

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

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

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

few	a few

VI. Возвратные (reflexive) местоимения

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

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

VII. Взаимные (reciprocal) местоимения

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

VIII. Относительные (relative) местоимения

Who (whom), whose, which, that

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

IX. Определительные (defining) местоимения

all

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

both

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

either/neither

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

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

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

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

X. Вопросительные (interrogative) местоимения

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

Имя существительное. The Noun

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

Выполните упражнения на закрепление материала:

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

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

2. Fill in the gaps with there or it.

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

3. Fill in the gaps with one or it.

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

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

4. Fill in the correct possessive adjective or pronoun.

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

5. Fill in its or it's.

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

6. Fill in a possessive adjective or the.

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

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

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

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

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

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

9. Rewrite the sentences using the correct possessive form.

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

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

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

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

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

The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

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

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

Особые случаи образования множественного числа

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

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

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

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

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

Общий падеж

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

Притяжательный падеж. The Possessive Case
Образование притяжательного падежа

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

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

my mother’s book - мамина книга,

this girl’s bail - мячик девочки,

the bird’s house - домик птички

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

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

Выполните упражнения на закрепление материала:

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

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

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

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

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

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

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

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

5. Underline the correct word.

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

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

6. Finish the sentences, as in the example.

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

Артикль. The Article

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

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

2. Определенный the (может использоваться с любыми существительными)

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

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

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

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

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

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

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

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

Использование неопределенного артикля a

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

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

Использование определенного артикля the

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

Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний

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

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

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

Случаи, когда артикль не употребляется

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

местоимение	

ГЛАГОЛ (THE VERB)

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

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

По своей структуре глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

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

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

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

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

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

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

to carry out - выполнять
to sit down - садиться

По значению глаголы делятся на смысловые и служебные.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Глагол “to be”

A: Are you from England?
B: No, we aren't. We're from China.
He's Tom and she's Helen. They are friends.

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

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

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

WAS/WERE

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

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

ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE

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

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

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

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

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

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

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

Конструкция There was/There were

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

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

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

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

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

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

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

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

Глагол Have got

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

Have (got) используется:

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

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

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

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

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

Had

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

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

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

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

Имя прилагательное. The Adjective

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

Образование имен прилагательных

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**

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

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

Суффиксальное образование имен прилагательных

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

Приставочный способ образования имен прилагательных

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

Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing

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

Степени сравнения прилагательных

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

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

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

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

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

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

1. -er. -est

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

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

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

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

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень

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

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

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

larg**e – larg**er **- the** larg**est /** большой – больше – самый большой

brav**e – brav**er **– the** brav**est /** смелый – смелее – самый смелый

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

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

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

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

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

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

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

2. more, the most

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

Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

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

Особые формы

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

3. less. the least

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

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

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

Другие средства сравнения двух предметов или лиц

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

Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:

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

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

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

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

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

Числительное. The numeral

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

126 – one hundred twenty six

1139 – one thousand one hundred and thirty nine

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

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

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

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

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

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

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

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

Как читать даты

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

ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)

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

1/7- one seventh одна седьмая

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

2/4 - two fourths - две четвертых

2/3 -two thirds - две третьих

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

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

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

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

4.25 four point twenty-five; four point two five

0.43 nought point forty-three; nought point four three

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

2/3 metre- two thirds of a metre

две третьих метра

0.05 ton - nought point nought five of a ton

ноль целых пять сотых тонны

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

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

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

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

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

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

Тематика общения:

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

Проблематика общения:

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

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

The Ural State Mining University

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

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

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

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

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

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

Each faculty trains mining engineers in different specialities.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.3 Систематизация грамматического материала:

1. Образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Образование видовременных форм глагола в активном залоге

Present Simple употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,

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

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

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

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

Present Continuous употребляется для выражения:

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

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

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

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

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

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

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

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

Например: I don't know his name.

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

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

Present perfect употребляется для выражения:

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

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

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

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

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

Present perfect continuous употребляется для выражения:

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

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

Примечание.

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

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется.

Например: He has been living/has lived here since 1994.

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

Выполните упражнения на закрепление материала:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

14 A: What are you doing?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dear Connie,

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

Anyway, write soon.

Love, Mum

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

Jack: Hi, Jill. Where's Paul?

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

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

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

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

Jill: When is she coming back?

Jack: They'll all be back next weekend.

6. Choose the correct answer.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7. Underline the correct tense.

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

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

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

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

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

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

8 A: … (you/do) your homework yet?

B: Almost; I … (do) it now.

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

Dear Nick,

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

See you soon,
James

Past simple употребляется для выражения:

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

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

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

They cooked the meal first.

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

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

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

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

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

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

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

Past continuous употребляется для выражения:

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

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (snorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

Past perfect употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,
They had done their homework before they went out to ptay yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to ptay.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом,
She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.
(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) ЛИ isn 't at home. She has gone out. (Сечас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous. Which was the longer action in each sentence?

1. They ...*were cleaning*... (clean) the windows when it …*started*... (start) to rain.
Cleaning the windows was the longer action.
2. As he … (drive) to work, he … (remember) that his briefcase was still at home.
3. Melanie … (cook) dinner when her husband … (come) home.
4. I … (hear) a loud crash as I … (sit) in the garden.
5. She … (type) a letter when her boss … (arrive).
6. While the dog … (dig) in the garden, it … (find) a bone.
7. Mary … (ride) her bicycle when she … (notice) the tiny kitten.
8. While I … (do) my homework, the phone … (ring).

2. A policeman is asking Mrs Hutchinson about a car accident she happened to see yesterday. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.

P: What 1) ...*were you doing*... (you/do) when you 2) … (see) the accident, madam?
H: I … (walk) down the street.
P: What exactly 4) … (you/see)?
H: Well, the driver of the car 5)… (drive) down the road when suddenly the old man just 5) … (step) in front of him! It 6) … (be) terrible!
P: 8) … (the driver/speed)?
H: No, not really, but the old man 9) … (not/look) both ways before he ... (try) to cross the road.
P: 11) ... (anyone else/see) the accident?
H: Yes, the lady in the post office.
P: Thank you very much.

3. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.

A As soon as Margaret 1) ...*got*... (get) off the train, she 2) … (pull) her coat around her. Rain 3) … (fall) heavily and a cold wind 4) … (blow) across the platform. She 5) … (look) around, but no one 6)

… (wait) to meet her. She 7) … (turn) to leave when she 8) … (hear) footsteps. A man 9) … (walk) towards her. He 10) … (smile) at her, then he 11) … (say), 'You're finally here.'

B George 1) … (pick) up his bag then, 2) … (throw) it over his shoulder. It 3) … (get) dark and he 4) … (have) a long way to go. He wished that he had let someone know that he was coming. It 5) … (start) to rain, and he was feeling cold and tired from the long journey. Suddenly, he 6) … (hear) a noise, then he 7) … (see) two bright lights on the road ahead. A car 8) … (head) towards him. It slowed down and finally 9) … (stop) beside him. A man 10) … (sit) at the wheel. He 11) … (open) the door quickly and 12) … (say) 'Get in, George.'

C Andy 1) … (step) into the house and 2) … (close) the door behind him. Everything 3) … (be) quiet. His heart 4) … (beat) fast and his hands 5) … (shake) as he crept silently into the empty house, but he was trying not to panic. He soon 6) … (find) what he 7) … (look) for. He smiled with relief as he put on the clothes. The men who 8) … (follow) him would never recognise him now.

4. Imagine that you were present when these things happened, then, in pairs, ask and answer questions, as in the example.

SA: What were you doing when the burglar broke in?
SB: I was watching TV.
SA: What did you do?
SB: I called for help.

1 The burglar broke in.
2 The storm broke.
3 The lights went out.
4 The boat overturned.
5 The earthquake hit.
6 The building caught fire.

5. Rewrite each person's comment using used to or didn't use to.

1 Sally - 'I don't walk to work any more.'
I used to walk to work.
2 Gordon - 'I've got a dog now.'
3 Lisa - 'I don't eat junk food any more.'
4 Jane - 'I go to the gym every night now.'
5 Paul - 'I'm not shy any more.'
6 Edward - 'I live in a big house now.'
7 Helen - 'I haven't got long hair any more.'
8 Frank - 'I eat lots of vegetables now.'

6. Choose the correct answer.

1 'I find it hard to get up early.'
'You ...*3*... to getting up early once you start working.'
A are used
B will get used
C were used

2 'Do you often exercise now?'
'No, but I … to exercise a lot when I was at school.'
A used
B will get used
C am used

3 'Aren't you bothered by all that noise?'
'No, we … to noise. We live in the city centre.'
A were used
B will get used

C are used

4 'Does your sister travel a lot?'
'No, but she … to before she got married.'
A didn't use
B used
C wasn't used

5 'I don't like wearing a suit every day.'
'Don't worry, you … to it very soon.'
A are used
B will get used
C were used

6 'Sandra … to using a computer, but now she enjoys it.'
'It's a lot easier for her now.'
A isn't used
B will get used
C wasn't used

7 'Do you remember the things we … to do when we were kids?'
'Of course I do. How could I forget what fun we had!'
A used
B were used
C got used

8 'Do you like living in the city?'
'Well, I … to it yet, but it's okay.'
A am not used
B wasn't used
C am used

7. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the correct form. Use each verb twice.

wash, walk, play, work

1 I used to ...*work*... in a shop, but now I work in an office.
2 I can't concentrate. I'm not used to … in such a noisy office.
3 Tom lived in the country for years. He used to … miles every day.
4 I'm exhausted. I'm not used to … such long distances.
5 Mary used to … her clothes by hand, but now she uses a washing machine.
6 We haven't got a washing machine, so we're used to … our clothes by hand.
7 The children are bored with the bad weather. They're used to … outside.
8 When we were younger, we used to … cowboys and Indians.

8. Put the verbs in brackets into the past simple or the present perfect.

1. A: Do you know that man?
B: Oh yes. He's a very good friend of mine. I 1) ...*'ve known*... (know) him for about ten years.
A: I think I 2) … (meet) him at a business meeting last month.

2. A: Mum 1) … (lose) her purse.
B: Where 2) … (she/lose) it?
A: At the supermarket while she was shopping.

3. A: Who was on the telephone?
B: It 1) … (be) Jane.
A: Who is Jane?
B: Someone who 2) … (work) in my office for a few years. She's got a new job now, though.

4. A: Who is your favourite singer?
B: Freddie Mercury. He 1) … (have) a wonderful voice.
A: Yes, I agree. He 2) … (enjoy) performing live, too.

9. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the past perfect continuous.

read, scream, argue, try, eat, watch

1. Emily was angry. She ...*had been arguing*… with her parents for an hour.
2. Hannah felt sick. She … chocolates all afternoon.
3. Allan had a headache. His baby sister … for half an hour.
4. Emily was frightened. She … a horror film for half an hour.
5. Simon was confused. He … to win the game for hours.
6. John was very tired. He … all night.

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

A: On Monday morning, Jo 1) ... *missed*... (miss) the bus and had to walk to school. When she 2) … (arrive), the bell 3) … (already/ring)', and lessons 4) … (start). The children 5) … (work) quietly when Jo 6) … (walk) into the'classroom.

B: When Jamie 1) … (get) to the party, a lot of people 2) … (dance) to pop music. Everyone 3) … (wear) jeans and T-shirts. Jamie 4) … (buy) a new suit for the party and he 5) … (wear) that. He 6) … (feel) quite silly because everyone 7) … (look) at him.

Future simple употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... whilo I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

Be going to употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,

Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time. *This time next week, we'll be cruising round the islands.*

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*
No. Why?
I need to make some photocopies.

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock*.

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Tanya Smirnoff is a famous astrologer. She's been invited on a TV show to give her astrological predictions for next year. Using the prompts below, make sentences, as in the example.
e.g. An eartyhquake will strike Asia.

1 earthquake/strike/Asia
2 Tom Murray/win/elections
3 economy/not improve/significantly
4 number of road accidents/increase
5 America/establish/colony/on Mars
6 scientists/not discover/cure for common cold

2. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the examples.

SA: Are you going to pay the bill?
SB: Yes, that's what I'm going to do.
SA: Are you going to complain to the manager?
SB: No, that's not what I'm going to do.

1. pay the bill (√)
2. complain to the manager (X)
3. take the skirt back to the shop (√)
4. buy the jumper (√)
5. ask the bank manager for a loan (X)
6. order the food (√)
7. book the airline tickets (X)

3. Fill in the gaps with the correct form of will or be going to and the verb in brackets.

1 A: Why are you buying flour and eggs?
B: Because I ...*'m going to make*... (make) a cake.
2 A: I have decided what to buy Mum for her birthday.
B: Really. What … (you/buy) for her?
3 A: Did you ask Jackie to the party?
B: Oh no! I forgot! I … (ask) her tonight.
4 A: Could I speak to Jim, please?
B: Wait a minute. I … (get) him for you.
5 A: What are your plans for the weekend?

B: I … (spend) some time with my friends.

6 A: What are you doing on Friday night?
B: Oh, I … (probably/stay) at home with my family.

7 A: Have you tidied your room yet?
B: No, but I promise I … (do) it this afternoon.

8 A: Look at that boy!
B: Oh yes! He … (climb) the tree.

9 A: Jason is very clever for his age.
B: Yes. He says he … (become) a doctor when he grows up.

10 A: I'm too tired to cut the grass.
B: Don't worry! I (cut) it for you.

4. Fill in the gaps with shall, will or the correct form of be going to.

1 A: It's too hot in here.
B: You're right. I ...*will...* open a window.

2 A: … I put the baby to bed, now?
B: Yes, he looks a little tired.

3 A: Have you seen Lucy recently?
B: No, but I … meet her for lunch later today.

4 A: Have you done the shopping yet?
B: No, but I … probably do it tomorrow, after work.

5 A: … we ask Mr Perkins for help with the project?
B: That's a good idea. Let's ask him now.

5. Replace the words in bold with will/won't or shall I/we, as in the example.

1 I've asked Paul to talk to the landlord, but he **refuses to** do it.
I've asked Paul to talk to the landlord, but he won't do it.

2 **Do you want me** to make a reservation for you?

3 **Can** you call Barry for me, please?

4 **Why don't we** try this new dish?

5 Where **do you want me** to put these flowers?

6. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.

SA: *When will you do the gardening?*
SB: *I'll do it after I've done the shopping.*

1 do the gardening / do the shopping
2 post the letters / buy the stamps
3 iron the clothes / tidy the bedroom
4 water the plants / make the bed
5 do your homework / have my dinner
6 pay the bills / take the car to the garage

7. Put the verbs in brackets into the present simple or the future simple.

1 A: I'm going to the gym tonight.
B: Well, while you ...*are*... (be) there, I … (do) the shopping.

2 A: … (you/call) me when you … (get) home?
B: Yes, of course.

3 A: As soon as John … (come) in, tell him to come to my office.
B: Certainly, sir.

4 A: I'm exhausted.
B: Me too. I wonder if David … (come) to help tonight.

5 A: Are you going to visit Aunt Mabel this afternoon?

B: Yes, I ... (visit) her before I … (do) the shopping.

6 A: Is George going to eat dinner with us?
B: No, by the time he … (get) home it … (be) very late.

7 A: When … (you/pay) the rent?
B: When I … (get) my pay cheque.

8 A: What are your plans for the future?
B: I want to go to university after I … (finish) school.

9 A: If you … (pay) for dinner, I … (pay) for the theatre.
B: Okay, that's a good idea.

10 A: Can you give this message to Mike, please?
B: Well, I'll try, but I doubt if I … (see) him today.

8. Put the verbs in brackets into the future simple, the present simple or the present continuous.

1 A: I ...*am seeing*... (see) Roger at seven o'clock tonight.
B: Really? I thought he was out of town.

2 A: … (you/do) anything on Friday morning?
B: No, I'm free.

3 A: I … (go) to the cinema. There's a new film on. Do you want to come with me?
B: What time … (the film/start)?

4 A: Helen … (have) a party the day after tomorrow. … (you/go)?
B: As a matter of fact, I haven't been invited.

5 A: The new exhibition … (open) on April 3rd and … (finish) on May 31st.
B: I know. I … (go) on the first day.

6 A: Aunt Maggie … (come) to visit us tomorrow.
B: I know. What time … (she/arrive)?

7 A: Excuse me, what time … (the train/leave)?
B: At half past three, madam.

8 A: Michael Jackson … (give) a concert at the Olympic Stadium next week.
B: I know. I … (want) to get a ticket.

9 A: I'm really thirsty.
B: I … (get) you a glass of water.

10 A: Are you looking forward to your party?
B: Yes. I hope everyone … (enjoy) it.

11 A: How old is your sister?
B: She .. (be) twelve next month.

12 A: What are you doing tonight?
B: I … (probably/watch) TV after dinner.

9. A) Cliff Turner has his own business and it is doing well. He has already decided to expand. Look at the prompts and say what he is going to do, as in the example.

1. employ more staff

He's going to employ more staff.

2. advertise in newspapers and magazines
3. equip the office with computers
4. increase production
5. move to bigger premises
6. open an office abroad

B) Cliff is always busy. Look at his schedule and say what his arrangements are for the next few days. Make sentences, as in the example.

Wednesday 12th: fly to Montreal

He is flying to Montreal on Wednesday.
Thursday 13th: give an interview to The Financial Times
Friday 14th: have lunch with sales representatives
Saturday 15th: have a meeting with Japanese ambassador
Sunday 16th: play tennis with Carol

10. ln Pairs, ask and answer the following questions using I (don't) think/expect I will or I hope /'m sure/'m afraid I will/won't, as in the example.
SA: *Do you think you will pass your exams?*
SB: *I hope I will/I'm afraid I won't.*
1 pass/exams
2 move house
3 take up / new hobby
4 make / new friends
5 start having music lessons
6 have / party on / birthday
7 learn/drive

ТЕМА 3. Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир)

Тематика общения:

1. Екатеринбург – столица Урала.
2. Общее и различное в национальных культурах.

Проблематика общения:

1. Мой родной город.
2. Традиции и обычаи стран изучаемого языка.
3. Достопримечательности стран изучаемого языка.

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

My town

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универмаг
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist's/a pharmacy/a drugstore - аптека
a beauty salon – салон красоты
a hairdressing salon/a hairdresser's - парикмахерская
a dental clinic/a dentist's – стоматологическая клиника
a vet clinic – ветеринарная клиника
a laundry – прачечная
a dry-cleaner's – химчистка
a post-office – почтовое отделение
a bank – банк
a cash machine/a cash dispenser - банкомат
a library – библиотека
a sight/a place of interest - достопримечательность
a museum – музей
a picture gallery – картинная галерея
a park – парк
a fountain – фонтан
a square – площадь
a monument/a statue – памятник/статуя
a river bank – набережная реки

a beach – пляж
a bay - залив
a café – кафе
a restaurant – ресторан
a nightclub – ночной клуб
a zoo - зоопарк
a cinema/a movie theatre - кинотеатр
a theatre – театр
a circus - цирк
a castle - замок
a church – церковь
a cathedral – собор
a mosque - мечеть
a hotel – отель, гостиница
a newsagent's – газетный киоск
a railway station – железнодорожный вокзал
a bus station - автовокзал
a bus stop – автобусная остановка
an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
a stadium – стадион
a swimming-pool – плавательный бассейн
a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнесс клуб
a playground – игровая детская площадка
a plant/a factory – завод/фабрика
a police station – полицейский участок
a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
a car park/a parking lot - автостоянка
an airport - аэропорт
a block of flats – многоквартирный дом
an office block – офисное здание
a skyscraper - небоскреб
a bridge – мост
an arch – арка
a litter bin/a trash can – урна
a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

3.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

Ekaterinburg – an Industrial Centre

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant

produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

The History of Ekaterinburg

The famous Soviet poet V. Mayakovsky called out city "A Worker and a Fighter" and these words most fully reflect the features of Ekaterinburg.

Ekaterinburg is nowadays one of the leading industrial cities of Russia, an administrative & cultural centre of the Sverdlovsk region. It is the capital of the Urals.

Ekaterinburg has sprung up in the upper reaches of the Iset River in the middle part of the Urals Mountains near the border of Europe and Asia. It stretches from North to South for 25 km. and 15 km. from East to West.

The history of our city is very interesting. It was founded at the beginning of the XVIII century as a fortress-factory in connection with the construction of the Urals iron works. The works was constructed under the supervision of Tatishchev, a mining engineer, who was sent to the Urals by Peter the first. It was put into operation in November 1723. This date is considered to be the date of the birthday of city. It was named Ekaterinburg. On the place of the first works there is the Historical Square now.

The town grew and developed as the centre of an important mining area where the mining administration office was located. Ekaterinburg was an ordinary provincial town like many others in Russia before the October Revolution. It had only one theatre, four hospitals, one mining school and not a single higher school.

At the end of the XIX century Ekaterinburg became one of the centres of the revolutionary struggle. Many squares, streets and houses of the city keep the memory of the revolutionary events and the Civil War in the Urals. They are: the 1905 Square, a traditional place of the revolutionary demonstrations of the working people, the rocks "Kamenniye Palatki", a memorial park now, which was the place of illegal meetings of Ekaterinburg workers, the Opera House where the Soviet power was proclaimed in November 8, 1917 and many others.

Ekaterinburg is closely connected with the life and activities of many famous people. Here Y.M. Sverdlov, the leader of the Urals Party organization before the Revolution and the first President of the Soviet state, carried out his revolutionary work. In 1924 Ekaterinburg was renamed in his memory.

The name of such a famous scientist and inventor of the radio as Popov, and the names of such writers as Mamin-Sibiriyak and Bazhov are also connected with Ekaterinburg.

After the October Socialist Revolution the town has changed beyond recognition. It grew quickly in the years of the first five-year plan periods. Nowadays our city is constantly growing and

developing. Modern Ekaterinburg is a city of wide straight streets, multistoried blocks of flats, big shops, beautiful palaces of culture, cinemas, fine parks and squares.

The centre of the city is 1905 Square with the monument to V.I. Lenin and the building of the City Soviet. The main street is Lenin Avenue. The total area of the city is over 400 sq. km. The population is about two million.

In connection with its 250th anniversary and for its outstanding achievements in the development of the national economy of our country Ekaterinburg was awarded the Order of Lenin.

Ekaterinburg – a Center of Science & Education

Ekaterinburg is one of the largest & most important centers of science & education in our country. The city has 15 higher schools. The oldest of them are the Mining & the Polytechnical Institutes, the Urals State University founded in 1920, the Medical & Pedagogical & many others. Ekaterinburg higher schools train specialists for practically all branches of industry, economy, education & science. The city has a student population of about 80 thousand. Besides, there are many secondary and vocational schools and over 50 technical schools (colleges). The oldest of them is the Mining Metallurgical College named after Polzunov, founded in 1847.

Much important scientific research work is carried on in Ekaterinburg. The Urals Branch of Sciences, now called the Urals Scientific Centre (UNZ), was founded in 1932. Its first chairman was the famous Soviet scientist, mineralogist and geochemist A.E. Fersman. UNZ is the main centre of scientific work now. It contains nine institutes which solve the most important theoretical and practical problems in the field of geology, mining, metallurgy, biology, economy and others.

The city has more than 120 research and designing institutions, among them Uralmechanobr, Unipromed, Nipigormash and others. It is worth mentioning that important scientific and research work is also carried on in educational establishments and at the industrial enterprises of the city, such as the Uralmash, Uralelectrotyazmash and others.

Thousands of research workers, among them 5 academicians, 10 Corresponding members of the Russian Academy of Sciences, many Doctors and Masters of Science are engaged in scientific and research work. Ekaterinburg has contributed greatly to the development of Russian science.

Ekaterinburg - a Cultural Centre

Ekaterinburg is not only an industrial and educational, but also a large cultural centre. There is a lot to be seen in the city. There are many theatres, cinemas, museums, clubs, libraries, palaces of culture, the Art Gallery and the Circus in it.

The Art Gallery houses a splendid collection of paintings of Russian and Soviet artists such as Repin, Polenov, Levitan, Perov, Slusarev, Burak, Pimenov and many others. Here you will see one of the world famous collections of metal castings made in Kasli and especially a cast Iron pavilion. It was shown in Paris at the World Exhibition and awarded the Highest Prize.

Ekaterinburg is famous for its theaters. They are the Opera & Ballet House, the Drama Theatre, the Musical Comedy, the Children's and Puppet Theatres, the Cinema and Concert Hall "Cosmos". The Opera House was built in 1912. Many famous singers such as S. Lemeshev, I. Koslovsky, I. Arkhipova, B. Shtokolov and many others sang in that theatre. Ekaterinburg has a Philharmonic Society, film and television studios, the Urals Russian Folk Choir which is well known both at home and abroad.

There are many museums in the city: the Museum of Local Studies, the Sverdlov Museum, the Museum of Mamin-Sibiriyak, the Bazhov Museum, the Museum of Architecture. But the Urals Geological Museum is the most famous one. It is a real treasure-house of the Urals riches. The museum was opened in 1937.

Ekaterinburg is a green city with its squares, gardens and parks. The largest and the best of the parks is the Central Park of Culture and Rest. The Central Square of the City is the 1905 Square. Besides, there are some others: the Labor Square, one of the oldest of the city, located in front of the House of Trade Unions, the Komsomolskaya Square with the monument to the Urals Komsomol, the Paris Commune Square with the monument to Y.M. Sverdlov.

There are lots of monuments in the city. They are: the monument dedicated to the students and teachers of the Urals Polytechnical Institute who perished in the Great Patriotic War, the monument to the Urals Tank Corps, the monuments to Bazhov, Popov, Ordjonikidze, Malishev and many others.

There are a lot of places of interest in our city. Any visitor who comes to our city is invited to take sightseeing around it. We will be shown the historical places such as the rocks "Kamenniye Palatki", the Pupils' Creation Palace, the Historical Square, the 1905 Square.

There are several memorials to those who gave their lives in the struggle against fascism, the obelisk in the Square of Communards with the eternal flame. Such famous places of interest at the city pond with granite-lined embankment, the Palace of Youth, the lake Shartash, the Uktus Mountains and some others are most popular with the citizens of Ekaterinburg as well as with its visitors.

Ekaterinburg is a city of sports. There are a lot of sports grounds, stadiums, sports halls and a beautiful Palace of Sport in it. Ekaterinburg is often called the Winter Sports Capital. All sorts of important skiing & skating events are held in the Uktus Mountains.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world's largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o'clock. There are a lot of high daysin Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine`s day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don't like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern

monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul's Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It's the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent's Park. The last one is the home of London Zoo.

3.3 Систематизация грамматического материала:

1. Модальные глаголы и их эквиваленты.
2. Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге.
3. Основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь.

Модальные глаголы

Глаголы	**Значение**	**Примеры**
CAN	физическая или умственная возможность/умение	I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать.
	возможность	You can go now. — Ты можешь идти сейчас.You cannot play football in the street. – На улице нельзя играть в футбол.
	вероятность	They can arrive any time. – Они могут приехать в любой момент.
	удивление	Can he have said that? – Неужели он это сказал?
	сомнение, недоверчивость	She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала.
	разрешение	Can we go home? — Нам можно пойти домой?
	вежливая просьба	Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час?
MAY	разрешение	May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу?
	предположение	She may not come. – Она, возможно, не придет.
	возможность	In the museum you may see many interesting things. – В музее вы можете увидеть много интересных вещей.
	упрек – только **MIGHT (+ perfect infinitive)**	You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать.
MUST	обязательство, необходимость	He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги.
	вероятность (сильная степень)	He must be sick. — Он, должно быть, заболел.
	запрет	Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должны кормить животных в зоопарке.
SHOULD OUGHT TO	моральное долженствование	You ought to be polite. – Вы должны быть любезными.
	совет	You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу.
	упрек, запрет	You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт.
SHALL	указ, обязанность	These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила будут действовать при любых

		обстоятельствах.
	угроза	You shall suffer. — Ты будешь страдать.
	просьба об указании	Shall I open the window? – Мне открыть окно?
WILL	готовность, нежелание/отказ	The door won't open. — Дверь не открывается.
	вежливая просьба	Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной?
WOULD	готовность, нежелание/отказ	He would not answer this question. – Он не будет отвечать на этот вопрос.
	вежливая просьба	Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со мной.
	повторяющееся/привычное действие	We would talk for hours. – Мы беседовали часами.
NEED	необходимость	Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать?
NEEDN'T	отсутствие необходимости	She needn't go there. — Ей не нужно туда идти.
DARE	Посметь	How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить?

Модальные единицы эквивалентного типа		
to be able (to) = can	Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент	She **was able** to change the situation then. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить ситуацию).
to be allowed (to) = may	Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения	My sister **is allowed to** play outdoors. (Moei сестре разрешается играть на улице).
to have (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах	They **will have to** set up in business soon. (Им вскоре придется открыть свое дело).
to be (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д.	We **are to** send Nick about his business. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Rephrase the following sentences using must, mustn't, needn't, has to or doesn't have to.

1 **You aren't allowed** to park your car in the college car park.

...You mustn't park your car in the college car park...

2 **I strongly advise** you to speak to your parents about your decision.

3 **It isn't necessary** for Emma to attend tomorrow's staff meeting.

4 **Jack is obliged** to wear a suit and a tie at work because the manager says so.

5 **I'm sure** Antonio is from Milan.

6 **It's necessary** for Roger to find a job soon.

7 **It's forbidden** to use mobile phones inside the hospital.

8 Susan **is obliged to** work overtime because her boss says so.

2. Rephrase the following sentences using didn't need to or needn't have done.

1 It wasn't necessary for him to wash the car. It wasn't dirty.

...He didn't need to wash the car...

2 It wasn't necessary for her to buy so many oranges, but she did.

3 It wasn't necessary for us to take an umbrella. It wasn't raining.

4 It wasn't necessary for us to turn on the light. It wasn't dark.

5 It wasn't necessary for him to call me today, but he did.
6 It wasn't necessary for you to make sandwiches for me, but you did.
7 It wasn't necessary for them to make reservations at the restaurant, but they did.

3. Rewrite the sentences using the word in bold.

1 It isn't necessary for Mark to buy new clothes for the reception.
need *...Mark doesn't need to/needn't buy new clothes for the reception…*
2 You aren't allowed to pick these flowers. **must**
3 Sarah is obliged to type her compositions at university. **has**
4 It wasn't necessary for Paula to make the beds. **need**
5 It is your duty to obey the law. **must**
6 It wasn't necessary for Bob to wait for me, but he did. **need**
7 It is forbidden to throw litter on the beach. **must**
8 I'm sure Ronald is at home. **must**
9 It wasn't necessary for Alice to bake a cake for the party. **need**
10 It wasn't necessary for George to stay at work late last night, but he did. **have**

4. Fill in the gaps with an appropriate modal verb.

1 A: ... *May/Can/Could*... I borrow your pen, please?
B: No, you … .I'm using it.
2 A: I'm bored. What shall we do?
B: We … go for a walk.
A: No, we … because it's raining.
B: Let's watch a video, then.
3 A: My parents told me I … go to the party tonight.
B: Never mind, I … go either. We … stay at home together, though.
4 A: Sir, … .I speak to you for a moment, please?
B: Certainly, but later today; I'm busy now.
5 A: Excuse me?
B: Yes?
A: … you tell me where the post office is, please?
B: Certainly. It's on the main road, next to the school.
6 A: Is anyone sitting on that chair?
B: No, you … take it if you want to.

5. Choose the correct answer.

1 " Todd was a very talented child.'
I know. He ..*B*... play the piano well when he was seven.'
A couldn't B could C can
2 I've just taken a loaf out of the oven.
Oh, that's why I … smell fresh bread when I came home.
A was able to B can't C could
3 'How was the test?'
Easy. All the children … pass it.'
A were able to B could C can't
4 What are you doing this summer?'
'I hope I'll … go on holiday with my friends.'
A could B be able to C can

6 Rewrite the sentences using the words in bold.

1 Do you mind if I leave the door open for a while?
can *...Can I leave the door open for a while?...*

2 You're obliged to take notes during the lecture. **have**
3 I'm sorry, but you aren't allowed to enter this room. **must**
4 Jack managed to unlock the door. **able**
5 It wasn't necessary for Ann to cook dinner, but she did. **need**
6 Let's play a game of chess. **could**
7 I'm certain Sarah is bored with her work. **must**
8 I strongly advise you to take up sport. **must**
9 I'm certain Liz isn't interested in your ideas. **can**
10 You may take the car tonight if you want. **can**

7. Study the situations and respond to each one using an appropriate modal verb.

1 You want to go on holiday with your friends this year. Ask your parents for **permission.**
...Can I go on holiday with my friends this year?...
2 You are at a job interview. You type fast, you use computers and you speak two foreign languages. Tell the interviewer about your **abilities**.
3 Your brother is trying to decide what to buy your mother for her birthday. You **suggest** a box of chocolates.
4 Your jacket is dirty and you want to wear it next week. It is **necessary** to take it to the dry cleaner's.
5 You want to have a day off work next week. Ask for your boss' **permission.**
6 You are in the car with your uncle. It's hot and you want him to open the window. Make a **request.**
7 Your mother is going to the shops. She asks you if you want anything. You tell her it **isn't necessary** to get anything for you.

8. Complete the sentences using must or can't.

1 I'm certain they go to bed early on Sunday nights. They *…must go to bed early on Sunday nights…*
2 I'm sure John didn't stay late at the office. John *...can't have stayed late at the office…*
3 I'm certain he hasn't arrived yet. He …
4 I'm certain they are working together. They …
5 I'm sure Amy hasn't finished her homework. Amy …
6 I'm certain she was having a bath when I rang. She …
7 I'm sure he hasn't won the prize. He …
8 I'm sure she is looking for a new house. She …
9 I'm certain Paul didn't invite Linda to the party. Paul …
10 I'm certain you have been planning the project. You …
11 I'm sure she was writing a letter. She …
12 I'm certain they hadn't paid the bill. They …
13 I'm sure he had been fixing the pipe. He …

9. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.

1 Perhaps Laura has left the phone off the hook. *...Laura may/might/could have left the phone off the hook…*
2 Surgeons are obliged to scrub their hands before operating on patients.
3 Do you mind if I open the window?
4 It wasn't necessary for Peter to wash the dog, so he didn't.
5 Emily managed to reach the top shelf, even though she didn't have a ladder.
6 It's forbidden to copy files without the manager's permission.
7 Why don't we spend this evening at home?
8 I'm certain Patrick misunderstood my instructions.
9 I'm sure Helen didn't know about her surprise party.

10. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.

1 Perhaps they are at work.

They ...*may/might/could be at work*…

2 Perhaps he is waiting outside. He …

3 It's possible she will work late tonight. She …

4 It's likely he was driving too fast. He …

5 It's possible they made a mistake. They …

6 Perhaps he has missed the bus. He …

7 It's possible she has been playing in the snow. She …

8 It's likely we will be leaving tomorrow. We …

9 It's likely he will stay there. He …

10 Perhaps she had been trying to call you. She …

11 It's likely they had seen the film already. They …

12 It's possible he is studying in the library. He …

Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходить, to fly летать, cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться
to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. –At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технический инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)

This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)

Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)

Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

Прямой пассив (The Direct Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.

My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это:to answer отвечать кому-л.

to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.

to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:

Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

Косвенный пассив (The Indirect Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.

б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся:to bring приносить

to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять

to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить

to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать

to teach учить to tell сказать и др.

Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.

Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)

A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:

John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.

The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):

He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили…Кому? Это глаголы:to address адресовать

to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать

to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.

Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам. The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained…)

Употребление Страдательного залога

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия (70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:

He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:

The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:

The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:

The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)

The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:

The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:

The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:

He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

Перевод глаголов в форме Passive

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:

I am invited to a party.

Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на –ся(-сь):

Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.

Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):

The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.

I was told that you're ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с by при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):

They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:

The experiments were made last year.

1) Опыты были проведены в прошлом году.

2) Опыты проводились в прошлом году.

3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском she и she, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения it с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:

It is said… Говорят… It was said… Говорили…

It is known… Известно… It was thought…Думали, полагали…

It is reported… Сообщают… It was reported…Сообщали…и т.п.

В таких оборотах it играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. What happens to a car when it is taken for a service? Look at the prompts and make sentences using the present simple passive, as in the example.

1. the oil / change

The oil is changed.

2. the brakes / test
3. the filters / replace
4. air / put / in the tyres
5. the battery / check

6. the lights / test
7. broken parts / repair
8. it / take / for a test drive
9. the radiator / fill / with water

2. Mr Sullivan, who is a director, is preparing a scene for his new film. Read the orders and respond using the present continuous passive, as in the example.

1. Move that scenery, please.
It's being moved now, Mr Sullivan.
2. Put those props in place, please.
3. Call the actors, please.
4. Check their costumes, please.
5. Turn on the lights, please.

3. Detective Maguire is talking to a police officer about a burglary which happened early yesterday morning. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example

1. Have you dusted the house for fingerprints yet?
the house / dust / for fingerprints yesterday
Yes, the house was dusted for fingerprints yesterday.
2. Have you found any evidence yet?
a piece of material / find / this morning
3. Have you interviewed the house owners yet?
they / interview / last night
4. Have you questioned the neighbours yet?
they / question / this morning
5. Have you arrested any suspects yet?
two men / arrest / yesterday evening
6. Have you interrogated the suspects yet?
they / interrogate / last night
7. Have you recovered the stolen goods yet?
they / recover / this morning
8. Have you written your report yet?
it / complete / an hour ago

4. Helen and Chris moved house two years ago. Yesterday, they drove past their old house and saw that it looked very different. Describe the changes using the present perfect simple passive, as in the example.

1. the outside walls / paint
The outside walls have been painted.
2. new windows / put in
3. a garden pond / make
4. the trees / cut down
5. a lot of flowers / plant
6. the old gate / replace

5. A young actress is hoping to star in a new film. Her friend is asking her what is going to happen. Respond to her questions using the passive infinitive, as in the example.

1. Will they audition you for the new film?
Well, I hope to be auditioned.
2. Will they give you a leading role?
3. Will they pay you a lot of money?
4. Will they send you to Hollywood?

5. Will they introduce you to all the stars?
6. Will they ask you to give a TV interview?
7. Will they give you an award?

6. Put the verbs in brackets into the correct passive tense.

1. A: Who looks after your garden for you?
B: It ...*is looked after*... (look after) by my brother.
2. A: That's a beautiful dress. Where did you buy it?
B: Actually, it … (make) for me by my aunt.
3. A: Have you typed that letter yet, Miss Brown?
B: It … (type) right now, sir.
4. A: Did you make the coffee when you got to work this morning?
B: No, it …. (already/make) by the time I got there.
5. A: Are you going to pick up the children today?
B: No, they … (pick up) by Roger. I've already arranged it.
6. A: Where is your watch?
B: I broke it. It … (repair) at the moment.
7. A: Has the new furniture for my bedroom arrived?
B: No, it … (not/deliver) yet.
8. A: They are building a new sports centre in town.
B: I know. It … (open) by the mayor next month.

7. Rewrite the sentences in the passive, where possible.

1. John opened the door.
...The door was opened by John.
2. They didn't come home late last night.
...It cannot be changed.
3. Their nanny takes them to the park every day.
4. I left very early yesterday afternoon.
5. Meg asked the policeman for directions.
6. Charles is moving house next month.
7. The letter arrived two days ago.
8. Sam took these photographs.

8. Fill in by or with.

1. The lock was broken ...*with*... a hammer.
2. This book was written … my favourite author.
3. The cake was decorated… icing.
4. The tiger was shot … a gun.
5. Claire was shouted at … her teacher.
6. He was hit on the head … an umbrella.

9. Rewrite the sentences in the passive.

1. Someone is repairing the garden fence.
...The garden fence is being repaired....
2. Do they teach Latin at this school?
3. I don't like people pointing at me.
4. She hit him on the head with a tennis racquet.
5. Michael has made the preparations.
6. Is Tim cleaning the house?
7. Who built the Pyramids?
8. The boss is going to give us a pay rise.

9. I expect they will deliver my new car soon.
10. The police are questioning the suspects.
11. Did your next door neighbours see the thieves?
12. Paul remembers his teacher asking him to star in the school play.
13. A lot of children use computers nowadays.
14. Who smashed the kitchen window?
15. They won't have completed the work by the end of the month.
16. The children will post the letters.
17. People make wine from grapes.
18. Had Helen closed the windows before she left the house?
19. Jill hasn't done the housework yet.
20. They may not deliver the parcel today.

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

A: Do you still work at Browns and Co?
B: Yes, I do. I 1) ...*have been employed*... (employ) by Mr Brown for five years now, you know.
A: Oh. Do you still enjoy it?
B: Oh yes! I 2) … (give) a promotion last year and I'm very happy.
A: A promotion? So, what is your job now?
B: I 3) … (make) Head of European Sales.
A: So, what do you do?
B: Well, sometimes I 4) … (send) to other countries on business.
A: I see. Do they pay you well?
B: Well, I 5) … (pay) quite well and I expect I 6) … (give) a pay rise soon.
A: Good for you!

Согласование времен (Sequence of Tenses)

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

Правило 1: Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

Правило 2: Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

Переход из одного времени в другое	Примеры	
Present Simple » Past Simple	He **can speak** French – Он говорит по-французски.	Boris said that he **could speak** French – Борис сказал, что он говорит по-французски.
Present Continuous » Past Continuous	They **are listening** to him – Они слушают его	I **thought** they **were listening** to him – Я думал, они слушают его.
Present Perfect » Past Perfect	Our teacher **has asked** my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему.	Mary **told** me that our teacher **had asked** my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему.

Past Simple » Past Perfect	I **invited** her – Я пригласил ее.	Peter **didn't know** that I **had invited** her – Петр не знал, что я пригласил ее.
Past Continuous » Past Perfect Continuous	She **was crying** – Она плакала	John **said** that she **had been crying** – Джон сказал, что она плакала.
Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous	It **has been raining** for an hour – Дождь идет уже час.	He **said** that it **had been raining** for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь.
Future Simple » Future in the Past	She **will show** us the map – Она покажет нам карту.	I **didn't expect** she **would show** us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту.

Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

Перевод прямой речи в косвенную в английском языке

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. ***Убираем кавычки и ставим слово that***

Например, у нас есть предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово that – «что».

She said that ….. Она сказала, что….

2. ***Меняем действующее лицо***

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не может говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she ….. Она сказала, что она….

3. Согласовываем время

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшем временем. Возьмем наше предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем will на would. *см. таблицу выше.*

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

4. Меняем некоторые слова

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, “I am driving now”. Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) *см. таблицу выше.*

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

Вопросы в косвенной речи в английском языке

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

He asked, “Do you like this cafe?” Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.

Давайте рассмотрим еще один пример:

She said, “Will he call back?” Она сказала: «Он перезвонит?»

She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.

Специальные вопросы в косвенной речи

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why - почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

She said, “When will you come?”. Она сказала: «Когда ты придешь?»

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

She said when I would come. Она сказала, когда я приду.

He asked, “Where does she work?” Он спросил: «Где она работает?»

He asked where she worked. Он спросил, где она работает.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Fill in the gaps with the correct pronoun or possessive adjective.

1. James said, 'My boss wants me to go to London tomorrow.'
James said ...*his*... boss wanted to go to London the following day.
2. Mary said, 'I'm waiting for my son to come out of school.'
Mary said that … was waiting for … son to come out of school.
3. George said, 'I've bought a new car for my mum.'
George said … had bought a new car for … mum.
4. Julie said to me, 'I need you to help me with the shopping.'
Julie told me that … needed … to help … with the shopping.
5. John said, 'I'd like to take you out to dinner.'
John said … 'd like to take … out to dinner.
6. Helen said to Jane, 'I think your new haircut is lovely.'
Helen told Jane that … thought … new haircut was lovely.

2. Turn the following sentences into reported speech.

1. Robin said, These biscuits taste delicious.' ...
Robin said (that) the biscuits tasted delicious....

2. “I can't see you this afternoon because I've got a lot to do,' Ann told me.
3. She came into the room holding some letters in her hand and said, 'I found these while I was tidying the desk drawers.'
4. Fiona said, That picture was painted by my great-grandfather.'
5. “Those were good times for my family,' Jack said.
6. 'I received a parcel this morning, but I haven't opened it yet,' Tom said.
7. "You mustn't do that again,' Mum said to Bob.
8. “These shoes are worn out. You'd better throw them away,' Mum said to me.

3. Turn the following sentences into reported speech.

1 He said, 'I'm going to the station.'

...He said (that) he was going to the station....

2 Tina said, 'You should exercise regularly.'
3 They said, 'We had booked the room before we left.'
4 Tom said, This meal is delicious.'
5 'I've written you a letter,' she said to her friend.
6 'We've decided to spend our holidays in Jordan,' they told us.
7 Jill said, “I’ll go to the bank tomorrow.'
8 She said to him, 'We've been invited to a wedding.'
9 She told me, 'You must leave early tomorrow.'
10 They've gone out for the evening,' Jessie said to me.
11 They said, 'We may visit Joe tonight.'
12 She said, 'I can meet you on Tuesday.'
13 Keith said, There is a letter for you on the table.'
14 'We won't be visiting Tom this evening,' Sam told us.
15 Eric said, They had been talking on the phone for an hour before I interrupted them.'
16 'I haven't spoken to Mary since last week,' Gloria said.
17 They delivered the letters this morning,' she said.
18 He said, 'I'd like to buy this jumper.'
19 They aren't going on holiday this year,' he said.
20 Jane said, 'I haven't finished my homework yet.'
21 'I'm going to bed early tonight,' Caroline said.
22 'My mother is coming to visit us,' I said.
23 'We don't want to watch a film tonight,' the children said.
24 'He's playing in the garden now,' his mother said.
25 She said, 'You must do your homework now.'

4. Turn the sentences into reported speech. In which of the following sentences do the tenses not change? In which do they not have to be changed? Why?

1 The article says, “The artist only uses oil paints.'

...The article says (that) the artist only uses oil paints....

... The tenses do not change because the introductory verb is in the present simple....

2 'They are working hard today,' he said.
3 'I've done the things you asked me to do,' Mary said.
4 The sun rises in the east,' she said.
5 'He broke the window,' they said.
6 'We've never been on holiday abroad,' they said.
7 Mum says, 'Dinner is ready.'
8 “I’ll start cooking at six o'clock,' she said.
9 'We went to the supermarket yesterday,' he said.
10 Mrs Jones says, 'My daughter is going to have a baby.'
11 'You're never going to get a job,' Dad always says.

12 'Fish live in water,' he said.
13 'We went to the beach last weekend,' they said.
14 'He showed me his photographs,' she said.
15 'I'm working on my project now,' Billy said.

5. Turn the following sentences into reported speech.

1 'Seaweed grows in the sea,' the teacher said to the students.

...The teacher said to the students/told the students (that) seaweed grows/grew in the sea....

2 'I saw Amanda at the cinema,' she said, (up-to-date reporting)
3 They don't live here any more,' he said to me. (out-of-date reporting)
4 "Canada is a large country,' he said.
5 The Statue of Liberty is in America,' she said to us
6 "I'll help you with your homework,' he said, (out-of-date reporting)
7 'I would go on holiday if I had enough money,' Bill said, (up-to-date reporting)
8 'If I'm free, I'll call you,' Tom said, (up-to-date reporting)
9 'You should make a decision,' he said to us.
10 'You can ask John for advice,' she said, (up-to-date reporting)

6. Turn the following into reported questions.

1 'Where do you live?' I asked her.

...I asked her where she lived....

2 'How old will you be on your next birthday?" he asked me.
3 'Where is your umbrella?' she asked her daughter.
4 'Do you like playing football?' John asked us.
5 The boss asked, 'What time are you going home today?'
6 'Will you take the children to school today?' he asked.
7 'Who called you today?' she asked.
8 'When will you decorate the kitchen?' Martha asked.
9 'Who broke my vase?' I asked.
10 Father asked, 'Will you help me lift these boxes, please?'
11 'Can you speak a foreign language?' she asked her.
12 'Where is the tourist information centre?' we asked.

7. Yesterday, Marion met a couple who were on holiday in London. They were looking at a map. She asked them some questions. Turn them into reported questions.

1 'Are you lost?'

...Marion asked them if/whether they were lost....

2 'Can you speak English?'
3 'Where are you from?'
4 'Is your hotel near here?'
5 'Where do you want to go?'
6 'Were you looking for Big Ben?'
7 'Have you been to the British Museum?'
8 'Have you visited Buckingham Palace?'
9 'Do you like London?'

8. Fill in the gaps with the introductory verbs in the list in the correct form.

order, tell, ask, beg, suggest

1 'Please visit me in hospital,' Joan said to Colin.

Joan ...*asked*... Colin to visit her in hospital.

2 'Let's eat out this evening,' Paul said to her.

Paul … eating out that evening.

3 'Please, please be careful,' she said to him.
She … him to be careful.
4 'Don't go near the fire,' Dad said to us.
Dad … us not to go near the fire.
5 'Be quiet!' the commander said to the troops.
The commander … the troops to be quiet

9. Turn the following sentences into reported speech.

1 'Let's try the exercise again.'
The ballet teacher suggested trying the exercise again.
2 'Lift your leg higher please, Rachel.'
3 'Turn your head a little more.'
4 'Don't lean back.'

10. Turn the following sentences into reported speech.

1 The doctor said to the patient, 'Come back to see me again next week.'
... The doctor told the patient to go back and see him again the following week/the week after.
2 The guard said to the driver, 'Stop!'
3 He said, 'Shall we go for a walk?'
4 She said to him, 'Please, please don't leave me!'
5 Jenny said to Dave, 'Please help me with this
6 She said to him, 'Open the window, please.'
7 Mother said, 'How about going for a drive?'
8 She said, 'Let's eat now.'

ТЕМА 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность)

Тематика общения:

1. Избранное направление профессиональной деятельности.

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

My speciality

The Earth's Crust and Useful Minerals

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

clay - *n* глина; глинозем

consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

crust - *n* кора; *геол.* земная кора

decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение

derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать

destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

dissolve v растворять

expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure -** *n* обнажение

external - *a* внешний

extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*

force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

glacier - *n* ледник, глетчер

grain - *n* зерно; **angular grains -** угловатые зерна *(минералов);* **grained -** *a* зернистый

gravel - *n* гравий, крупный песок

internal - *a* внутренний

intrusive - *a* интрузивный, плутонический

iron - *n* железо

layer - *n* пласт

like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно

lime - *n* известь; **limestone -** *n* известняк

loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*

particle - *n* частица; включение

peat - *n* торф; торфяник

represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative -** *a* характерный, типичный

rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

sand - *n* песок

sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary -** *a* осадочный; **sedimentation -** *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose -** *a* сланцеватый, слоистый

shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay -** глинистый сланец; **combustible …**, **oil …** - горючий сланец

siltstone - *n* алеврит

stratification - *n* напластование, залегание

stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**

substance - *n* вещество, материал; сущность

thickness - *n* толщина, мощность

value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable -** *a* ценный *(о руде)*

vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable -** *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

contain - v содержать *(в себе),* вмещать

crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться

contract - v сжиматься; сокращаться

dust - *n* пыль

expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**

fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель

fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*

freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать

gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*

lateral - *a* боковой

occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence -** *n* залегание; **mode of occurrence -** условия залегания

penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*

phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**

pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*

resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant -** *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

size - *n* размер; величина; класс *(угля)*

solution – *n* раствор; **soluble -** *a* растворимый; **solvent -** растворитель; *a* растворяющий

succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*

uniform – *a* однородный; одинаковый

weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*

to be subjected to подвергаться

Rocks of Earth's Crust

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

adjacent - *a* смежный, примыкающий

ash - *n* зола

belt - *n* пояс; лента; ремень

body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**

cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

dust - *n* пыль

dyke – *n* дайка

extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*

fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines -** *n pl* мелочь; мелкий уголь

flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы
fragmentary - *a* обломочный, пластический
glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток
band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated -** *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation -** *n* отношение; **relationship -** *n* родство; свойство; **relative -** *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*
in such a way таким образом

Fossil Fuels

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger -** n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость

heat - v нагревать; *n* теплота

liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**

mudstone - *n* аргиллит

purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

shale - *n* глинистый сланец

the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*

blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)

combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

continuity - *n* непрерывность, неразрывность

domestic - *a* внутренний; отечественный

estimate - v оценивать; *n* оценка; смета

fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding -** *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва

inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный

liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*

luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous -** *a* блестящий

matter - *n* вещество; материя

moisture - *n* влажность, сырость; влага

parting - *n* прослоек

plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*

store - v запасать, хранить на складе; вмещать

strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**

thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*

uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**

volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Prospecting and Exploration

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory -** *a* разведочный; **exploration -** *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening -** *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved -** *a* разведанный, достоверный; **proving -** *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable -** *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working -** *n* разработка, горная выработка

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit -** алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking -** проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping -** *a* наклонный; **gently sloping -** с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike -** вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

General Information on Mining

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development -** *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently** ~ наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal -** *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support -** крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss -** *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

goaf — завал; обрушенное пространство

double-ended drum bearer — комбайн с двойным барабаном

to identify — опознавать

appraisal — оценка

susceptibility — чувствительность

concealed — скрытый, не выходящий на поверхность

crusher — дробилка

concentration — обогащение

blending — смешивание; составление шихты

screen — сортировать (обыден. уголь); просеивать

froth floatation — пенная флотация

core drilling — колонковое бурение

to delineate — обрисовывать, описывать

lender — заимодавец

feasibility — возможность

in situ mining — повторная разработка месторождения в массиве

screening — просеивание; грохочение

processing — обработка, разделение минералов

Mining and Environment

break v (**broke**, **broken**) отбивать *(уголь или породу),* обрушивать кровлю; разбивать; ломать; л отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

(руды .или породы); расширять забой; **breakage** л разрыхление, дробление

drill - *n* бур; .перфоратор; бурильный молоток; сверло; v бурить; car ~ буровая тележка; **mounted** ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение

dump -*n* отвал *(породы);* склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; v сваливать (в *отвал);* разгружать; отваливать; опрокидывать *(вагонетку);*

dumper опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn* **tip**

environment - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

explode - v взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive -** *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

friable - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле)*

handle - v перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

heap - v наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконик; *syn* **spoil ~, waste ~**

hydraulicklng - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

load - v нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader -** *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader -** комбайн, комбинированная горная машина

lorry - *n* грузовик; платформа; *syn* **truck**

mention - v упоминать

overcasting - *n* перелопачивание *(породы)*

pump - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; v качать; накачивать; откачивать

reclamation - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка *(после открытых работ)*

sidecastiag - *n* внешнее отвалообразование

site - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

slice - *n* слой; **slicing -** *n* выемка слоями, разработка слоями

strip - v производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать *(лаву);* вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper -** *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping -** *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

unit - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

washery - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

to attract smb's attention привлекать чье-л. внимание

backhoe - *n* обратная лопата

blast - *n* взрыв; v взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

block out - v нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

clearing - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

crash - v дробить; разрушать; обрушать(ся)

earth-mover - *n* землеройное оборудование; *syn* **excavator**

excavator - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket** ~ многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

grab - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; v захватывать;

grabbing - погрузка грейфером; захватывание

hoist - *n* подъемное установка (машина); подъемник; лебедка; v поднимать; **hoisting** шахтный подъем

plough - *n* струг

power shovel - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

range - *n* колебание в определенных пределах

rate - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход *(воды)*

remote - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

result - v (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

safety - *n* безопасность; техника безопасности

slope - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; v очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face; sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием *(рудЫ)*

support - v крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering; powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

4.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My speciality is Geology

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition arid the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth’s surface and on its surface.
2. Petrology which studies the rocks of the Earth.
3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.
4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.
5. Historic Geology which treats of the Earth's history.
6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.
7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because .it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kasakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

4.3 Систематизация грамматического материала:

1. Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий.
2. Основные сведения о сослагательном наклонении.

Инфинитив. The Infinitive

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы not, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. *Было трудно не говорить.*

Формы инфинитива

	Active Voice	Passive Voice
Simple	to write	to be written
Continuous	to be writing	
Perfect	to have written	to have been written
Perfect Continuous	to have been writing	

Глаголы, после которых используется инфинитив:

to agree - соглашаться
to arrange - договариваться
to ask – (по)просить
to begin – начинать
to continue – продолжать
to decide – решать
to demand - требовать
to desire – желать
to expect – надеяться
to fail – не суметь
to forget – забывать
to hate - ненавидеть
to hesitate – не решаться
to hope - надеяться
to intend – намереваться
to like – любить, нравиться
to love – любить, желать
to manage - удаваться
to mean - намереваться
to prefer - предпочитать
to promise - обещать
to remember – помнить
to seem - казаться
to try – стараться, пытаться
to want – хотеть

Например:
He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*
She began to talk. *Она начала говорить.*

Значение разных форм инфинитива в таблице

Формы инфинитива	**Чему я рад?**	
Simple	I am glad **to speak** to you.	Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами).
Continuous	I am glad **to be speaking** to you.	Рад, что сейчас разговариваю с вами.
Perfect	I am glad **to have spoken** to you.	Рад, что поговорил с вами.
Perfect Continuous	I am glad **to have been speaking** to you.	Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами.
Simple Passive	I am (always) glad **to be told** the news.	Всегда рад, когда мне рассказывают новости.

Perfect Passive	I am glad **to have been told** the news.	Рад, что мне рассказали новости.

Причастие. Participle

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

Формы причастия

		Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Participle I (Present Participle)	Simple	**writing**	**being written**
	Perfect	**having written**	**having been written**
Participle II (Past Participle)			**written**

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая,not broken — не разбитый.

Как переводить разные формы причастия на русский язык

Формы причастия	причастием	деепричастием
reading	читающий	читая
having read		прочитав
being read	читаемый	будучи читаемым
having been read		будучи прочитанным
read	прочитанный	
building	строящий	строя
having built		построив
being built	строящийся	будучи строящимся
having been built		будучи построенным
built	построенный	

Герундий. Gerund

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

Формы герундия

	Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Simple	**writing**	**being written**
Perfect	**having written**	**having been written**

Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!

admit (признавать), advise (советовать), avoid (избегать),
burst out (разразиться), delay (задерживать), deny (отрицать),
dislike (не нравиться), enjoy (получать удовольствие), escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить), forgive (прощать), give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать), mention (упоминать), mind (возражать - только в “?”и “-“),
miss (скучать), put off (отложить), postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать), suggest (предлагать), understand (понимать).

Герундий после глаголов с предлогами

accuse of (обвинять в), agree to (соглашаться с), blame for (винить за),
complain of (жаловаться на), consist in (заключаться в), count on /upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с), depend on (зависеть от), dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться), hear of (слышать о), insist on (настаивать на),

keep from (удерживать(ся) от), look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),
look like (выглядеть как), object to (возражать против),
persist in (упорно продолжать), praise for (хвалить за), prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на), result in (приводить к), speak of, succeed in (преуспевать в),
suspect of (подозревать в), thank for (благодарить за), think of (думать о)

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

to be + прилагательное / причастие + герундий

be afraid of (бояться чего-либо), be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо), be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к), be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным), be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за), be sorry for (сожалеть о чем-либо),
be surprised at (удивляться чему-либо), be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).

I'm tired of waiting. — *Я устал ждать.*

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Complete the sentences with the correct infinitive tense.

1 She has grown taller. She seems ...*to have grown taller*.
2 He is getting used to his new job. He appears
3 Kate makes friends easily. She tends
4 He has finished the report. He claims
5 It is raining over there. It seems
6 He is on a diet. He appears
7 They have sailed round the world. They claim
8 She is feeling better. She seems

2. Fill in the correct infinitive tense.

1 A: What would you like ...*to do*... (do) tonight?
B: Let's … (go) to an Italian restaurant.
2 A: What's Liz doing?
B: She seems … (look) for something in her bag.
3 A: Alan has been offered a new job!
B: No, he hasn't. He just pretended … (offer) a new job.
4 A: Colin claims … (meet) lots of famous people.
B: I know, but I don't believe him.
5 A: Look at those two men outside. What are they doing?
B: They appear … (empty) the rubbish bins.
6 A: Would you like to go to the cinema tonight?
B: Not really. I would prefer … (go) to the theatre.
7 A: Tara seems … (work) hard all morning.
B: Yes, she hasn't even stopped for a cup of coffee.
8 A: Why is Tom at work so early this morning?
B: He wants … (finish) early so that he can go to the concert tonight.

3. Rephrase the following sentences, as in the example.

1 He must wash the car. I want ...*him to wash the car*...
2 You mustn't be late for work. I don't want …
3 Claire must tidy her bedroom. I want …

4 She mustn't go to the disco. I don't want …
5 They must go to school tomorrow. I want …
6 Gary mustn't make so much noise. I don't want …
7 You mustn't make a mess. I don't want …
8 He must mend his bike. I want …

4. Complete the sentences with too or enough and the adjective in brackets.

1 A: Would you like to come to the disco?
B: Oh no. I'm ...*too tired*... to go to a disco, (tired)
2 A: Can you reach that top shelf?
B: No, I'm not … to reach it. (tall)
3 A: Did they go on a picnic yesterday?
B: No. It was … to go on a picnic, (cold)
4 A: Did Jane enjoy the horror film?
B: No. She was … to enjoy it. (scared)
5 A: Does Tom go to school?
B: No. He isn't … to go to school yet. (old)
6 A: Will you go to London by bus?
B: No. The bus is … . I'll take the train, (slow)
7 A: Did she like the dress you bought?
B: Yes, but it was … .(big)
8 A: Take a photograph of me!
B: I can't. It isn't … in here, (bright)

5. Rewrite the sentences using too.

1 This music is so slow that I can't dance to it.
...This music, is too slow for me to dance to…
2 The bird is so weak that it can't fly.
3 She's so busy that she can't come out with us.
4 The car was so expensive that he couldn't buy it.
5 These shoes are so small that they don't fit me.
6 The book is so boring that she can't read it.
7 I was so tired that I couldn't keep my eyes open.
8 The coffee was so strong that he couldn't drink it.

6. Underline the correct preposition and fill in the gaps with the -ing form of the verb in brackets.

1 He is ill. He is complaining **with/<u>about</u>** ...*having*... (have) a headache.
2 Marcus went out instead **for/of** … (do) his homework.
3 Tracy was very excited **with/about** … (go) to the party.
4 I hope you have a good excuse **of/for** … (be) so late.
5 Sam is interested **in/for** … (take up)French lessons.
6 You can't stop him **to/from** … (take)the job if he wants to.
7 Susie ran because she was worried **about/of** … (miss) the bus.
8 Thank you **to/for** … (help) me with my homework.
9 She felt tired because she wasn't used **to/with** … (work) so hard.
10 His boss blamed him **for/of** … (lose) the deal.
11 I am in charge **in/of** … (make) the Christmas deliveries.
12 We are thinking **of/from** … (buy) a new car next month.
13 Sandra apologised **for/about** … (ruin) the performance.
14 Ian was talking **with/about** … (open) a shop in York.

7. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

1 It's no use ...*talking*… (talk) to Bob; he won't change his mind.
2 She will … (return) the books next weekend.
3 It was good of you … (help) me fix my bicycle.
4 The man suggested … (call) the police in, to investigate.
5 I can't get used to … (live) in such a hot country.
6 He admitted … (rob) the bank.
7 You had better … (hurry), or you'll be late for work.
8 They refused … (give) me my money back.
9 She is too short … (become) a fashion model.
10 My parents let me … (stay) up late at weekends.
11 Our teacher makes us … (do) homework every evening.
12 The kitchen windows need … (clean).
13 They have begun … (make) preparations for the party.
14 He advised her … (speak) to her boss.
15 I dislike … (go) to the theatre alone.
16 Mr. Roberts was seen … (leave) his house at 12:15 last night.
17 My sister can't stand … (watch) horror films. She gets terribly scared.
18 Can you imagine … (spend) your holidays on the moon?
19 There's no point in … (call) again. There's no one at home.
20 I don't allow people … (smoke) in my house.
21 It was silly of you … (forget) to lock the door.
22 He risks … (lose) his wallet when he leaves it on his desk.

8. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

1 A: Is Anne in the room?
B: Yes. I can see her ...dancing... (dance) with her husband over there.
2 A: Did you see the robber?
B: Yes. I saw him … (get) into the car and drive away.
3 A: Is John here today?
B: Yes. I heard him … (talk) on the phone as I walked past his office.
4 A: Colin is good at speaking in public, isn't he?
B: Yes. I heard him … (make) a speech last month. It was excellent.
5 A: I walked past the sports centre today.
B: So did I, and I stopped for a moment to watch some boys … (play) football.
6 A: Your hair looks great today.
B: Thanks. I watched the hairdresser … (dry) it so I could learn how to do it myself.
7 A: That's a music school, isn't it?
B: That's right. I often hear the students … (sing) as I walk past.
8 A: Did you stay until the end of the contest?
B: Yes. I listened to the chairman … (announce) the results before I went home.
9 A: How do you know Tim is at home?
B: I saw him … (cut) the grass as I was driving home.
10 A: How do you know that man stole the watch?
B: I saw him … (put) it in his pocket and leave the shop without paying.

9. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

1 I'll never forget ...*sailing*... (sail) down the Danube on that warm spring night last year.
2 Please don't forget … (pay) the bill.
3 John said he remembers … (buy) the newspaper, but now he can't find it.
4 Did you remember … (post) my letters today?
5 Gloria regrets … (shout) at her sister.
6 I regret … (inform) you that we cannot give you your money back.

7 The students went on … (write) for another hour.
8 After cleaning the windows, he went on … (wash) the car.
9 We are sorry … (announce) that the 7:15 train to Liverpool has been cancelled.
10 I'm sorry for … (miss) your birth day party; I'll make it up to you.
11 She stopped … (go) to the gym after she had got back into shape.
12 They stopped … (have) a rest before they continued their journey.
13 They tried … (open) the door, but it was stuck.
14 You should try … (make) your own clothes. It's much cheaper.
15 I'm sorry. I didn't mean … (break) your vase.
16 Being a teacher means … (correct) a lot of homework.
17 I like … (tidy) my room at week ends because I don't have time during the week.
18 They like … (play) in the sea on hot days.

10. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

My neighbour, Mr. Mason, loves 1) …*spending*… (spend) time in his garden. He would rather 2) … (work) outside than stay indoors, even when it is snowing! Early in the morning, you can 3) … (see) Mr. Mason 4) … (eat) breakfast in his garden, and late at night he is there again, with a cup of cocoa in his hand. I'd like 5) … (help) sometimes when there is lots of work to do, but Mr. Mason prefers 6) … (do) everything himself. He doesn't mind 7) … (get) cold and wet in the winter, and his wife says it's no use 8) … (try) to make him wear a waterproof jacket because he hates 9) … (wear) them! Mr. Mason says he will go on 10) … (garden) until he is too old 11) … (do) it!

Основные сведения о сослагательном наклонении

Conditionals are clauses introduced with if. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

Type 0 Conditionals: They are used to express something which is always true. We can use when (whenever) instead of it. *If/When the sun shines, snow melts.*

Type 1 Conditionals: They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

Type 2 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

Type 3 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

	If-clause (hypothesis)	Main clause (result)	Use
Type 0 general truth	if + present simple	present simple	something which is always true
	If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice.		
Type 1 real present	if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous	future/imperative can/may/might/must/should/ could + bare infinitive	real - likely to happen in the present or future
	If he doesn't pay the fine, he will go to prison. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 unreal present	if + past simple or past continuous	would/could/might + bare infinitive	imaginary situation contrary

			to facts in the present; also used to give advice
	If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice)		
Type 3 unreal past	if + past perfect or past perfect continuous	would/could/might + have + past participle	imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism
	If she had studied harder, she would have passed the test. If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished.		

Conditional clauses consist of two parts: the if -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the if - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the if - clause, then no comma is necessary.

e.g. a) If I see Tim, I'll give him his book.

b) I'll give Tim his book if I see him.

We do not normally use will, would or should in an if - clause. However, we can use will or would after if to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as / don't know, I doubt, I wonder, etc.).

We can use should after if to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

e.g. a) If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)

b) If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)

c) If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)

d) I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)

e) If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)

We can use unless instead of if... not in the if -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after unless.

e.g. Unless you leave now, you'll miss the bus. (If you don't leave now, you'll miss the bus.) (NOT: Unless you don't leave now, ...)

We can use were instead of was for all persons in the if - clause of Type 2 conditionals.

e.g. If Rick was/were here, we could have a party.

We use If I were you ... when we want to give advice.

e.g. If I were you, I wouldn't complain about it.

The following expressions can be used instead of if: provided/providing that, as long as, suppose/supposing, etc.

e.g. a) You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)

b) We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)

c) Suppose/Supposing the boss came now, …

We can omit if in the if - clause. When if is omitted, should (Type 1), were (Type 2), had (Type 3) and the subject are inverted.

e.g. a) Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)

b) Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)

c) Had he known, he would have called. (If he had known, ...)

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Look at the prompts and make Type 1 conditional sentences, as in the example.
e.g. If we cut down all the forests, the world's climate will change.
1 cut down/ all forests / world's climate / change
2 not stop/use / aerosols /destroy / ozone layer
3 find / alternative sources of energy / solve / some of our environmental problems
4 temperatures / go up / by a few degrees /sea levels / rise
5 recycle / waste / save / natural resources
6 population / continue to increase / not be enough food for everyone

2. Lisa is trying to decide where to go on holiday. She would like to go to one of these places. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.
A) SPAIN FOR A WEEK
£180 Inclusive!!
2-star hotel beach
Free water sports

B) A TWO WEEK CAMPING HOLIDAY IN THE SOUTH OF FRANCE
ONLY £280 per person
Self-catering

1. How long / be away / choose / Spain?
SA: How long will she be away if she chooses Spain?
SB: If she chooses Spain, she'll be away for a week.
2. Where / go / like / camping?
3. How much / pay / go to / France?
4. What / do / go to / Spain?
5. Where / go / want / cheap holiday?

3. Study the situations, then make Type 2 conditional sentences, as in the example.
I don't have a car, so I have to wait for the bus every day.
1. If I ...had... (have) a car, I ...wouldn't have to... (not/have to) wait for the bus every day.
I never do my homework, so my teacher always gets angry with me.
2. If I … (do) my homework, my teacher … (not/get) angry with me.
I live in a small house, so I can't invite friends over.
3. If I … (live) in a bigger house, I … (be able to) invite friends over.
I never get up early, so I y am always late for school.
4. If I … (get up) earlier, I … (not/be) late for school.

4. Complete the sentences to make Type 3 conditional sentences, as in the example.
1. If he ...hadn't noticed... (not/notice) the mould in one of his glass dishes, Alexander Fleming ...would never have discovered... (never/discover) penicillin.
2. If he … (sell) some of his paintings, Van Gogh … (get) some recognition during his lifetime.
3. If Barbara Streisand … (change) the shape of her nose, her career … (never/be) the same.
4. If Anne Sullivan … (not/teach) her, Helen Keller … (not/be able to) communicate.
5. If Naomi Campbell … (not/be) so beautiful, she … (never/become) a supermodel.

5. Read the story below and make Type 3 conditional sentences, as in the example.
e.g. 1) ...if Sally hadn't been in a hurry, she would nave left some important notes at home....
Sally had a terrible day yesterday. She was in a hurry, so she left some important notes at home. She wasn't prepared for her meeting with a new client, so the meeting was a disaster. The client was

disappointed, and as a result he refused to do business with the company. The boss shouted at Sally, so she got upset.

6. Match the items in column A with those in column B in order to make correct Type 0 conditional sentences, as in the example.

e.g. 1 - c ...if you add sugar to a cup of coffee, the coffee tastes sweeter...

A

1. Add sugar to a cup of coffee.
2. Throw salt onto snow.
3. Put an apple in a bowl of water.
4. Water plants regularly.
5. Lie in the sun too long.
6. Take regular exercise.

B

a The apple floats.
b Your skin turns red.
c The coffee tastes sweeter.
d You feel healthy.
e The plants grow.
f The snow melts.

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

1 A: What time will you be home tonight?
B: I'm not sure. If I ...have to... (have to) work late. I ...'ll call... (call) you.
2 A: I felt very tired at work today.
B: Well, if you … (not/watch) the late film, you … (not/feel) so tired
3 A: Should I buy that car?
B: Why not? If I … (have) the money, I … (buy) it myself.
4 A: If you … (pass) a chemist's, … (you/get) me some cough medicine?
B: Yes, certainly.
5 A: My sister seems very upset at the moment.
B: Were I you, I … (talk) to her about it.
6 A: Unless you … (hurry), you … (be) late again.
B: No, I won't. There's plenty of time.
7 A: Oh! I forgot to ask Sarah over for dinner.
B: If I … (speak) to her today, I … (ask) her for you.
8 A: May I join the club, please?
B: Provided you … (be) over eighteen, you can join the club.
9 A: What a lovely restaurant! I'm glad we came here.
B: If you … (not/burn) the dinner, we … (not/come) here!
10 A: Just think. If I … (not/move) to York, I … (never/meet) you.
B: I know, wasn't it lucky?
11 A: Jo doesn't spend enough time with me.
B: Well, if she … (have) the time, I'm sure she … (try), but she's very busy.
12 A: Did you give Bill the message?
B: No, but when I … (see) him, I … (tell) him the news.

8. Choose the correct answer.

1 'If you ...C... that plate, you'll burn your fingers.'

'Why? Has it been in the oven?'
A would touch
B will touch
C touch
2 ‘ … you're busy, we'll talk now.'
‘That's fine. I'm not busy at the moment.'
A If
B Provided
C Unless
3 'If you watch the news, you … a lot.'
'I know. I watch it every day.'
A learn
B were learning
C would learn
4 '… you wear warm clothes, you won't get cold.'
'I'll wear an extra jumper.'
A Unless
B Providing
C Supposing
5 'Shall I invite John to the party?'
'Well, were I you, I … him.'
A would invite
B will invite
C am inviting
6 '… the teacher comes back now, what will you do?'
'I don't know.'
A When
B Providing
C Supposing
7 'Could I see the menu, please?'
'Yes, sir. If you … a seat, I will fetch it for you.'
A take
B had taken
C have taken
8 'Don't cry. Everything will be alright.'
'Yes, but if I … the bus, I wouldn't have been late for school.'
A didn't miss
B hadn't missed
C don't miss
9 'When water boils, it … steam.'
'Yes, I know; and the steam is hot, too.'
A would produce
B produce
C produces
10 'Can you help me, please?'
'Well, if I wasn't studying, I … you.'
A would help
B help
C will help
11 'John crashed his car yesterday.'
'I know, but if he hadn't been changing the cassette, he …'
A won't crash

B wouldn't crash
C wouldn't have crashed
12 'Can I have some chocolate, please?'
'If you behave yourself, I you some later.'
A would buy
B might buy
C buy
13 'Should you see Colin … and tell me.'
'I will.'
A come
B to come
C will come
14 'If we were rich, we … expensive clothes.'
'Well, unfortunately we aren't rich!'
A could afford
B can afford
C afford

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

1 If I ...were... (be) you, I wouldn't drive in the snow.
2 Peter … (be able to) help you if he was here.
3 If I had closed the window, the cat … (not/jump) out.
4 I … (call) for help if I got stuck in a lift.
5 Had I known him, I … (talk) to him.
6 John … (may/lose) his job if he is rude to the boss.
7 If you … (save) some money, you would have been able to go on holiday last year.
8 You may win if you … (take) part in the contest.
9 If I had toothache, I … (go) to the dentist.
10 They would have helped us move house if we … (ask) them.
11 If Jane … (be) older, she could live by herself.
12 We would have changed our plans if we … (hear) the weather forecast.
13 Emma … (send) a card if she had remembered it was their anniversary.
14 Robert … (feel) better if you talked to him.
15 If Sam was still living nearby, you … (can/invite) him for dinner.
16 If you … (put) your money in your wallet, you will not lose it.
17 If you … (like) chocolate, you will love this cake.
18 If Bill … (come) home early, he will eat dinner with us.
19 Sandra will join us later unless she … (have) a lot of work to do.

10. Fill in the gaps using when or if.

1 A: Have you phoned Paul yet?
B: No, I'll phone him ...when... I get home.
2 A: … I get a new job soon, I may have a party.
B: That's a good idea.
3 A: I really liked that dress we saw.
B: Well, you can buy it … you get paid.
4 A: Shall we go somewhere this weekend?
B: Yes … it's sunny, we could go to the beach.
5 A: Did you make this cake yourself?
B: Yes … you like it, I'll give you the recipe.
6 A: Is Jane still asleep?
B: Yes … she wakes up, I'll tell her you're here.

7 A: Have you done your homework?
B: No. I'll do it … we've finished dinner.
8 A: We've run out of milk.
B: Well, … I go to the shops, I'll buy some more.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация №4
Маркшейдерское дело

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков и деловой коммуникации
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 6 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям……... 3
1.1 Повторение материала практических занятий……..... 3
1.2 Чтение и перевод учебных текстов……. 42
1.3 Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций) ..……..... 60
1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения) ……. 73
1.5 Подготовка к контрольной работе 73

II. Другие виды самостоятельной работы……. 73
2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания:
2.1.1 Подготовка к ролевой игре…….... 73
2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию ……. 74
2.1.3 Подготовка к опросу …… 75
2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного……. 75
2.3 Подготовка доклада…….. 94
2.4 Подготовка к тесту……..... 95
2.5 Подготовка к экзамену…….. 99

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям

1. Повторение материала практических занятий

Практические занятия направлены на развитие умений иноязычного говорения в рамках заданных РПД тем: бытовая сфера общения (Я и моя семья); учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование); социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир); профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность).

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My family

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My student's life

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

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

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

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

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

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

I come to the hostel from the University at about 3 o'clock. I live in a single room & have nobody to speak with. In the evening I sometimes go out with my friends. We go to the cinema if there is something new or to the club if there is a dancing party there. But often I stay in, watch TV programs or listen to the music. Then I read a book for half an hour or so & go to sleep. That doesn't take me long, as a rule.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

Ekaterinburg – an Industrial Centre

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern

Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world's largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o'clock. There are a lot of high daysin Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine`s day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don't like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul's Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It's the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent's Park. The last one is the home of London Zoo.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My speciality is Geology

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition arid the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth's surface and on its surface.

2. Petrology which studies the rocks of the Earth.

3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.

4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.

5. Historic Geology which treats of the Earth's history.

6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.

7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because .it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kasakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

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

Распределение выше указанных тем в учебнике:

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

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №1:

Таблица №1

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9
Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435

Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*	102-104	6-8
Оборот *there+be*	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

Повторите материал практических занятий!

Порядок слов в английском предложении

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

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

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

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

Вопросительное предложение

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

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

Общие вопросы

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

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

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

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

You will be writing letters to us. – Ты будешь писать нам письма.
Will you be writing letters to us? – Будешь ли ты писать нам письма?
Примеры с модальными глаголами:
She can drive a car. – Она умеет водить машину.
Can she drive a car? - Она умеет водить машину? (Yes, she can.; No, she cannot)

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

С появлением вспомогательного глагола do на него переходит вся грамматическая нагрузка - время, лицо, число: в Present Indefinite в 3-м лице ед. числа окончание -s, -es смыслового глагола переходит на глагол do, превращая его в does; а в Past Indefinite окончание прошедшего времени -ed переходит на do, превращая его в did.
Do you go to school? – Ходишь ли ты в школу?
Do you speak English well? - Ты хорошо говоришь по-английски?

Ответы на общие вопросы

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

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

б) Отрицательный ответ состоит из слова No, личного местоимения и вспомогательного (или модального) глагола с последующей частицей not
Например: Are you a student? - Ты студент?
Yes, I am. - Да.; No, I am not. - Нет.
Do you know him? – Ты знаешь его?
Yes, I do. – Да (знаю).; No, I don't. – Нет (не знаю).

Специальные вопросы

Специальный вопрос начинается с вопросительного слова и задается с целью получения более подробной уточняющей информации. Вопросительное слово в специальном вопросе заменяет член предложения, к которому ставится вопрос.
Специальные вопросы могут начинаться словами:
who? – кто? whom? – кого? whose? - чей? what? – что? какой? which? – который?
when? – когда? where? – где? куда? why? – почему? how? – как?
how much? – сколько? how many? – сколько? how long? – как долго? сколько времени?
how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

1) Специальные вопросы ко всем членам предложения, кроме подлежащего (и его определения) строятся так же, как и общие вопросы – посредством инверсии, когда вспомогательный или модальный глагол ставится перед подлежащим.

Специальный вопрос (кроме вопроса к подлежащему) начинается с вопросительного слова или группы слов за которым следуют вспомогательный или модальный глагол, подлежащее и смысловой глагол (сохраняется структура общего вопроса).

Вопрос к прямому дополнению:
What are you reading? Что ты читаешь?
What do you want to show us? Что вы хотите показать нам?

Вопрос к обстоятельству

Обстоятельства бывают разного типа: времени, места, причины, условия, образа действия и др.

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.
When will he come back? – Когда он вернется?
What did he do it for? Зачем он это сделал?
Where are you from?

Вопрос к определению

Вопрос к определению начинается с вопросительных слов what какой, which (of) который (из), whose чей, how much сколько (с неисчисляемыми существительными), how many сколько (с исчисляемыми существительными). Они ставятся непосредственно перед определяемым существительным (или перед другим определением к этому существительному), а затем уже идет вспомогательный или модальный глагол.

What books do you like to read? Какие книги вы любите читать?
Which books will you take? Какие книги (из имеющихся) вы возьмете?

Вопрос к сказуемому

Вопрос к сказуемому является типовым ко всем предложениям: ”Что он (она, оно, они, это) делает (делал, будет делать)?”, например:
What does he do? Что он делает?

Специальные вопросы к подлежащему

Вопрос к подлежащему (как и к определению подлежащего) не требует изменения прямого порядка слов, характерного для повествовательного предложения. Просто подлежащее (со всеми его определениями) заменяется вопросительным местоимением, которое исполняет в вопросе роль подлежащего. Вопросы к подлежащему начинаются с вопросительных местоимений:

who – кто (для одушевленных существительных)
what - что (для неодушевленных существительных)
The teacher read an interesting story to the students yesterday.
Who read an interesting story to the students yesterday?

Сказуемое в таких вопросах (после who, what в роли подлежащего) всегда выражается глаголом в 3-м лице единственного числа (не забудьте про окончание -s в 3-м лице ед. числа в Present Indefinite. Правила образования -s форм см. здесь.):
Who is reading this book? Кто читает эту книгу?
Who goes to school?

Альтернативные вопросы

Альтернативный вопрос задается тогда, когда предлагается сделать выбор, отдать чему-либо предпочтение.

Альтернативный вопрос может начинаться со вспомогательного или модального глагола (как общий вопрос) или с вопросительного слова (как специальный вопрос) и должен обязательно содержать союз or - или. Часть вопроса до союза or произносится с повышающейся интонацией, после союза or - с понижением голоса в конце предложения.

Например вопрос, представляющий собой два общих вопроса, соединенных союзом or:
Is he reading or is he writing?
Did he pass the exam or did he fail?

Вторая часть вопроса, как правило, имеет усеченную форму, в которой остается (называется) только та часть, которая обозначает выбор (альтернативу):
Is he reading or writing?

Разделительные вопросы

Основными функциями разделительных вопросов являются: проверка предположения, запрос о согласии собеседника с говорящим, поиски подтверждения своей мысли, выражение сомнения.

Разделительный (или расчлененный) вопрос состоит из двух частей: повествовательной и вопросительной.

Первая часть - повествовательное утвердительное или отрицательное предложение с прямым порядком слов.

Вторая часть, присоединяемая через запятую, представляет собой краткий общий вопрос, состоящий из местоимения, заменяющего подлежащее, и вспомогательного или модального глагола. Повторяется тот вспомогательный или модальный глагол, который входит в состав сказуемого первой части. А в Present и Past Indefinite, где нет вспомогательного глагола, употребляются соответствующие формы do/ does/ did.

В второй части употребляется обратный порядок слов, и она может переводится на русский язык: не правда ли?, не так ли?, верно ведь?

1. Если первая часть вопроса утвердительная, то глагол во второй части стоит в отрицательной форме, например:

You speak French, don't you? You are looking for something, aren't you? Pete works at a plant, doesn't he?

2. Если первая часть отрицательная, то во второй части употребляется утвердительная форма, например:

It is not very warm today, is it? John doesn't live in London, does he?

Безличные предложения

Поскольку в английском языке подлежащее является обязательным элементом предложения, в безличных предложениях употребляется формальное подлежащее, выраженное местоимением it. Оно не имеет лексического значения и на русский язык не переводится.

Безличные предложения используются для выражения:

1. Явлений природы, состояния погоды: It is/(was) winter. (Была) Зима. It often rains in autumn. Осенью часто идет дождь. It was getting dark. Темнело. It is cold. Холодно. It snows. Идет снег.

2. Времени, расстояния, температуры: It is early morning. Ранее утро. It is five o'clock. Пять часов. It is two miles to the lake. До озера две мили. It is late. Поздно.

3. Оценки ситуации в предложениях с составным именным (иногда глагольным) сказуемым, за которым следует подлежащее предложения, выраженное инфинитивом, герундием или придаточным предложением: It was easy to do this. Было легко сделать это.
It was clear that he would not come. Было ясно, что он не придет.

4. С некоторыми глаголами в страдательном залоге в оборотах, соответствующих русским неопределенно-личным оборотам: It is said he will come. Говорят, он придет.

Местоимение. The Pronoun.
Классификации местоимений.

1	**personal**	личные
2	**possessive**	притяжательные
3	**demonstrative**	указательные
4	**indefinite and negative**	неопределенные и отрицательные
5	**quantifiers**	количественные
6	**reflexive**	возвратные
7	**reciprocal**	взаимные
8	**relative**	относительные
9	**defining**	определительные
10	**interrogative**	вопросительные

I. Личные (personal) местоимения

Общий падеж		**Объектный падеж**	
I	я	**me**	мне, меня
he	он	**him**	его, ему
she	она	**her**	ей, о ней
it	оно, это	**it**	ей, ему, этому
we	мы	**us**	нам, нас

they	они	**them**	им, их
you	ты, вы	**you**	тебе, вам

Внимание! He (он) и **she (она)** в английском языке можно говорить только про людей. Все остальные английские существительные (предметы, животные, явления природы, чувства и т. д.) - обозначаются – it (оно, это).

he	**she**	**it**
a boy – мальчик **a man –** мужчина **brother –** брат **father –** отец **Nick –** Николай **Mr Grey –** мистер Грей	**a girl –** девочка **a woman –** женщина **sister – с**естра **motherч–** мама **Kate –** Катя **Mrs Grey –** миссис Грей	**a cat –** кот **a wall –** стена **rain –** дождь **love –** любовь **a hand –** рука **an apple -** яблоко

Англичане говорят <u>It's me</u>, а не It's I (это я).

II. Притяжательные (possessive) местоимения

Притяжательные местоимения выражают принадлежность и имеют в английском языке **две формы** - **основную** (после этой формы обязательно требуется существительное).
Whose pen is it? - *Чья это ручка?* - **It's my pen**. - *Это моя ручка*.
И **абсолютную** (существует самостоятельно, без существительного) - **It's mine.** - *Это моя.*

Личное местоимение	**Основная форма**	**Абсолютная форма**
I – я **he –** он **she –** она **it – оно,** это **we –** мы **you –** ты, вы **they -** они	**my (toy) -** моя (игрушка) **his (toy) -** его (игрушка) **her (toy) -** ее (игрушка) **its (toy) -** его (не о человеке) **our (toy) -** наша (игрушка) **your (toy) -** ваша, твоя (игрушка) **their (toy) -** их (игрушка)	**his -** его **hers -** ее **its -** его (этого) **ours -** наша **yours -** ваша, твоя **theirs -** их

III. Указательные (demonstrative) местоимения

this (это, эта, этот) **– these** (эти) **that** (то, та, тот) **- those** (те)

IV. Неопределенные (indefinite) и отрицательные (negative) местоимения

Местоимения some, any, every, и их производные

• Если у вас есть, например, яблоки и вы знаете, сколько их, вы говорите:
I have/l have got three apples. *У меня есть 3 яблока,*
• Если вы не знаете точное количество, то используйте неопределенное местоимение **some: I have/1 have got apples.** *У меня есть несколько яблок (некоторое количество).*

Производные от неопределенных местоимений

Слово **"think"** обозначает **"вещь"** (не обязательно материальная).
Слово **"body"** обозначает **"тело".** Эти слова являются основой для целого ряда словообразований.

Thing используется для неодушевленных (что-то):

some	**something –** *что-то, что-нибудь*
any	**anything -** *что-то, что-нибудь*
thing	
no	**nothing -** *ничего, ничто*

every	**everything -** *все*
Body/one - для одушевленных (кто-то):	
some	**somebody/someone –** *кто-то, кто-нибудь*
any	**anybody/anyone -** *кто-то, кто-нибудь*
body/one	
no	**nobody / no one -** *никого, никто*
every	**everybody /everyone –** *все, каждый*
Местоимение **some** и основа **body** должны произноситься и писаться слитно, в противном случае вместо **somebody** – *кто-то*, получится **some body** - *какое-то тело*, **Something/somebody/someone** - в утвердительных предложениях, **anything/anybody/anyone** - в отрицательных и вопросительных предложениях**, nothing/nobody/no one** – в отрицательных. **Anything/anybody/anyone** - также используются в утвердительных предложениях, но в значении *что угодно/кто угодно*	

somewhere - *где-нибудь, куда-нибудь*	**anywhere -** *где угодно*
nowhere - *нигде*	**everywhere -** *везде*

V. Количественные (quantifiers) местоимения

Many и much - оба слова обозначают **" много"**, С **исчисляемыми** существительными (теми, которые можно посчитать, можно образовать множественное число) используется слово **many**, а с **неисчисляемыми** - слово **much**.	
many girls - *много девочек* **many boys -** *много мальчиков* **many books -** *много книжек*	**much snow -** *много снега* **much money -** *много денег* **much time -** *много времени*
How many? **How much?** } **сколько?**	**How many girls? -** *Сколько девочек?* **How much sugar? -** *Сколько сахара?* **How much sugar? -** *Сколько сахара?*
a lot of... - много - используется и с исчисляемыми, и с неисчисляемыми существительными a lot без (of) используется и без существительного. **Сравните**: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.* He writes **a lot.** *Он много пишет.*	girls – много девочек **a lot of** sugar - много сахара
<u>В утвердительных</u> предложениях используйте **a lot of.** <u>В отрицательных</u> и в вопросительных **many/much,** **Сравните:** (+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*. (-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?* Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":** Do you ski **much**? *Вы много (часто) катаетесь на лыжах?* No, not much (= not often).Нет, не часто.	

Few, little, a few, a little
С неисчисляемыми существительными используйте слово little (мало),
а с исчисляемыми - few (мало).

few books - мало книг **few girls -** мало девочек **few boys -** мало мальчиков	**little time -** мало времени **little money -** мало денег **little snow -** мало снега
little **few** } **мало (т.е. надо еще)**	**a little** **a few** } **немного (т.е. пока хватает)**

VI. Возвратные (reflexive) местоимения

Возвратные местоимения образуются от личных местоимений в объектном падеже и притяжательных местоимений прибавлением **- self** в единственном числе и **- selves** во множественном числе. Возвратные местоимения используются для того, чтобы показать, что объект, названный подлежащим предложения сам совершает действие.

Личное местоимение	**Возвратное местоимение**	**Пример**	**Перевод**
I	myself	I did it myself.	Я сделал это сам
he	himself	He did it himself.	Он сделал это сам.
she	herself	She did it herself.	Она сделала это сама
you	yourself	You did it yourself.	Вы сделали это сами.
they	themselves	They did it themselves.	Они сделали это сами.
we	ourselves	We did it ourselves.	Мы сделали это сами.

VII. Взаимные (reciprocal) местоимения

Each other - друг друга (относится к двум лицам или предметам).
One another - друг друга (относится к большему количеству лиц или предметов).
They spoke to <u>each other</u> rather friendly. *Они разговаривали друг с другом довольно дружелюбно.*
They always help <u>one another</u>. *Они всегда помогают друг другу.*

VIII. Относительные (relative) местоимения

Who (whom), whose, which, that

who	**Именительный падеж <u>who</u> (подлежащее)** **The girl <u>who</u> is playing the piano is my sister.** *Девочка, которая играет на пианино, - моя сестра.*
	Объектный падеж <u>whom</u> (дополнение) **The man <u>whom</u> I love the best is your brother.** *Человек, которого я люблю больше всех, - твой брат.*
which	**Для неодушевленных предметов и животных** **The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.*
whose	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.*
	Для неодушевленных существительных **We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.*
that	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.*
	Для неодушевленных существительных **This is the film <u>that</u> we saw yesterday.** *Это фильм, который мы видели вчера.*

IX. Определительные (defining) местоимения

all

Употребление	**Примеры**	**Перевод**
определяет неисчисляемые	He spent **all his** time fishing on the	Он провел все свое время,

существительные	lake**.**	ловя рыбу на озере.
определяет исчисляемые существительные	**All the** boys like football. **(the после all!)**	Все мальчишки любят футбол.
all = everything	I know **all/everything.**	Я знаю всё.
all = everybody	**All** were hungry. **Everybody** was hungry.	Все были голодны. Все были голодны.
we all = ail of us you all = all of you they all = ail of them	We **all** love you very much = **All** of us love you very much.	Мы все тебя очень любим

both

Употребление	Примеры	Перевод
определяет существительные	**Both (the/my) friends like football.**	Оба моих друга любят футбол
допускается использование артикля вместо указательных местоимений после both	**Both these/the men are Russian.**	Оба (эти) мужчины - русские.
употребляется вместо существительного	**He gave me two apples. Both were sweet.**	Он дал мне два яблока. Оба были сладкими.
they both = both of them you both = both of you we both = both of us	**They both (both of them) came to visit us.**	Они оба пришли навестить нас.
в устойчивой конструкции **both...and.**	**Both mother father were at home**	И мама, и папа были дома.
в отрицательных предложениях **вместо both** используется **neither**	**Both of them know English. Neither of them know English.**	Они оба знают английский. Ни один из них не знает английского.

either/neither

	Употребление	Примеры	Перевод
either	любой из двух (артикль не ставится)	**I've got 2 cakes. Take either cake.**	У меня 2 пирожных. Возьми любое.
	каждый, оба, и тот, и другой	**There are windows on either side of the house.**	С обеих сторон дома есть окна.
	заменяет существительное (глагол в ед. числе)	**Either of dogs is always hungry.**	Любая из собак вечно голодная.
neither	отрицательное местоимение-определение (ни тот, ни другой)	**Neither of examples is correct.**	Ни один из примеров не верен.
	в констр. neither.. .nor (ни.. .ни)	**I like neither tea, nor coffee.**	Я не люблю ни чай, ни кофе.

other, another, the other, the others (другой, другие)

	Употребление	Примеры	Перевод
the other	другой (второй), другой из двух	**You've got 2 balls: one and the other.**	У тебя 2 мяча: один и другой.
another	другой из многих, еще один	**Take another ball.**	Возьми другой мяч. (Любой, но не этот.)
other	другие (любые), не последние	**Take other 2 balls.**	Возьми другие 2 мяча. (Из многих.)

the others	другие (определенные)	**There are 4 balls: 2 balls are red and the others are blue.**	Есть 4 мяча: 2 красных, а другие 2 - синие.

X. Вопросительные (interrogative) местоимения

what	что	**What's this?**	Что это?
which	который	**Which of them?**	Который из них?
who	кто, кого	**Who was that?**	Кто это был?
whom	кого	**Whom did you meet?**	Кого ты встретил?
whose	чей	**Whose book is it?**	Чья это книга?

Имя существительное. The Noun

Категории	Существительное в русском языке	Существительное в английском языке
Число	**Изменяется**	**Изменяется**
Падеж	**Изменяется**	**Не изменяется**

The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

Способ образования	Примеры	Перевод
после глухих согласных	**a book - books** **a cup - cups**	**книга - книги** **чашка - чашки**
после звонких согласных и гласных -	a name - names a girl - girls	**имя - имена** **девочка - девочки**
после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es	a palace - palaces a bush - bushes a box - boxes a church - churches	дворец - дворцы куст - кусты коробка - коробки церковь - церкви
слово заканчивается на -y: 1) гласная +y	**a toy - toys** **a boy - boys**	игрушка - игрушки мальчик - мальчики
2) согласная + y	**a family - families** **a story - stories**	**семья - семьи** **история - истории**
слово заканчивается на *-file*	**a leaf - leaves** **a shelf - shelves**	лист - листья полка - полки

Особые случаи образования множественного числа

Ед. число	**Мн. число**	**Перевод**
man	men	мужчина - мужчины
woman	women	женщина - женщины
foot	feet	нога (стопа) - ноги (стопы)
child	children	ребенок - дети
goose	geese	гусь - гуси
mouse	mice	мышь - мыши
ox	oxen	**бык - быки**
tooth	teeth	**зуб - зубы**

Слова - заместители существительных **Substitutions: one/ones**

При повторном использовании одного и того же существительного в одном предложении, вместо него следует использовать one (в единственном числе) и ones (во множественном числе):

This table is bigger that that one - Этот стол больше, чем тот (стол).
These table are bigger than those ones. - Эти столы больше, чем те (столы).

Со словами one/ones **может быть использован артикль, если перед ними стоит прилагательное.**	
What apple do you want? **Какое ты хочешь яблоко?** **The red one. Красное.**	**What apples do you want?** **Какие яблоки ты хочешь?** **The red ones. Красные.**

Английские существительные не имеют падежных окончаний традиционно выделяют два падежа -общий и притяжательный.

Общий падеж

И. п. Эта девочка хорошо говорит по-английски.	This girl speaks English well.
Р. п. Это собака той девочки.	It's a dog of that girl.
Д. п. Я дал яблоко той девочке. .	I gave an apple to that girl.
В. п. Я вижу маленькую девочку. .	1 can see a little girl.
Т. п. Я люблю гулять с этой девочкой.	1 like to play with this girl.
П. п. Я часто думаю об этой девочке.	1 often think about this girl.

Притяжательный падеж. The Possessive Case
Образование притяжательного падежа

	Образование	**Примеры**	**Перевод**
существительные в единственном числе	**'s**	**bird's house** **child's ball**	домик птички мячик ребенка
существительные во множественном числе (группа исключений}	**'s**	**children's bail** **women's rights**	мячик детей права женщин
существительное во множественном числе	**'**	**girls' toy** **birds' house**	игрушка девочек домик птичек

Формула притяжательного падежа обычно имеют лишь одушевленные существительные, обозначающие живое существо, которому что-то принадлежит,

my mother's book - мамина книга,

this girl's bail - мячик девочки,

the bird's house - домик птички

Для того, чтобы показать принадлежность объекта неодушевленному предмету, используется предлог of:

the handle of the door (ручка (от) двери), но чаще образуется составное существительное door-handle,

Артикль. The Article

1. Неопределенный a/an (используется перед исчисляемыми существительными в единственном числе)

a cat –кот a dog –собака a boy – мальчик a girl -девочка
a teacher - учитель

2. Определенный the (может использоваться с любыми существительными)

the cat -кот the houses –дома the water -вода the weather –погода
the flowers - цветы

Если слово начинается с гласной буквы, к артиклю "a" добавляется буква "n", для того, чтобы две гласные не сливались: an apple (яблоко), an orange (апельсин), an author (автор) и т, д. Слово "an hour" (час) начинается с согласной буквы "h", но в слове эта буква не читается, т.е. слово начинается с гласного звука, поэтому к артиклю "a" также добавляется n = an

Упоминая объект впервые, перед ним ставят неопределенный артикль a/an при вторичном с упоминании того же самого объекта, перед ним ставят определенный артикль the

I see a cat, Я вижу кота (одного). The cat is black. (этот) Кот – черный.

This is a kitten. Это - котенок. (Один из многих) The kitten is hungry. (этот) Котенок - голодный.

I have a book- У меня есть книга. The book is interesting. (эта) Книга - интересная.

Неопределенный артикль a/an опускается перед исчисляемыми существительными и существительными во множественном числе.

a pen - pens (ручка - ручки) a dog - dogs (собака - собаки) a book - books (книга -книги)
- water (вода) - snow (снег) - meat (мясо)

Использование неопределенного артикля a

один из множества (любой)	This is a cat.
первое упоминание в тексте	I see a bird.
при упоминании профессии	My brother is a pilot.
в восклицательных предложениях	What a good girl! What a surprise! Such a fine room!
вместо слова один	She is coming for a weak.
в определенных конструкциях there is a... I have a… he has a... I see a... this is a... that is a… It is a... Iama… he/she is a…	There is a book here. I have got a nice coat. He has a kind smile. I see a wolf. This is a dog. That is a doctor. It is a red pen. I am a good swimmer. He/she is a tourist
в ряде устойчивых словосочетаний at a quarter.., in a loud, (a low, an angry voice) to have a good time a lot of to go for a walk such a... after a while in a day (a month, a week, a year)	Come at a quarter to 8. Don't speak to him in an angry voice. We had a good time in the country. She has got a lot of presents. Let's go for a walk. He is such a clever boy. You'll see them after a while. We are living in a day.

Использование определенного артикля the

если речь идет о конкретном лице или предмете	The pen is on the table.
при повторном упоминании того же самого объекта	I see a cat. The cat is black.
если слово обозначает нечто, существующее в единственном лице, с частями света	the sun, the moon, the Earth
со словами: only (только), main (главный), central (центральный), left (левый), right (правый), wrong (неправильный), next (следующий), last (последний), final (заключительный)	The only man I love the main road to the left, to the right It was the right answer. the final test
с порядковыми числительными	the first, the tenth

с прилагательными в превосходной степени	the kindest, the most interesting the best
с музыкальными инструментами и танцами	to play the piano, to dance the tango
с обобщающими существительными (класс людей» животных, термины, жанры)	The Britons keep their traditions.
с названиями музеев, кинотеатров, кораблей, галерей, газет, журналов	the Hermitage the Tretyakov Gallery the Avrora the Seasame Street
с названиями океанов, рек, морей, каналов, пустынь, групп, островов, штатов, горных массивов, наименований с of	the Atlantic ocean the Neva river the Black sea Changing of the Guard

Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний

in the middle, in the corner	The table is in the middle of the room.
in the morning, In the evening, in the afternoon	I never drink coffee in the evening.
what's the use?	What's the use of going there so late?
to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market	Do you like going to the theatre? He works at the shop.
at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market	The fact is that I have no money at all.
the fact is (was) that...	Where is the doctor?
where is the…?	We always spend summer in the country.
in the country, to the country	

Сколько бы прилагательных-определений ни стояло перед существительным, все эти определения ставятся между артиклем и существительным: A big, black, fat cat большой, черный, толстый кот.

Случаи, когда артикль не употребляется

если, перед существительным стоит притяжательное местоимение	a pen - my pen a dog - his dog the teacher - our teacher the apple - her apple
если перед существительным стоит указательное местоимение	the cats - those cats the books - these books a mouse - this mouse
если стоит другое существительное в притяжательном падеже	a car - father's car the horse - farmer's horse a bike - brother's bike the doll - sister's doll
если перед существительным стоит, количественное числительное	5 balls, 7 bananas, 2 cats
если перед существительным стоит отрицание "no"	She has no children. I see no birds.
перед именами	Mike, Kate, Jim, etc
с названиями дней недели	Sunday, Monday, etc.
с названиями месяцев	May, December, etc.
с названиями времен года	in spring, in winter
с названиями цветов	white, etc. I like green
с названиями спортивных игр	football, chess, etc.
с названиями блюд, напитков	tea, coffee, soup, etc,
с названиями праздников	Easter, Christmas, etc.

с названиями языков, если нет слова (язык). Если есть, нужен артикль the	English, etc. I learn English, the English language
с названиями стран	Russia, France, etc HO: the USA, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the Netheriands, the Ukraine, the Congo
с названиями городов	Moscow, Paris, etc.
с названиями улиц, площадей	Trafalgar Square
с названиями парков	St James' Park, Hyde Park
с названиями мостов	Tower Bridge
с названиями одиночных гор	Kilimanjaro
с названиями озер	Loch Ness
с названиями континентов	Asia, Australia, etc.
с названиями одиночных островов	Cyprus
если перед существительными стоит вопросительное или отрицательное местоимение	what animals can swim? I know what thing you have lost!

ГЛАГОЛ (THE VERB)

Глаголом называется часть речи, обозначающая действие или состояние предмета или лица.

В английском языке признаком глагола в неопределенной форме (инфинитиве) является частица to.

По своей структуре глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

to fire - стрелять; зажигать
to order - приказывать
to read - читать
to play - играть

2. Производные, состоящие из корня и префикса, из корня и суффикса или из корня, префикса и суффикса:

to unpack - распаковывать
to dismiss - увольнять, отпускать
to realize - представлять себе
to shorten - укорачивать (ся)
to encounter - встречать (ся), наталкивать (ся)
to regenerate - перерождаться, возрождаться

3. Сложные, состоящие из двух основ (чаще всего основы существительного или прилагательного и основы глагола):

to broadcast (broad + cast) - передавать по радио
to whitewash (white + wash) - белить

4. Составные, состоящие из глагольной основы и наречия или предлога:

to carry out - выполнять
to sit down - садиться

По значению глаголы делятся на смысловые и служебные.

1. Смысловые глаголы имеют самостоятельное значение, выражают действие или состояние: Lomonosov as a poet and scientist played a great role in the formation of the Russian literary language. Как поэт и ученый Ломоносов сыграл огромную роль в создании русского литературного языка.

2. Служебные глаголы не имеют самостоятельного значения и употребляются для образования сложных форм глагола или составного сказуемого. Они являются спрягаемым элементом сказуемого и в его формах выражается лицо, число и время. К ним относятся:

1. Глаголы-связки to be быть, to become становиться, to remain оставаться, to grow становиться, to get, to turn становиться, to look выглядеть, to keep сохраняться.

Every man is the maker of his own fortune. Каждый человек-творец своей судьбы.

2. Вспомогательные глаголы to be, to do, to have, to let, shall, will (should, would):

The kitchen was supplied with every convenience, and there was even a bath-room, a luxury the Gerhardts had never enjoyed before. На кухне имелись все удобства; была даже ванная комната- роскошь, какой Герхардты никогда до сих пор не обладали.

3. Модальные глаголы can, may, must, ought, need: He that would eat the fruit must climb the tree. Кто любит фрукты, должен влезть на дерево (чтобы сорвать). (Любишь кататься-люби и саночки возить.)

Все формы глагола в английском языке делятся на личные и неличные.

Личные формы глагола выражают время, лицо, число, наклонение. Они выполняют в предложении функцию сказуемого. К личным формам относятся все формы времен действительного и страдательного залога (изъявительного и сослагательного наклонения):

As you leave the Kremlin by Spassky Gate you come out on the Red Square. Если вы выходите из Кремля мимо Спасских Ворот, вы оказываетесь на Красной площади.

Неличные формы глагола не различаются по лицам и числам. Они не могут самостоятельно выполнять в предложении функцию сказуемого, но могут входить в его состав. К неличным формам относятся: инфинитив, причастие и герундий. Every step towards eliminating nuclear weapons is in the interests of every nation. Любой шаг в направлении уничтожения ядерного оружия служит интересам каждого государства.

Личные формы глагола в английском языке имеют три наклонения: изъявительное (the Indicative Mood), повелительное (the Imperative Mood) и сослагательное (the Subjunctive Mood).

Глаголы в изъявительном наклонении выражают реальное действие, передают факты:

His son goes to school. Его сын учится в школе.

She has written an interesting article. Она написала интересную статью.

A new building of the theatre was built in this street. На этой улице построили новое здание театра.

Глаголы в повелительном наклонении выражают приказание, просьбу, совет, запрещение, команду:

"Don't buy them", warned our cautious driver. "Не покупайте их", - предупредил наш осторожный шофер.

Undertake not what you cannot perform but be careful to keep your promise. Не беритесь за то, что не сможете выполнить, но старайтесь сдержать обещание.

Глаголы в сослагательном наклонении выражают действие не реальное, а желательное или предполагаемое: If there were no bad people, there would be no good lawyers. Если бы не было плохих людей, не было бы хороших адвокатов.

Как личные, так и неличные формы глагола имеют **два залога**: действительный (the Active Voice) и страдательный (the Passive Voice).

Глаголы в действительном залоге выражают действие, которое производится подлежащим: I inform you that I have carried out the mission. Сообщаю, что я выполнил задание.

Глаголы в страдательном залоге выражают действие, которое испытывает на себе подлежащее: I was informed that the mission had been carried out. Мне сообщили, что задание было выполнено.

Формы глагола могут выражать отношение между действием и временем. В русском языке бывают глаголы **совершенного и несовершенного вида**. **Глаголы совершенного вида** обозначают действие, которое закончено, и есть его результат:

Он прочитал эту статью с интересом.

Глаголы несовершенного вида обозначают действие, указывая на его повторяемость, длительность, незаконченность: Вчера он читал эту статью с интересом. (Но он мог и не прочитать ее).

Вид глагола в русском языке выражается либо изменением его формы, либо с помощью суффиксов и приставок. Видовые значения глагола в английском языке выражаются сочетанием вспомогательного глагола с причастием настоящего или прошедшего времени смыслового глагола.

В английском языке четыре видо-временных группы глагола: неопределенные времена (Indefinite Tenses), продолженные времена (Continuous Tenses), совершенные времена (Perfect Tenses), и совершенные продолженные времена (Perfect Continuous Tenses). В каждой временной группе три времени: настоящее (Present), прошедшее (Past), будущее (Future).

Глагол “to be”

A: Are you from England?
B: No, we aren't. We're from China.

He's Tom and she's Helen. They are friends.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Am I?
I am	I'm	I am not	I'm not	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Is he?
He is	He's	He is not	He isn't	Is she?
She is	She's	She is not	She isn't	Is it?
It is	It's	It is not	It isn't	Are we?
We are	We're	We are not	We aren't	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Are they?
They are	They're	They are not	They aren't	

Краткими ответами называются ответы на вопросы, начинающиеся с глагольной формы is /are; в кратком ответе содержание вопроса не повторяется. Употребляется только Yes или No, далее личное местоимение в именительном падеже и глагольная форма is (isn't) / are (aren't). Например: Are you British? No, I'm not.

Yes, I am /we are. No, I'm not/we aren't.
Yes, he/she/it is. No, he/she/it isn't.
Yes, they are. No, they aren't.

WAS/WERE

Bob is eighty. He's old and weak.
Mary, his wife is seventy-nine. She's old too.
Fifty years ago they were young. Bob was strong. He wasn't weak. Mary was beautiful. She wasn't old.

В прошедшем простом времени (past simple) глагол "to be" с личными местоимениями в именительном падеже имеет следующие формы: was для I, he, she, it и –were для –we, you, they. В вопросахwas/were ставятся перед личным местоимением в именительном падеже (I, you, he и т.д.) или существительным. Например: She was ill yesterday. -> Was she ill yesterday? Отрицания образуются путем постановки not после was/were. Например: She was not ill yesterday. She wasn't ill yesterday.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I was	I was not	I wasn’t	Was I?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
He was	He was not	He wasn’t	Was he?

She was	She was not	She wasn’t	Was she?
It was	It was not	It wasn’t	Was it?
We were	We were not	We weren’t	Were we?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
They were	They were not	They weren’t	Were they?

ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE

There is a sofa in the room. There are two pictures on the wall. There isn't a TV in the room. What else is there in the room?

Мы употребляем конструкцию there is/there are, чтобы сказать, что кто-то или что-то существует или находится в определенном месте. Краткая форма there is – there’s. There are не имеет краткой формы. Например: There is (There's) a sofa in the room. There are four children in the garden.

Вопросительная форма: Is there? Are there? Например: Is there a restaurant in the town? Are there any apples in the basket?

Отрицательная форма: There isn’t …/There aren’t … Например: There is not / isn't a man in the room. There are not/aren't any cars in the street.

Краткие ответы строятся с помощью Yes, there is/are или No, there isn't / aren't. Содержание вопроса не повторяется.

Yes, there is. No, there isn't.

Yes, there are. No, there aren't.

Мы употребляем there is / there are, чтобы сказать, что что-то существует или находится в определенном месте, it is / they are - когда уже упоминали об этом. Например: There is a house in the picture.

It is a big house. (Но не: It's a house in the picture.)

There are three books on the desk.

They are history books. (Но не: They are three books on the desk.)

Конструкция There was/There were

This is a modern town today.

There are a lot of tall buildings and shops. There are cars and there isn't much peace and quiet.

This is the same town fifty years ago.

There weren't any tall buildings. There were some old houses. There weren't many cars and there wasn't much noise.

Конструкция There was/There were - это There is / There are в форме past simple. There was употребляется с существительными в единственном числе. Например: There was a post office in the street thirty years ago. There were употребляется с существительными во множественном числе. Например: There were a few houses in the street thirty years ago.

В вопросах was/were ставятся перед there. Например: Was there a post office in the street thirty years ago? Were there any houses in the street thirty years ago?

Отрицания строятся путем постановки not после was / were. Например: There was not / wasn't a post office in the street thirty years ago. There were not / weren't any houses in the street thirty years ago.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
There was	There was not	There wasn't	Was there?
There were	There were not	There weren't	Were there?

Краткие ответы строятся с помощью Yes или No и there was/there were. Содержание вопроса не повторяется.

Was there a book on the desk? Yes, there was. No, there wasn't.

Were there any people in the shop? Yes, there were. No, there weren't.

Глагол Have got

A bird has got a beak, a tail and wings.
Has she got long hair? No, she hasn't. She's got short hair.
What have they got? They've got roller blades. They haven't got skateboards.
She has got a headache.

Have (got) используется:

а) чтобы показать, что что-то принадлежит кому-то. Например: He's got a ball.
б) при описании людей, животных или предметов. Например: She's got blue eyes.
в) в следующих высказываниях: I've got a headache. I've got a temperature. I've got a cough, I've got a toothache, I've got a cold, I've got a problem.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Have I (got)?
I have (got)	I've (got)	I have not (got)	I haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Has he (got)?
He has (got)	He's (got)	He has not (got)	He hasn't (got)	Has she (got)?
She has (got)	She's (got)	She has not (got)	She hasn't (got)	Has it (got)?
It has (got)	It's (got)	It has not (got)	It hasn't (got)	Have we (got)?
We have (got)	We've (got)	We have not (got)	We haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Have they (got)?
They have (got)	They've (got)	They have not (got)	They haven't (got)	

Had

Grandpa, did you have a TV when you were five?
No, I didn't. People didn't have TV's then. They had radios.

Have (had) в past simple имеет форму Had для всех лиц.

Вопросы строятся с помощью вспомогательного глагола did, личного местоимения в именительном падеже и глагола - have. Например: Did you have many toys when you were a child? Отрицания строятся с помощью did not и have. Например: I did not / didn't have many toys when I was a child.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I had	I did not have	I didn't have	Did I have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
He had	He did not have	He didn't have	Did he have?
She had	She did not have	She didn't have	Did she have?
It had	It did not have	It didn't have	Did it have?
We had	We did not have	We didn't have	Did we have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
They had	They did not have	They didn't have	Did they have?

Имя прилагательное. The Adjective

Категории	**Прилагательное в русском языке**	**Прилагательное в английском языке**
Число	изменяется	не изменяется
Род	изменяется	не изменяется
Падеж	изменяется	не изменяется

Образование имен прилагательных

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**

К **простым** именам прилагательным относятся прилагательные, не имеющие в своем составе

ни приставок, ни суффиксов: small - *маленький***, long -** *длинный***, white -** *белый***.**
К **производным** именам прилагательным относятся прилагательные, имеющие в своем составе **суффиксы** или **приставки**, или одновременно и те, и другие.

Суффиксальное образование имен прилагательных

Суффикс	Пример	Перевод
- ful	use**ful** doubt**ful**	**полезный** **сомневающийся**
- less	help**less** use**less**	**беспомощный** **бесполезный**
- ous	fam**ous** danger**ous**	**известный** **опасный**
- al	form**al** centr**al**	**формальный** **центральный**
- able	eat**able** cap**able**	**съедобный** **способный**

Приставочный способ образования имен прилагательных

Приставка	Пример	Перевод
un -	**un**cooked **un**imaginable	**невареный** **невообразимый**
in -	**in**capable **in**human	**неспособный** **негуманный**
il -	**il**legal **il**liberal	**нелегальный** **необразованный**
im -	**im**possible **im**practical	**невозможный** **непрактичный**
dis -	**dis**honest **dis**agreeble	**бесчестный** **неприятный**
ir -	**ir**regular **ir**responsible	**неправильный** **безответственный**
Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый, **snow-white –** белоснежный.		

Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing

- ed	**- ing**
Описывают чувства и состояния	**Описывают предметы, вещи, занятия, вызывающие эти чувства**
interested – интересующийся, заинтересованный	**interesting -** интересный
bored - скучающий	**boring -** скучный
surprised - удивленный	**surprising -** удивительный

Степени сравнения прилагательных

Английские прилагательные не изменяются ни по числам, ни по родам, но у них есть **формы степеней сравнения.**
Имя прилагательное в английском языке имеет **три формы** степеней сравнения:
- положительная степень сравнения **(Positive Degree);**
- сравнительная степень сравнения **(Comparative Degree);**
- превосходная степень сравнения **(Superlative Degree).**

Основная форма прилагательного - положительная степень. Форма сравнительной и

превосходной степеней обычно образуется от формы положительной степени одним из следующих способов:

1. -er. -est

Односложные прилагательные образуют **сравнительную степень** путем прибавления **к форме прилагательного в положительной степени** суффикса **- er.** Примерно, тоже самое мы делаем и в русском языке **-** добавляем "е" (большой - больше, холодный - холоднее).

Превосходная степень образуется путем прибавления суффикса **- est. Артикль the обязателен!!!**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
cold - холодный	cold**er -** холоднее	the cold**est -** самый холодный
big - большой	bigg**er -** больше	the bigg**est -** самый большой
kind - добрый	kind**er -** добрее	the kind**est -** самый добрый

По этому же способу образуются степени сравнения двусложных прилагательных оканчивающихся на **-y, -er, -ow, -ble:**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
clever — умный	clever**er - умнее**	**the** clever**est - самый умный**
easy - простой	eas**ier - проще**	**the** easi**est - самый простой**
able - способный	abl**er - способнее**	**the** abl**est - самый способный**
busy - занятой	bus**ier - более занятой**	**the** busi**est - самый занятой**

При образовании степеней сравнения посредством суффиксов **– er и – est** соблюдаются следующие **правила орфографии:**

Если прилагательное заканчивается на немое **"e" ,** то при прибавлении **– er и – est немое "e" опускается:**

large **–** larg**er - the** larg**est /** большой – больше – самый большой

brav**e – brav**er **– the** brav**est /** смелый – смелее – самый смелый

Если прилагательное заканчивается **на согласную с предшествующим кратким гласным звуком,** то в сравнительной и превосходной степени **конечная согласная буква удваивается:**

big – bigg**er –** bigg**est /** большой – больше – самый большой

hot – hott**er –** hott**est /** горячий – горячее – самый горячий

thin – thinn**er –** thinn**est /** тонкий – тоньше – самый тонкий

Если прилагательное **заканчивается на "y" с предшествующей согласной,** то в сравнительной и превосходной степени **"y" переходит в "i":**

busy – bus**ier – bus**iest **/ занятой – более занятой – самый занятой**

easy – eas**ier –** eas**iest / простой – проще – самый простой**

2. more, the most

Большинство двусложных прилагательных и прилагательных, состоящих из трех и более слогов, образуют сравнительную степень при помощи слова **more**, а **превосходную** – при помощи слова **most**.

Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful - красивый	**more beautiful -** красивее	**the most beautiful** - самый красивый
interesting – интересный	**more interesting -** интереснее	**the most interesting** - самый интересный
important - важный	**more important -** важнее	**the most important** - самый важный

Особые формы

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень

good - хороший **bad -** плохой **little -** маленький **much/many -** много **far -** далекий/далеко **old -** старый	**better -** лучше **worse -** хуже **less -** меньше **more -** больше **farther/further -** дальше **older/elder -** старше	**the best -** самый лучший **the worst -** самый плохой **the least -** самый маленький, меньше всего **the most -** больше всего **the farthest/furthest -** самый дальний **the oldest/eldest -** самый старый

3. less. the least

Для выражения **меньшей** или **самой низкой степени** качества предмета по сравнению с другими предметами употребляются соответствующие слова **less** – менее и **the least** – наименее, которые ставятся перед прилагательными в форме положительной степени.

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful – красивый **interesting -** интересный **important -** важный	**less beautiful -** менее красивый **less interesting –** менее интересный **less important -** менее важный	**the least beautiful –** самый некрасивый **the least interesting –** самый неинтересный **the least important –** самый неважный

Другие средства сравнения двух предметов или лиц

Конструкция	Комментарий	Примеры
As…as (такой же, так же)	**Для сравнения двух объектов одинакового качества**	He is **as** a strong **as** a lion Он такой же сильный, как лев. She is **as** clever **as** an owl**.** Она такая же умная, как сова.
Not so…as (не такой, как)	**в отрицательных предложениях**	He is **not so** strong **as** a lion. Он не такой сильный, как лев**.** She is **not so** clever **as** an owl. Она не такая умная, как сова.
The…the (с двумя сравнительными степенями)	**показывает зависимость одного действия от другого**	**The more** we are together **the happier** we are. Чем больше времени мы проводим вместе, тем счастливее мы становимся. **The more** I learn this rule **the less** I understand it. Чем больше я учу это правило, тем меньше я его понимаю.

Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:

- Сравнительная степень может быть усилена употреблением перед ней слов со значением **«гораздо, значительно»:**

His new book is **much more** interesting than previous one. *Его новая книга гораздо более интересная, чем предыдущая.*

This table **is more** comfortable than **that one**. *Этот стол более удобный чем тот.*

- После союзов **than** и **as** используются либо личное местоимение в именительном падеже с глаголом, либо личное местоимение в объектном падеже:

I can run **as** fast **as** him **(as he can).** *Я могу бегать так же быстро, как он.*

Числительное. The numeral

Перед **сотнями, тысячами, миллионами** обязательно называть их количество, даже если всего одна сотня или одна тысяча:

126 – one hundred twenty six

1139 – one thousand one hundred and thirty nine

В составе числительных – сотни, тысячи и миллионы не имеют окончания множественного числа: **two hundred – 200, three thousand – 3000, и т.д.**

НО: окончание множественного числа добавляется hundred, thousand, million, когда они выражают неопределенное количество сотен, тысяч, миллионов. В этом случае после них употребляется существительное с предлогом **"of":**

hundreds of children – сотни детей

thousands of birds- тысячи птиц

millions of insects – миллионы насекомых

Начиная с 21, числительные образуются так же как в русском языке:

20+1=21 (twenty + one = **twenty one**)

60+7=67 (sixty + seven = **sixty seven**) и т.д.

Как читать даты

1043	ten forty-three
1956	nineteen fifty-six
1601	sixteen o one
2003	two thousand three
В 2003 году	in two thousand three
1 сентября	the first of September
23 февраля	the twenty-third of February

ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)

В простых дробях (Common Fractions) числитель выражается количественным числительным, а знаменатель порядковым:

1/7- one seventh одна седьмая

При чтении простых дробей, если числитель их больше единицы, к знаменателю прибавляется окончание множественного числа -s:

2/4 - two fourths - две четвертых

2/3 -two thirds - две третьих

3 1/5 - three and one fifth - три целых и одна пятая

1/2 - one second, a second, one half, a half - одна вторая, половина

1/4 -one fourth, a fourth, one quarter, a quarter - одна четвертая, четверть

В десятичных дробях (Decimal Fractions) целое число отделяется точкой, и каждая цифра читается отдельно. Нуль читается nought [no:t] (в США - zero ['zierou]).

4.25 four point twenty-five; four point two five

0.43 nought point forty-three; nought point four three

Существительные, следующие за дробью, имеют форму единственного числа, и перед ними при чтении ставится предлог -of:

2/3 metre- two thirds of a metre

две третьих метра

0.05 ton - nought point nought five of a ton

ноль целых пять сотых тонны

Существительные, следующие за смешанным числом, имеют форму множественного числа и читаются без предлога of:

35 1 /9 tons -thirty-five and one ninth tons

14.65 metres -one four (или fourteen) point six five (или sixty-five) metres

В обозначениях номеров телефонов каждая цифра читается отдельно, нуль здесь читается [ou]:
224-58-06 ['tu:'tu:'fo:'faiv'eit'ou'siks]

Образование видовременных форм глагола в активном залоге

Present Simple употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,

2. повторяющихся и повседневных действий (часто со следующими наречиями: always, never, usually и т.д.). Mr Gibson is a businessman. He lives in New York, (постоянное состояние) He usually starts work at 9 am. (повседневное действие) He often stays at the office until late in the evening, (повседневное действие)

3. непреложных истин и законов природы, The moon moves round the earth.

4. действий, происходящих по программе или по расписанию (движение поездов, автобусов и т.д.). The bus leaves in ten minutes.

Маркерами present simple являются: usually, always и т.п., every day / week / month / year и т.д., on Mondays I Tuesdays и т.д., in the morning / afternoon / evening, at night / the weekend и т.д.

Present Continuous употребляется для выражения:

1. действий, происходящих в момент речи He is reading a book right now.

2. временных действий, происходящих в настоящий период времени, но не обязательно в момент речи She is practising for a concert these days. (В данный момент она не играет. Она отдыхает.)

3. действий, происходящих слишком часто и по поводу которых мы хотим высказать раздражение или критику (обычно со словом "always") "You're always interrupting me!"(раздражение)

4. действии, заранее запланированных на будущее. He is flying to Milan in an hour. (Это запланировано.)

Маркерами present continuous являются: now, at the moment, these days, at present, always, tonight, still и т.д.

Во временах **группы Continuous** обычно **не употребляются** глаголы:

1. выражающие восприятия, ощущения (see, hear, feel, taste, smell), Например: This cake tastes delicious. (Но не: This cake is tasting delicious)

2. выражающие мыслительную деятельность [know, think, remember, forget, recognize(ze), believe, understand, notice, realise(ze), seem, sound и др.],
Например: I don't know his name.

3. выражающие эмоции, желания (love, prefer, like, hate, dislike, want и др.), Например: Shirley loves jazz music.

4. include, matter, need, belong, cost, mean, own, appear, have (когда выражает принадлежность) и т.д. Например: That jacket costs a tot of money. (Но не: That jacket is costing a lot of money.)

Present perfect употребляется для выражения:

1. действий, которые произошли в прошлом в неопределенное время. Конкретное время действия не важно, важен результат, Kim has bought a new mobile phone. (Когда она его купила? Мы это не уточняем, поскольку это не важно. Важного, что у нее есть новый мобильный телефон.)

2. действий, которые начались в прошлом и все еще продолжаются в настоящем, We has been a car salesman since /990. (Он стал продавцом автомобилей в 1990 году и до сих пор им является.)

3. действий, которые завершились совсем недавно и их результаты все еще ощущаются в настоящем. They have done their shopping. (Мы видим, что они только что сделали покупки, поскольку они выходят из супермаркета с полной тележкой.)

4. Present perfect simple употребляется также со словами "today", "this morning / afternoon" и т.д., когда обозначенное ими время в момент речи еще не истекло. He has made ten photos this morning. (Сейчас утро. Указанное время не истекло.)

К маркерам present perfect относятся: for, since, already, just, always, recently, ever, how long, yet, lately, never, so far, today, this morning/ afternoon / week / month / year и т.д.

Present perfect continuous употребляется для выражения:

1. действий, которые начались в прошлом и продолжаются в настоящее время He has been painting the house for three days. (Он начал красить дом три дня назад и красит его до сих пор.)

2. действий, которые завершились недавно и их результаты заметны (очевидны) сейчас. They're tired. They have been painting the garage door all morning. (Они только что закончили красить. Результат их действий очевиден. Краска на дверях еще не высохла, люди выглядят усталыми.)

Примечание.

1. С глаголами, не имеющими форм группы Continuous, вместо present perfect continuous употребляется present perfect simple. Например: I've known Sharon since we were at school together. (А не: I've been knowing Sharon since we were at school together.)

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется.

Например: He has been living/has lived here since 1994.

К маркерам present perfect continuous относятся: for. since. all morning/afternoon/week/day и т.д., how long (в вопросах).

Past simple употребляется для выражения:

1. действий, произошедших в прошлом в определенное указанное время, то есть нам известно, когда эти действия произошли, They graduated four years ago. (Когда они закончили университет? Четыре года назад. Мы знаем время.)

2. повторяющихся в прошлом действий, которые более не происходят. В этом случае могут использоваться наречия частоты (always, often, usually и т.д.), He often played football with his dad when he was five. (Но теперь он уже не играет в футбол со своим отцом.) Then they ate with their friends.

3. действий, следовавших непосредственно одно за другим в прошлом.

They cooked the meal first.

4. Past simple употребляется также, когда речь идет о людях, которых уже нет в живых. Princess Diana visited a lot of schools.

Маркерами past simple являются: yesterday, last night / week / month / year I Monday и т.д., two days I weeks I months I years ago, then, when, in 1992 и т.д.

People used to dress differently in the past. Women used to wear long dresses. Did they use to carry parasols with them? Yes, they did. They didn't use to go out alone at night.

• **Used to** (+ основная форма глагола) употребляется для выражения привычных, повторявшихся в прошлом действий, которые сейчас уже не происходят. Эта конструкция не изменяется по лицам и числам. Например: Peter used to eat a lot of sweets. (= Peter doesn't eat many sweets any more.) Вопросы и отрицания строятся с помощью did / did not (didn't), подлежащего и глагола "use" без -d.

Например: Did Peter use to eat many sweets? Mary didn't use to stay out late.

Вместо "used to" можно употреблять past simple, при этом смысл высказывания не изменяется. Например: She used to live in the countryside. = She lived in the countryside.

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

Past continuous употребляется для выражения:

1. временного действия, продолжавшегося в прошлом в момент, о котором мы говорим. Мы не знаем, когда началось и когда закончилось это действие, At three o'clock yesterday

afternoon Mike and his son were washing the dog. (Мы не знаем, когда они начали и когда закончили мыть собаку.)

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (snorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

Past perfect употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,
They had done their homework before they went out to ptay yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to ptay.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом,
She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.
(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) ЛИ isn 't at home. She has gone out. (Сечас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

Future simple употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... whilo I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

Be going to употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,
Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time. *This time next week, we'll be cruising round the islands.*

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*
No. Why?
I need to make some photocopies.

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock*.

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

Практическая работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: модальные глаголы и их эквиваленты, образование видовременных форм глагола в пассивном залоге, основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь, неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий, основные сведения о сослагательном наклонении.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице:

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Модальные глаголы и их эквиваленты	295	47
Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге	236	71, 115
Основные сведения о согласовании времён	323-328	269
Прямая и косвенная речь	324	268
Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий	311-322	132, 162, 173, 192, 193
Основные сведения о сослагательном наклонении	329	224

Модальные глаголы

Глаголы	**Значение**	**Примеры**
CAN	физическая или умственная возможность/умение	I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать.
	возможность	You can go now. — Ты можешь идти сейчас.You cannot play

		football in the street. – На улице нельзя играть в футбол.
	вероятность	They can arrive any time. – Они могут приехать в любой момент.
	удивление	Can he have said that? – Неужели он это сказал?
	сомнение, недоверчивость	She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала.
	разрешение	Can we go home? — Нам можно пойти домой?
	вежливая просьба	Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час?
MAY	разрешение	May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу?
	предположение	She may not come. – Она, возможно, не придет.
	возможность	In the museum you may see many interesting things. – В музее вы можете увидеть много интересных вещей.
	упрек – только **MIGHT (+ perfect infinitive)**	You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать.
MUST	обязательство, необходимость	He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги.
	вероятность (сильная степень)	He must be sick. — Он, должно быть, заболел.
	запрет	Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должны кормить животных в зоопарке.
SHOULD OUGHT TO	моральное долженствование	You ought to be polite. – Вы должны быть любезными.
	совет	You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу.
	упрек, запрет	You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт.
SHALL	указ, обязанность	These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила будут действовать при любых обстоятельствах.
	угроза	You shall suffer. — Ты будешь страдать.
	просьба об указании	Shall I open the window? – Мне открыть окно?
WILL	готовность, нежелание/отказ	The door won't open. — Дверь не открывается.
	вежливая просьба	Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной?
WOULD	готовность, нежелание/отказ	He would not answer this question. – Он не будет отвечать на этот вопрос.
	вежливая просьба	Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со мной.
	повторяющееся/привычное действие	We would talk for hours. – Мы беседовали часами.
NEED	необходимость	Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать?
NEEDN'T	отсутствие необходимости	She needn't go there. — Ей не нужно туда идти.
DARE	Посметь	How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить?

Модальные единицы эквивалентного типа		
to be able (to) = can	Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент	She **was able** to change the situation then. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить ситуацию).
to be allowed (to) = may	Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения	My sister **is allowed to** play outdoors. (Моей сестре разрешается играть на улице).
to have (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах	They **will have to** set up in business soon. (Им вскоре придется открыть свое дело).
to be (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д.	We **are to** send Nick about his business. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника)

Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходить, to fly летать, cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться
to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. –At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технический инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)
This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)
Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)
Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

Прямой пассив (The Direct Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.
My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это:to answer отвечать кому-л.
to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.
to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:
Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

Косвенный пассив (The Indirect Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.
б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся:to bring приносить
to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять
to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить
to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать
to teach учить to tell сказать и др.
Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.
Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)
A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:
John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.
The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):
He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили…Кому? Это глаголы:to address адресовать
to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать
to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.

Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам. The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained…)

Употребление Страдательного залога

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия (70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:
He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:
The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:
The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:
The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)
The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:
The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:
The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:
He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

Перевод глаголов в форме Passive

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:
I am invited to a party.
Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на –ся(-сь):
Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.
Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):

The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.
I was told that you're ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с by при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):
They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:
The experiments were made last year.
1) Опыты были проведены в прошлом году.
2) Опыты проводились в прошлом году.
3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском she и she, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения it с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:
It is said… Говорят… It was said… Говорили…
It is known… Известно… It was thought…Думали, полагали…
It is reported… Сообщают… It was reported…Сообщали…и т.п.

В таких оборотах it играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

Согласование времен (Sequence of Tenses)

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

Правило 1: Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

Правило 2: Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

Переход из одного времени в другое	Примеры	
Present Simple » Past Simple	He **can speak** French – Он говорит по-французски.	Boris said that he **could speak** French – Борис сказал, что он говорит по-французски.
Present Continuous » Past Continuous	They **are listening** to him – Они слушают его	I **thought** they **were listening** to him – Я думал, они слушают его.
Present Perfect » Past Perfect	Our teacher **has asked** my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему.	Mary **told** me that our teacher **had asked** my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему.
Past Simple » Past Perfect	I **invited** her – Я пригласил ее.	Peter **didn't know** that I **had invited** her – Петр не знал, что я

		пригласил ее.
Past Continuous » Past Perfect Continuous	She **was crying** – Она плакала	John **said** that she **had been crying** – Джон сказал, что она плакала.
Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous	It **has been raining** for an hour – Дождь идет уже час.	He **said** that it **had been raining** for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь.
Future Simple » Future in the Past	She **will show** us the map – Она покажет нам карту.	I **didn't expect** she **would show** us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту.

Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

Перевод прямой речи в косвенную в английском языке

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. ***Убираем кавычки и ставим слово that***

Например, у нас есть предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово that – «что».

She said that ….. Она сказала, что….

2. ***Меняем действующее лицо***

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не может говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she ….. Она сказала, что она….

3. Согласовываем время

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшем временем. Возьмем наше предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем will на would. *см. таблицу выше.*

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

4. Меняем некоторые слова

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, “I am driving now”. Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) *см. таблицу выше.*

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

Вопросы в косвенной речи в английском языке

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

He asked, “Do you like this cafe?” Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.

Давайте рассмотрим еще один пример:

She said, “Will he call back?” Она сказала: «Он перезвонит?»

She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.

Специальные вопросы в косвенной речи

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why - почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

She said, “When will you come?”. Она сказала: «Когда ты придешь?»

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

She said when I would come. Она сказала, когда я приду.

He asked, “Where does she work?” Он спросил: «Где она работает?»

He asked where she worked. Он спросил, где она работает.

Инфинитив. The Infinitive

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы not, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. *Было трудно не говорить.*

Формы инфинитива

	Active Voice	Passive Voice
Simple	to write	to be written
Continuous	to be writing	
Perfect	to have written	to have been written
Perfect Continuous	to have been writing	

Глаголы, после которых используется инфинитив:

to agree - соглашаться
to arrange - договариваться
to ask – (по)просить
to begin – начинать
to continue – продолжать

to decide – решать
to demand - требовать
to desire – желать
to expect – надеяться
to fail – не суметь
to forget – забывать
to hate - ненавидеть
to hesitate – не решаться
to hope - надеяться
to intend – намереваться
to like – любить, нравиться
to love – любить, желать
to manage - удаваться
to mean - намереваться
to prefer - предпочитать
to promise - обещать
to remember – помнить
to seem - казаться
to try – стараться, пытаться
to want – хотеть
Например:
He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*
She began to talk. *Она начала говорить.*

Значение разных форм инфинитива в таблице

Формы инфинитива	**Чему я рад?**	
Simple	I am glad **to speak** to you.	Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами).
Continuous	I am glad **to be speaking** to you.	Рад, что сейчас разговариваю с вами.
Perfect	I am glad **to have spoken** to you.	Рад, что поговорил с вами.
Perfect Continuous	I am glad **to have been speaking** to you.	Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами.
Simple Passive	I am (always) glad **to be told** the news.	Всегда рад, когда мне рассказывают новости.
Perfect Passive	I am glad **to have been told** the news.	Рад, что мне рассказали новости.

Причастие. Participle

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

Формы причастия

		Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Participle I (Present Participle)	Simple	**writing**	**being written**
	Perfect	**having written**	**having been written**
Participle II (Past Participle)			**written**

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая,not broken — не разбитый.

Как переводить разные формы причастия на русский язык

Формы причастия	причастием	деепричастием
reading	читающий	читая

having read		прочитав
being read	читаемый	будучи читаемым
having been read		будучи прочитанным
read	прочитанный	
building	строящий	строя
having built		построив
being built	строящийся	будучи строящимся
having been built		будучи построенным
built	построенный	

Герундий. Gerund

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

Формы герундия

	Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Simple	**writing**	**being written**
Perfect	**having written**	**having been written**

Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!

admit (признавать), advise (советовать), avoid (избегать),
burst out (разразиться), delay (задерживать), deny (отрицать),
dislike (не нравиться), enjoy (получать удовольствие), escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить), forgive (прощать), give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать), mention (упоминать), mind (возражать - только в “?”и “-“),
miss (скучать), put off (отложить), postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать), suggest (предлагать), understand (понимать).

Герундий после глаголов с предлогами

accuse of (обвинять в), agree to (соглашаться с), blame for (винить за),
complain of (жаловаться на), consist in (заключаться в), count on /upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с), depend on (зависеть от), dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться), hear of (слышать о), insist on (настаивать на),
keep from (удерживать(ся) от), look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),
look like (выглядеть как), object to (возражать против),
persist in (упорно продолжать), praise for (хвалить за), prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на), result in (приводить к), speak of, succeed in (преуспевать в),
suspect of (подозревать в), thank for (благодарить за), think of (думать о)

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

to be + прилагательное / причастие + герундий

be afraid of (бояться чего-либо), be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо), be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к), be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным), be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за), be sorry for (сожалеть о чем-либо),
be surprised at (удивляться чему-либо), be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).

I’m tired of waiting. — *Я устал ждать.*

Основные сведения о сослагательном наклонении

Conditionals are clauses introduced with if. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

Type 0 Conditionals: They are used to express something which is always true. We can use when (whenever) instead of it. *If/When the sun shines, snow melts.*

Type 1 Conditionals: They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

Type 2 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

Type 3 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

	If-clause (hypothesis)	Main clause (result)	Use
Type 0 general truth	if + present simple	present simple	something which is always true
	If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice.		
Type 1 real present	if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous	future/imperative can/may/might/must/should/ could + bare infinitive	real - likely to happen in the present or future
	If he doesn't pay the fine, he will go to prison. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 unreal present	if + past simple or past continuous	would/could/might + bare infinitive	imaginary situation contrary to facts in the present; also used to give advice
	If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice)		
Type 3 unreal past	if + past perfect or past perfect continuous	would/could/might + have + past participle	imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism
	If she had studied harder, she would have passed the test. If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished.		

Conditional clauses consist of two parts: the if -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the if - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the if - clause, then no comma is necessary.

e.g. a) If I see Tim, I'll give him his book.

b) I'll give Tim his book if I see him.

We do not normally use will, would or should in an if - clause. However, we can use will or would after if to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as / don't know, I doubt, I wonder, etc.).

We can use should after if to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

e.g. a) If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)

b) If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)

c) If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)

d) I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)

e) If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)

We can use unless instead of if... not in the if -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after unless.

e.g. Unless you leave now, you'll miss the bus. (If you don't leave now, you'll miss the bus.) (NOT: Unless you don't leave now, ...)

We can use were instead of was for all persons in the if - clause of Type 2 conditionals.

e.g. If Rick was/were here, we could have a party.

We use If I were you ... when we want to give advice.

e.g. If I were you, I wouldn't complain about it.

The following expressions can be used instead of if: provided/providing that, as long as, suppose/supposing, etc.

e.g. a) You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)

b) We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)

c) Suppose/Supposing the boss came now, …

We can omit if in the if - clause. When if is omitted, should (Type 1), were (Type 2), had (Type 3) and the subject are inverted.

e.g. a) Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)

b) Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)

c) Had he known, he would have called. (If he had known, ...)

2. Чтение и перевод учебных текстов (по 2 текста на тему)

№1

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

appear - v появляться; казаться; *ant* **disappear -** исчезать

bed - *n* пласт, слой, подстилающие породы; *syn* **layer, seam; bedded -** *a* пластовый

call for - v требовать; *syn* **demand, require**

carry out - v проводить *(исследование, эксперимент);* выполнять *(план);* завершать; *syn* **conduct, make**

colliery - каменноугольная шахта

concentration (dressing) plant - обогатительная фабрика, обогатительная установка

department - *n* отделение, факультет, кафедра; *syn* **faculty**

direct - v руководить; направлять; управлять; *a* прямой, точный; **directly -** *adv* прямо, непосредственно

education - *n* образование; просвещение; **get an education** получать образование

establish - v основывать, создавать, учреждать; *syn* **found, set up**

ferrous metals - чёрные металлы **(non-ferrous metals** цветные металлы)

iron - *n* железо; **pig iron** чугун; **cast iron** чугун, чугунная отливка

open-cast mines - открытые разработки

ore - *n* руда; **iron ore -** железная руда; **ore mining –** разработка рудных месторождений

process - v обрабатывать; *syn* **work, treat; processing -** n обработка; разделение минералов

rapid - *a* быстрый

research - *n* научное исследование

technique - *n* техника, способ, метод, технический прием; **mining technique -** горная техника, методы ведения горных работ

train - v обучать, готовить *(к чему-л.);* **training** - обучение; подготовка

to be in need of - нуждаться в

to take part in - участвовать в

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 1: The First Mining School in Russia

The Moscow Mining Academy was established in 1918. The main task of the Academy was to train mining engineers and technicians, to popularize technological achievements among miners, to work on important problems of mining and metallurgical engineering arid to direct scientific research.

There were three departments in the Academy: mining, geological prospecting and metallurgy. The Moscow Mining Academy introduced a new course in coal mining mechanization which provided the basis for the development of mining engineering. The two scientists A.M. Terpigorev and M.M. Protodyakonov wrote the first textbook on machinery for mining bedded deposits.

Much credit for the establishment of the Moscow Mining Academy and the development of co-operation among outstanding scientists and educators is due to Academician I.M. Gubkin, a prominent geologist and oil expert.

In 1925 the Moscow Mining Academy was one of the best-known educational institutions in Russia. It had well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of Russian and foreign scientific books and journals.

The Academy established close contacts with the coal and ore mining industries. The scientists carried out scientific research and worked on important mining problems.

The rapid growth of the mining industry called for the training of more highly-qualified specialists and the establishment of new educational institutions.

New collieries and open-cast mines, concentration plants, metallurgical works and metal-working factories for processing non-ferrous and ferrous metals appeared in the country. The people took an active part in the construction of new industrial enterprises.

The Academy alone could not cope with the problem of training specialists. In 1930 the Moscow Mining Academy was transformed into six independent institutes. Among the new colleges which grew out of the Academy's departments were the Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting. Later, the scientific research Institute of Mining appeared near Moscow.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. There were four departments in the Academy.
2. The Academy introduced a new course in coal mining mechanization.
3. In 1925 the Academy had only several well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of books.
4. The Academy established close contacts with the coal industry.
5. In 1930 the Academy was transformed into six independent institutes.
6. The Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting were among the new colleges which grew out of the Academy's departments.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What was the main task of the Academy?
2. What new course did the Academy introduce?
3. Were there three or four departments at the Academy?
4. What industries did the Academy establish contacts with?
5. Who wrote the first textbook on machinery' for mining bedded deposits?
6. Why was the Academy transformed into six independent institutes?
7. Why was the Academy transformed?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) обогатительная фабрика
б) подготовка горных инженеров
в) разведка нефти
г) обработка цветных металлов

д) техническое образование
е) новый (учебный) курс по
ж) принимать активное участие
з) проводить исследования
и) направлять научную деятельность
к) горное оборудование
л) пластовые месторождения

№2

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

change - v изменяться, менять(ся); *syn.* **transform, alter;** *n* изменение, перемена; превращение

determine - v определить, устанавливать

engineering - *n* техника; технология; машиностроение**;** *syn.* **technics, technology, technique; machinery**

composition - *n* структура, состав

connect - v соединяться; *syn* **combine, link**

enterprise - *n* предприятие; предприимчивость

deal (dealt) v **(with) -** иметь дело с; рассматривать

environment - *n* окружающая обстановка**,** среда

demand - *n* спрос

field - *n* область, сфера деятельности; поле, участок, месторождение; бассейн; *syn* **basin, branch**

design - *n* проект; план, чертеж; конструкция; v проектировать, планировать; конструировать

graduate - v окончить (высшее учебное заведение), *амер.* окончить любое учебное заведение; *n* лицо, окончившее высшее учебное заведение; **undergraduate (student) -** студент последнего курса; **postgraduate (student) -** аспирант; **graduation paper -** дипломная работа

hardware - *n* аппаратура, (аппаратное) оборудование, аппаратные средства; техническое обеспечение

hydraulic - *a* гидравлический, гидротехнический

introduction - *n* введение, вступление

management - *n* управление, заведование; *syn.* **administration; direction**

offer - *v* предлагать *(помощь, работу);* предоставлять; *n* предложение

property - *n* свойство

protection - *n* защита, охрана

range - *n* область, сфера; предел; диапазон; радиус действия; ряд; серия

recreation - *n* отдых, восстановление сил; развлечение

reveal - v показывать, обнаруживать

rock - *n* горная порода

shape - *n* форма

software - *n* программное обеспечение; программные средства

skill - *n* мастерство; умение; **skilled -** *a* квалифицированный; опытный; умелый

survey - *n* съемка, маркшейдерская съемка; v производить маркшейдерскую или топографическую съемку, производить изыскания; *n* **surveying** съемка, маркшейдерские работы

value - *n* ценность, стоимость; величина; v ценить, оценивать; **valuable** *a* ценный

workshop - *n* мастерская, цех; семинар

to be of importance - иметь значение

to give an opportunity of - дать возможность

to meet the requirements - удовлетворять требованиям (потребности)

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 2: Mining and Geological Higher Education in Russia

In Russia young people get mining education at special institutes which train geologists and mining engineers for coal and ore mining. The total number of students of an institute includes full-time students, part-time students and postgraduate students.

Russian higher educational establishments offer different specializations for the students. Thus, at the geological institutes, the students specialize in geology, the science which deals with different problems connected with the Earth, its history, the study of rocks, their physical and chemical properties. One of the main tasks of geology is to prospect, discover and study the deposits of useful minerals.

Geology is both a theoretical and an applied science. Mining geology is of great importance to the mining engineer. As a rule, mining geology includes economic geology.

The outstanding Russian geologist V.A. Obruchev says that geology is the science of the Earth which reveals to us how the Earth took shape, its composition and its changes. Geology helps prospect for ores, coal, oil, salt and other useful minerals.

Higher mining schools (universities, academies, institutes and colleges) develop a wide range of courses and programmes that meet the requirements of the society .They offer courses in mining technology, machinery and transport, hydraulic engineering, electrical engineering, industrial electronics, automation, surveying, geodesy, information technology, etc.

The main trend in the development of higher mining education is the introduction of courses in environmental protection, management (environmental human resources), economics and management of mining enterprises, marketing studies, computer-aided design (CAD) and others.

Computer science is also of great importance. The course aims at providing students with understanding how software and hardware technology helps solving problems.

Laboratory work is an important part in training specialists. Experiments in laboratories and workshops will help students to develop their practical skills. They have a short period of field work to gain working experience.

The students go through practical training at mines, plants and other industrial enterprises.. They become familiar with all stages of production and every job from worker to engineer. Here they get practical knowledge and experience necessary for their diploma (graduation) papers.

A lot of students belong to students' scientific groups. They take part in the research projects which their departments usually conduct. Postgraduates carry out research in different fields of science and engineering.

Sport centres give the students opportunities to play different sports such as tennis, football, basketball, volleyball, swimming, ' skiing, water polo, boxing, wrestling and others.

Students graduate from mining and geological higher schools as mining engineers, mining mechanical engineers, ecologists, mining electrical engineers, geologists, economists and managers for mining industry.

1. Переведите следующие сочетания слов.

а) широкий круг проблем
б) денные месторождения полезных ископаемых
в) горный инженер-механик
г) вести научно-исследовательскую работу
д) принимать форму
е) техническое и программное обеспечение
ж) студенты (последнего курса)
з) дипломная работа
и) физические и химические свойства
к) месторождение полезных ископаемых

1. оканчивать институт
2. поступать в университет
3. получать образование

4. готовить геологов и горних инженеров
5. высшие горные учебные заведения
6. приобретать опыт
7. студенческие научные общества
8. заниматься различными видами спорта

№3

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accurate - *a* точный, правильный; **accuracy -** *n* точность

archive - *n* архив

attend - v посещать *(лекции, практические занятия, собрания)*

comprehensive - *a* всесторонний, исчерпывающий

concern - v касаться, относиться; иметь отношение к чему-л.; *n* дело, отношение; важность; **concerning** *prep* относительно, касательно

consider - v рассматривать; считать; **considerable -** значительный, важный; **consideration -** *n* рассмотрение; обсуждение

draw (drew, **drawn**) - v *зд,* чертить, рисовать; **draw the conclusion** делать вывод; *syn* **come to the conclusion**

employ - v применять, использовать; предоставлять *(работу); syn* **use, utilize, apply; employment -** *n* служба; занятие; применение, использование

familiarize - v знакомить; осваивать

fundamental - *n pl* основы *(наук)*

levelling - *n* нивелирование, сглаживание *(различий);* выравнивание

number - *n* число, количество, большое количество; *(порядковый)* номер, ряд

observe - v наблюдать, следить *(за чём-л.),* соблюдать *(правило, обычаи)*

obtain - v получать; достигать; добывать; *syn* **get, receive**

present - v преподносить, дарить; подавать, представлять; **presentation -** *n* изложение; предъявление

proximity - *n* близость, соседство; **in proximity to** поблизости, вблизи от *(чего-л.)*

require - v требовать; *syn* **call for; demand; meet the requirements** удовлетворять требованиям

traversing - *n* горизонтальная съемка

to keep in close touch with - поддерживать связь с

to touch upon (on) затрагивать, касаться вкратце *(вопроса)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 3: Mining Education in Great Britain

In Great Britain the students get mining education at special colleges and at mining departments of universities.

For example, the Mining Department at the University of Nottingham ranks as one of the foremost teaching and research mining schools in Great Britain. The students come to the University from all parts of the country and from abroad. The close proximity of Nottingham to mines extracting coal and different metals makes it possible for the University to keep in close touch with new achievements in mining.

The aim of training at the University is to give the student an understanding of applied science based on lectures, tutorial system, laboratory work and design classes. The laboratory work trains the student in accurate recording of observations, drawing of logical conclusions and presentation of scientific reports. Besides, it gives the student an understanding of experimental methods and familiarizes him (or her) with the characteristics of engineering materials, equipment and machines.

At Nottingham there are two types of laboratories, general and Specialized. General laboratories deal with the fundamentals of engineering science and specialized ones1 study the more specialized problems in different branches of engineering.

During the final two years of his course the student gets a comprehensive training in surveying. Practical work both in the field and in drawing classes forms an important part of this course. Besides, the students have practical work in survey camps during two weeks. The equipment available for carrying out traversing, levelling, tacheometric and astronomical surveying is of the latest design.

The practical and laboratory work throughout the three or four years of study forms a very important part of the course, so the students obtain the required standard in their laboratory course work before they graduate.

British educational system is fee-paying. The annual fee includes registration, tuition, examination, graduation and, in the case of full-time students, membership of the Union of Students.

Students from all over the world (nearly 100 countries) study at the University of Nottingham. For many years the University has had a thriving community of international students.

The University pays much attention to learning foreign languages. For individual study there is a 16-place self-access tape library with a tape archive of 3,000 tapes in 30 languages. There are also 16 video work stations where the students play back video tapes or watch TV broadcasts in a variety of languages.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. In Great Britain the students can get mining education only at special colleges.
2. The training at universities is based on tutorial system.
3. The laboratory work familiarizes the student with modern equipment.
4. There are three types of laboratories at the University of Nottingham.
5. When the students study surveying, they have practical work both in the field and in drawing classes.
6. The students from abroad don't study at Nottingham.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Where can one get mining education in Great Britain?
2. Is the Mining Department at the University of Nottingham one of the foremost research mining schools in Great Britain?
3. What makes it possible for the University to keep in close touch with the, achievements in mining?
4. What are the students supposed to do in the laboratories?
5. Will the students have practical work in survey camps or in the laboratories?
6. What do the students use surveying equipment for?
7. What can you say about studying foreign languages at the University?

№4

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advance - *n* прогресс, успех; продвижение вперед; v делать успехи, развиваться, продвигаться вперед; **advanced courses** курсы по расширенной программе

authority - *n* администрация; начальство

differ - v (from) отличаться (от); **difference** *n* различие; разница; **different** *a* различный; *syn* **various**

excavate - v добывать *(уголь);* вырабатывать полезное ископаемое открытым способом; вынимать *(грунт);* **excavation** - *n* открытая разработка карьером; разрез, карьер; **surface excavation** открытая разработка; *syn* **open-cast (opencast)**

experience - *n* жизненный опыт; опыт работы; стаж

found - v основывать**; *syn* establish, set up; foundation -** *n* основание; учреждение; основа; **lay the foundation** положить начало чему-л , заложить основу чего-л.

manage - v управлять, заведовать, справляться, уметь обращаться; **management -** *n* управление, заведование; правление, дирекция; **management studies -** наука об управлении

mean (meant) - *v* значить, иметь значение, подразумевать; намереваться, иметь в виду; **means -** *n, pl* средства, **meaning -** *n* значение, **by means of** посредством (чего-л)

metalliferous – *a* содержащий металл, рудоносный

preliminary - *a* предварительный**; preliminary course** подготовительные курсы

realize - v представлять, себе; понимать *(во всех деталях); **syn*** **understand**

recognize - *v* признавать; узнавать

work out -v разрабатывать *(план);* решать задачу

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 4: Mining Education in Great Britain (continued)

At present in Great Britain there are a number of universities and colleges which give instruction in mechanical engineering, mining, metallurgy, etc. These institutions provide full-time and part-time education. It should be noted that technical colleges confer diplomas' on college graduates.

A university graduate leaves with the degree of Bachelor of Arts or Bachelor of Science, which is an academic qualification awarded by universities.

For example, the University in Cardiff has become one of the largest in Wales. It is one of the four colleges which together with the Welsh National School of Medicine form the University of Wales. There is the Mining Engineering Department in the University of Wales. The Department deals with the whole range of extractive industries such as coal and metalliferous mining, quarrying and oil technology.

After graduating from the college a student can be recommended for entry to the university by a college authority and he can apply for admission to the university.

At the Mining Department students may take several courses such as geology, mining engineering, mine surveying, quarrying, management studies and others. It has become a tradition that the courses are based on an intensive tutorial system. It means that students are allotted to members of the teaching staff for individual tuition separately in mining, in quarrying and in mine surveying. The system is founded on that of the older universities of Great Britain.

At the Department of Mining Engineering of the Newcastle University mining has now become a technically advanced profession. The Department of Mining Engineering trains industrially experienced engineers through various advanced courses in rock mechanics and surface excavation. For many years the Mining Engineering Department at Newcastle has recognized the need for highly-qualified engineers and realized that the courses in rock mechanics and surface excavation are of great importance for mining engineers.

At the University a student studies for three or four years. The organization of the academic year is based on a three-term system which usually runs from about the beginning of October to the middle of December, from the middle of January to the end of March and from the middle of April to the end of June or the beginning of July.

Students course is designed on a modular basis. Modules are self-contained 'units' of study, which are taught and assessed independently of each other. When a student passes a module, he (she) gains a credit. All modules carry a number of credits. At the end of the term, the number of credits a student gets, determines the award he (she) receives. Each module is continuously assessed by coursework and/or end-of-term examinations.

Admission to the British universities is by examination and selection. The minimum age for admission to the four-year course is normally 18 years. Departments usually interview all the candidates. The aim of the interview is to select better candidates.

Just over half of all university students live in colleges, halls of residence, or other accommodation provided by their university, another third lives in lodgings or privately rented accommodation; and the rest live at home.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. At present there are about a hundred technical institutions in Great Britain.
2. It should be noted that British colleges confer degrees.
3. As a rule a college authority recommends the graduates for entry to the university.
4. At the Mining Engineering Department of the University of Wales the students study only metalliferous mining.
5. At the Mining Engineering Department the courses are based on an intensive tutorial system.
6. The Mining Engineering Department at the Newcastle University has recognized the importance of teaching rock mechanics and surface excavation (open-cast mining).

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Are there many technical institutions in Great Britain?
2. What is the difference between colleges and universities?
3. Is the Mining Engineering Department the only one in the University of Wales?
4. Does the Mining Engineering Department deal only with metalliferous mining?
5. Can a student enter the university after he has graduated from the college?
6. What courses are of special importance for mining engineers?
7. What do you know about the organization of the academic year at British universities?
8. When do the students take their examinations?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) курсы по расширенной программе
б) рудоносные отложения
в) средства производства
г) горный факультет
д) открытые горные работы
е) опытный инженер
ж) администрация колледжа
з) поощрять студентов
и) отвечать требованиям университета
к) наука об управлении

1. зависеть от условий
2. значить, означать
3. признать необходимость (чего-л.)
4. ежегодная производительность (шахты)
5. начальник шахты
6. добывающая промышленность
7. представлять особую важность
8. механика горных пород
9. единственный карьер
10. основывать факультет (школу, систему и т.д.)

№5

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный
adjacent - *a* смежный, примыкающий
ash - *n* зола
belt - *n* пояс; лента; ремень
body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты
common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**
cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**
dust - *n* пыль
dyke – *n* дайка
extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*
fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines -** *n pl* мелочь; мелкий уголь
flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы
fragmentary - *a* обломочный, пластический
glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 5: Igneous Rocks

Igneous rocks have crystallized from solidified magma.

Igneous rocks can be classified in a number of ways and one of (hem is based on mode of occurrence. They occur either as intrusive (below the surface) bodies or as extrusive masses solidified at the Earth's surface. The terms "intrusive" and "extrusive" refer to the place where rocks solidified.

The grain size of igneous rocks depends on their occurrence. The intrusive rocks generally cool more slowly than the extrusive rocks and crystallize to a larger grain size. The coarser-grained intrusive rocks with grain size of more than 0.5 mm called plutonic or abyssal are referred to as intrusive igneous rocks because they are intruded into older pre-existing rocks. Extrusive or volcanic rocks have even finer grains, less than 0.05 mm and are glassy.

Exposed igneous rocks are most numerous in mountain zones for two reasons. First, the mountain belts have been zones of major deformation. Second, uplifts in mountain belts have permitted plutonic masses to be formed.

The largest bodies of igneous rocks are called batholiths. Batholiths cooled very slowly. This slow cooling permitted large mineral grains to form. It is not surprising that batholiths are composed mainly of granitic rocks with large crystals called plutons. As is known, granites and diorites belong to the group of intrusive or plutonic rocks formed by solidification of igneous mass under the Earth's crust. Granites sometimes form smaller masses called stocks, when the occurrence has an irregular shape but smaller dimensions than the batholiths.

Laccoliths and sills, which are very similar, are intruded between sedimentary rocks. Sills are thin and they may be horizontal, inclined or vertical. Laccoliths are thicker bodies and in some cases they form mountains.

Dykes are also intrusive bodies. They range in thickness from a few inches to several thousand feet. Dykes are generally much longer than they are wide. Most dykes occupy cracks and have straight parallel walls. These bodies cool much more rapidly and are commonly fine-grained. For example, granite may occur in dykes that cut older rocks.

Pegmatites (quartz, orthoclase and mica) also belong to the group of plutonic or intrusive rocks. They occur in numerous veins which usually cut through other plutonites, most often granite, or adjacent rocks.

Extrusive igneous rocks have been formed from lava flows which come from fissures to the surface and form fields of volcanic rocks such as rhyolite, andesite, basalt, as well as volcanic ashes and dust, tuff, etc. As a rule, these rocks of volcanic origin cool rapidly and are fine-grained. It is interesting to note that basalt is the most abundant of all lavatypes. It is the principal rock type of the ocean floor.

Igneous rocks are rich in minerals that are important economically or have great scientific value. Igneous rocks and their veins are rich in iron, gold, zinc, nickel and other ferrous metals.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Igneous rocks have been formed by sedimentation.
2. Intrusive rocks have been formed by the cooling of rocks of the Earth's crust.
3. Extrusive rocks have been formed the same way.
4. The grain size of igneous rocks depends on mode of occurrence.
5. Exposed igneous rocks are numerous in mountain zones.
6. Granites and diorites belong to the group of extrusive rocks.
7. As a rule, granite may occur in dykes.
8. Pegmatites do not belong to the group of plutonic or intrusive rocks.

2). Ответьте на вопросы:

1. Have igneous rocks crystallized from magma or have they been formed by sedimentation?
2. Which types of igneous rocks do you know?
3. What does the grain size of igneous rocks depend on?
4. Can you give an example of intrusive or plutonic rocks?
5. Are diorites intrusive or extrusive formations?
6. What do you know about batholiths?
7. Do pegmatites belong to the group of plutonic or volcanic rocks?
8. How do pegmatites occur?
9. What minerals are igneous rocks rich in?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

1.	adjacent layers	а) способ залегания
2.	abyssal rocks	б) крупнозернистый
3.	dimensions of crystals	в) зоны крупных нарушений
4.	valuable minerals	г) абиссальные (глубинные) породы
5.	shape and size of grains	д) смежные пласты (слои)
6.	mode of occurrence	е) размеры кристаллов
7.	coarse-grained	ж) взбросы
8.	uplifts	з) форма и размер зерен
9.	zones of major deformation	и) ценные минералы

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1.	затвердевшие массы	а) irregular shape
2.	обломочные породы	б) at a certain depth
3.	медленно остывать	в) economically important
4.	мелкозернистый	г) solidified masses
5.	многочисленные трещины	д) scientific value
6.	неправильная форма	е) to cool slowly
7.	на определенной глубине	ж) existing types of rocks
8.	экономически важный	з) fine-grained
9.	научная ценность	и) fragmentary rocks

10. существующие типы пород к) numerous cracks or fissures

№6

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated -** *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation -** *n* отношение; **relationship -** *n* родство; свойство; **relative -** *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 6: Metamorphic Rocks

The problem discussed concerns metamorphic rocks which compose the third large family of rocks. "Metamorphic" means "changed from". It shows that the original rock has been changed from its primary form to a new one. Being subjected to pressure, heat and chemically active fluids beneath the Earth's surface, various rocks in the Earth's crust undergo changes in texture, in mineral composition and structure and are transformed into metamorphic rocks. The process described is called metamorphism.

As is known, metamorphic rocks have been developed from earlier igneous and sedimentary rocks by the action of heat and pressure.

Gneisses, mica schists, phyllites, marbles, slate, quartz, etc. belong to the same group of rocks. Having the same mineral composition as granite, gneisses consist chiefly of quartz, orthoclase and mica. However unlike granite, they have a schistose structure. It means that their constituents are distributed in bands or layers and run parallel to each other in one direction. If disturbed the rock cleaves easily into separate plates.

The role of water in metamorphism is determined by at least four variable geologically related parameters: rock pressure, temperature, water pressure, and the amount of water present.

During a normal progressive metamorphism rock pressure and temperature are interdependent, and the amount of water and the pressure of water are related to the sediments and to the degree of metamorphism in such a way that, generally speaking, the low-grade metamorphic rocks are

characterized by the excess of water. The medium-grade rocks defined by some deficiency of water and the high-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.

Many of the metamorphic rocks mentioned above consist of flaky materials such as mica and chlorite. These minerals cause the rock to split into thin sheets, and rocks become foliated.

Slate, phyllite, schist and gneiss belong to the group of foliated metamorphic rocks. Marble and quartzite are non-foliated metamorphic rocks.

The structure of metamorphic rocks is of importance because it shows the nature of pre-existing rocks and the mechanism of metamorphic deformation. Every trace of original structure is of great importance to geologists. It gives an opportunity of analysing the causes of its metamorphism.

Being often called crystalline schists, metamorphic rocks such as gneisses and mica have a schistose structure. Metamorphic rocks represent the oldest portion of the Earth's crust. They are mostly found in the regions of mountain belts where great dislocations on the Earth once took place.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Generally speaking, metamorphic rocks have been developed from ores.
2. Marble, slate and phyllite belong to the group of metamorphic rocks.
3. As is known, unlike granite metamorphic rocks have a schistose structure.
4. It is quite obvious that the role of water in metamorphism is great.
5. As a rule, low-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.
6. Flaky materials cause the rock to split into thin sheets.
7. It should be noted that marble and quartzite are foliated metamorphic rocks.
8. The structure of metamorphic rocks shows the nature of older preexisting rocks and the mechanism of metamorphic deformation as well.
9. All metamorphic rocks are non-foliated.

2). Ответьте на вопросы:

1. Do you know how metamorphic rocks have been formed?
2. Which rocks belong to the group of metamorphic?
3. Does gneiss have the same structure as granite?
4. Is the role of water great in metamorphism?
5. What rocks do we call foliated? What can you say about non-foliated metamorphic rocks?
6. How can geologists trace the original structure of metamorphic rocks?
7. Why are metamorphic rocks often called crystalline schists?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. as a result of the chemical and physical changes
2. constituents of rocks
3. to be subjected to constant development
4. to undergo changes
5. excess of water
6. low-grade ores
7. coal band
8. to cleave into separate layers
9. traces of original structure
10. generally speaking

а) полоса (или прослоек) угля
б) составляющие пород
в) расщепляться на отдельные слои
г) вообще говоря

д) в результате химических и физических изменений
е) избыток воды
ж) изменяться
з) находиться в постоянном развитии
и) низкосортные руды
к) следы первоначальной структуры

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. иметь значение
2. упомянутые выше
3. сланцеватая структура
4. в отличие от гранита
5. недостаток воды
6. существовавшие ранее породы
7. слоистые породы
8. мрамор и сланец
9. гнейс
10. давать возможность
11. определять структуру

а) unlike granite
б) to be of importance
в) pre-existing rocks
г) mentioned above
д) schistose structure
е) to give an opportunity (of doing smth)
ж) to define (determine) rock texture
з) deficiency of water
и) flaky rocks
к) marble and slate
л) gneiss

№7

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory -** *a* разведочный; **exploration -** *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening -** *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved -** *a* разведанный, достоверный; **proving -** *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable -** *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working -** *n* разработка, горная выработка

country rock коренная (основная) порода

distinctive properties отличительные свойства

malleable metal ковкий металл

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 7: Prospecting

Mining activities include prospecting and exploration for a mineral deposit through finding, proving, developing, extracting and processing the ore. That is why it is possible to divide the mining activity into three major phases: 1) before mining which involves prospecting and exploration required to locate, characterize and prove a potential ore body; 2) mining which refers to actual coal or ore extraction. Extraction processes include underground or surface mining and dredging; 3) after mining which involves processing and preparing the raw ore for the end product.

As has already been said, before a mineral deposit can be worked, that is, before it can be extracted from the Earth for use by man, it must first be found. The search for economically useful mineral deposits is called prospecting. To establish the quality and quantity of a mineral deposit, the type of country rock, etc. means to prove it and this process is called proving. Prospecting and proving are only two different stages of mining geological exploration, the latter includes drilling and driving of openings.

Last century prospectors looked for visible evidence of mineralization on the surface of the Earth. To recognize valuable minerals it was necessary to know their various distinctive physical properties. For example, gold occurs in nature as a heavy malleable yellow metal. -Galena, the most important mineral containing lead, is dark grey, heavy and lustrous. The first ores of iron to be mined were deposits of magnetite, a black heavy mineral capable of attracting a piece of iron.

As the deposits of mineral that cropped out at the surface were mined, the search for additional supplies of minerals took place. The science of geology was used to explain the occurrence of ore deposits.

The aim of geological prospecting is to provide information on a preliminary estimation of the deposit and the costs of the geological investigations to be made. It also indicates whether it is available to continue the exploration or not.

Prospecting work includes three stages: 1) finding signs of the mineral; 2) finding the deposit; 3) exploring the deposit.

General indications of the possibility of exposing this or that mineral in a locality can be obtained by studying its general topographical relief, the type of ground and its general natural conditions. Thus, in mountainous regions where fissures were formed during the process of mountain formation, ore minerals could be expected in the fissure fillings. In hilly regions, sedimentary deposits would be expected.

Certain deposits are found only in a particular type of ground. Coal seams, for example, are found in sedimentary formations mainly consisting of sandstones and shales. Veins, on the other hand,

are found in crystalline (igneous) rocks, and the type of country rock usually determines the type of minerals.

At present, prospecting methods to be used are as follows:

1. Surface geological and mineralogical prospecting such as panning.
2. Geophysical, geochemical, geobotanical prospecting.
3. Aerial photography with geological interpretation of the data to be obtained is highly effective from aircraft or helicopter. Besides, successful development of space research has made it possible to explore the Earth's resources from space by satellites.

In modern prospecting the methods mentioned above are used together with the study of geological maps.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The search for economically useful mineral deposits is called proving.
2. Last century prospectors looked for visible evidence of mineral deposits.
3. The first ores of iron to be mined were deposits of galena.
4. The science of geology can explain the mode of occurrence of ore deposits.
5. As a rule prospecting includes four stages.
6. The study of general topographical relief and the type of ground makes it possible to expose this or that deposit.
7. Geologists know that certain deposits are only found in a particular type of ground.
8. As is known, veins are found in metamorphic rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is prospecting?
2. What is proving?
3. How did prospectors find mineral deposits in the 19th century?
4. Does gold occur in nature as a heavy malleable yellow metal or as a heavy dark-grey one?
5. What metal is capable of attracting a piece of iron?
6. What does prospecting work provide?
7. What are the three main stages of prospecting?
8. Is it enough to know only the topographical relief of a locality for exposing this or that mineral?
9. What methods of prospecting do you know?
10. What are the most effective aerial methods of prospecting now?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. country rock	а) залегание рудных месторождений
2. panning	б) блестящий металл
3. the search for commercially useful deposits	в) коренная (основная) порода
4. geological exploration	г) дополнительные запасы минералов
5. to look for evidence of mineralization	д) промывка (золотоносного песка в лотке)
6. distinctive properties	е) геологическая разведка (с попутной добычей)
7. lustrous metal	ж) искать доказательства наличия месторождения
8. capable of attracting a piece of iron	з) отличительные свойства
9. additional supplies of minerals	и) поиски экономически полезных месторождений
10. the occurrence of ore deposits	к) способный притягивать кусок металла

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1.	стоимость геологических исследований	а) the data obtained
2.	выходить на поверхность (обнажаться)	б) galena, sandstones and shales
3.	произвести предварительную оценку (месторождения)	в) the cost of geological investigations
4.	визуальные наблюдения с воздуха	г) to crop out
5.	полученные данные	д) certain ore deposits
6.	галенит, песчаники и сланцы	е) to make a preliminary estimation (of a deposit)
7.	общие показания	ж) visual aerial observations
8.	находить признаки месторождения	з) to find the signs of a deposit
9.	определенные рудные месторождения	и) general indications

№8

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit -** алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять*;* погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking -** проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping -** *a* наклонный; **gently sloping -** с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike -** вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 8: Exploration of Mineral Deposits

Exploration is known to include a whole complex of investigations carried out for determining the industrial importance of a deposit. The main task is to determine the quality and quantity of mineral and the natural and economic conditions in which it occurs. The exploration of the deposit is divided into three stages, namely preliminary exploration, detailed exploration and exploitation exploration.

The aim of preliminary exploration is to establish the general size of a deposit and to obtain an approximate idea of its shape, dimensions and quality. At this stage the geological map of the deposit is corrected and a detailed survey of its surface is completed.

The information on the preliminary exploration is expected to give an all-round description of the deposit which will enable the cost of its detailed exploration to be estimated.

The following points should be taken into consideration: 1) the shape and area of the deposit; 2) its depth and angles of dip and strike; 3) its thickness; 4) the properties of the surrounding rock and overburden; 5) the degree of uniformity of distribution of the mineral within the deposit and the country rock, etc.

Preliminary explorations can make use of exploratory openings such as trenches, prospecting pits, adits, crosscuts and boreholes. They are planned according to a definite system, and some are driven to a great depth.

All the exploratory workings are plotted on the plan. These data allow the geologist to establish the vertical section of the deposit.

The quality of the mineral deposit is determined on the basis of analyses and tests of samples taken from exploratory workings.

The method of exploration to be chosen in any particular case depends on the thickness of overburden, the angle of dip, the surface relief, the ground water conditions and the shape of the mineral deposit.

The task of the detailed exploration is to obtain reliable information on the mineral reserves, their grades and distribution in the different sectors of the deposit. Detailed exploration data provide a much more exact estimate of the mineral reserves.

Mine or exploitation exploration is known to begin as soon as mining operations start. It provides data for detailed estimates of the ore reserves of individual sections. It facilitates the planning of current production and calculating the balance of reserves and ore mined.

The searching and discovering of new mineralized areas are based on geological survey and regional geophysical prospecting. The results of these investigations provide data on iron-bearing formations and new deposits for commercial extraction.

In detailed exploration both underground workings and borehole survey are used. Core drilling with diamond and carbide bits is widely used. Non-core drilling is also used in loose rocks in combination with borehole geophysical survey.

One of the main methods to explore coal deposits is also core-drilling. Modern drilling equipment makes it possible to accurately measure bed thickness and determine structure of beds, faults and folds. Recording control instruments are attached to drilling rigs which allow the geologists to get reliable samples good for nearly all parameters of coal quality to be determined.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The purpose of preliminary exploration is to determine the mineral reserves and their distribution in the different sectors of the deposit.
2. The properties of the surrounding rock and overburden should be taken into consideration during the preliminary exploration.
3. The purpose of the detailed exploration is to find out the quantity (reserves) of the deposit.
4. Exploitation exploration facilitates the planning of current production.
5. Both core drilling and non-core drilling are widely used.

6. Recording control instruments allow geologists to get reliable ore samples.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What stages does exploration include?
2. What is the main purpose of preliminary exploration?
3. What should be taken into consideration by geologists during preliminary exploration?
4. What exploratory openings do you know?
5. Do you know how the quality of the mineral deposit is determined?
6. What is the aim of a detailed exploration?
7. Is core drilling used in prospecting for loose rocks?
8. What is drilling equipment used for?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1. bedded deposits
2. core drilling
3. the angle of dip of the seam
4. the thickness of overburden
5. exploratory workings
6. composition of minerals
7. pits and crosscuts
8. to exploit new oil deposits
9. sampling
10. geological section

а) мощность наносов
б) разрабатывать новые месторождения нефти
в) шурфы и квершлаги
г) пластовые месторождения
д) опробование (отбор) образцов
е) угол падения пласта
ж) колонковое бурение
з) геологический разрез (пород)
и) состав минералов
к) разведочные выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1. буровые скважины
2. по простиранию пласта
3. равномерность распределения минерала в залежи
4. водоносность пород
5. карбидные и алмазные коронки
6. детальная разведка
7. использовать новые поисковые методы
8. проникать в залежь
9. коренная порода
10. свойства окружающих пород

а) ground water conditions
б) detailed exploration
в) boreholes
г) along the strike of the bed (seam)
д) carbide and diamond bits
е) the uniformity of mineral distribution in the deposit
ж) the properties of surrounding rocks
з) to make use of new prospecting methods
и) country rock
к) to penetrate into the deposit

3. Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций)

Грамматические конструкции представлены на стр. 6 – 40.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

Семья. Family

родственник relative, relation
родители parents
мать (мама) mother (mom, mum, mama, mamma, mummy, ma)
отец (папа) father (dad, daddy, papa, pa)
жена wife
муж husband
супруг(а) spouse
ребенок, дети child, children
дочь daughter
сын son
сестра sister
брат brother
единственный ребенок only child
близнец twin
близнецы, двойняшки twins
брат-близнец twin brother
сестра-близнец twin sister
однояйцевые близнецы identical twins
тройняшки triplets
бабушка и дедушка grandparents
бабушка grandmother (grandma, granny, grandmamma)
дедушка grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
внуки grandchildren
внучка granddaughter
внук grandson
прабабушка great-grandmother
прадедушка great-grandfather
прабабушка и прадедушка great-grandparents
правнуки great-grandchildren
тётя aunt
дядя uncle
крестный (отец) godfather
крестная (мать) godmother
отчим, приемный отец stepfather
мачеха, приемная мать stepmother
сводный брат stepbrother
сводная сестра stepsister
брат по одному из родителей half-brother
сестра по одному из родителей half-sister
приемный, усыновленный сын adopted son
приемная, удочеренная дочь adopted daughter
приемный ребенок adopted child
патронатная семья, приемная семья foster family
приемный отец foster father
приемная мать foster mother
приемные родители foster parents

приемный сын foster son
приемная дочь foster daughter
приемный ребенок foster child
неполная семья (с одним родителем) single-parent family
родня the kin, the folks
племянница niece
племянник nephew
двоюродный брат cousin (male)
двоюродная сестра cousin (female)
двоюродный брат (сестра), кузен (кузина) first cousin
троюродный брат (сестра) second cousin
четвероюродный брат (сестра) third cousin
родня со стороны мужа или жены in-laws
свекровь mother-in-law (husband's mother)
свёкор father-in-law (husband's father)
тёща mother-in-law (wife's mother)
тесть father-in-law (wife's father)
невестка, сноха daughter-in-law
зять son-in-law
шурин, свояк, зять, деверь brother-in-law
свояченица, золовка, невестка sister-in-law
семейное положение marital status
холостой, неженатый, незамужняя single
женатый, замужняя married
брак marriage
помолвка engagement
помолвленный, обрученный engaged
развод divorce
разведенный divorced
бывший муж ex-husband
бывшая жена ex-wife
расставшиеся, не разведенные, но не проживающие одной семьей separated
вдова widow
вдовец widower
подружка, невеста girlfriend
друг, парень, ухажер boyfriend
любовник, любовница lover
ухажер, жених, подружка, невеста, обрученный fiance
свадьба wedding
невеста на свадьбе bride
жених на свадьбе (bride)groom
медовый месяц honeymoon

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

The Ural State Mining University

Mining University – Горный университет; **higher educational institution** - высшее учебное заведение; **to provide** - зд. Предоставлять; **full-time education** - очное образование; **extramural education** - заочное	**scientific research centre** - центр научных исследований; **master of science** - кандидат наук; **capable** – способный; **to take part in** - принимать участие; **graduate** – выпускник; **to dedicate** – посвящать;

образование; **to award** – награждать; **post-graduate courses** – аспирантура;	**to carry out scientific work** - выполнять научную работу;

Faculty of Mining Technology - горно – технологический; **Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический; **Institute of World Economics** – Институт мировой экономики; **Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический; **Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты; **Faculty of City Economy** – городского хозяйства;	**Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики; **Faculty of extramural education** – заочный; **department** – кафедра; **dean** – декан; **to train specialists in** - готовить специалистов; **to consist of** - состоять из; **preparatory** – подготовительный; **additional** – дополнительный; **to offer** – предлагать;

to house - размещать /ся/; **building** – здание; **Rector's office** – ректорат; **Dean's office** – деканат; **department** – кафедра; **library** – библиотека; **reading hall** - читальный зал; **assembly hall** - актовый зал; **layout** - расположение, план; **administrative offices** - административные отделы;	**computation centre** - вычислительный центр; **canteen** – столовая; **to have meals** – питаться; **hostel** – общежитие; **to go in for sports** - заниматься спортом; **wrestling** – борьба; **weight lifting** - тяжелая атлетика; **skiing** - катание на лыжах; **skating** - катание на коньках; **chess** – шахматы;

academic work - учебный процесс; **academic year** - учебный год; **to consist of** - состоять из; **bachelor's degree** - степень бакалавра; **course of studies** - курс обучения; **to last** - длиться; **term** - семестр; **to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия; **period** - пара, 2 – х часовое занятие; **break** - перерыв; **subject** - предмет; **descriptive geometry** - начертательная геометрия;	**general geology** - общая геология; **foreign language** - иностранный язык; **to operate a computer** - работать на компьютере; **to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен; **to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен; **to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен; **to fail in chemistry** - не сдать химию; **holidays, vacations** - каникулы; **to present graduation paper** - представлять дипломные работы; **for approval** - к защите;

The Faculty of Mining Technology trains specialists in: mine surveying - маркшейдерская съемка; underground mining of mineral deposits - подземная разработка месторождений полезных ископаемых; mine and underground construction - шахтное и подземное строительство; surface mining (open-cut mining) - открытые горные работы; physical processes of mining, oil and gas production - физические процессы горного и нефтегазового производства; placer mining - разработка россыпных месторождений; town cadastre - городской кадастр.

The Institute of World Economics trains specialists in: land improvement, recultivation and soil protection - мелиорация, рекультивация и охрана земель; engineer protection of environment in mining - инженерная защита окружающей среды в горном деле; computer systems of information processing and control - автоматизированные системы обработки информации и управления; economics and management at mining enterprises - экономика и управление на предприятиях горной промышленности.

The Faculty of Mining Mechanics trains specialists in: electromechanical equipment of mining enterprises - электромеханическое оборудование горных предприятий; designing & production of mining, oil and gas machinery - конструирование и производство горных и нефтегазопромысловых машин; technological and service systems of exploitation and maintenance of machines and equipment - технологические и сервисные системы эксплуатации и ремонта машин и оборудования; motorcars and self-propelled mining equipment - автомобили и самоходное горное оборудование; electric drive and automation or industrial units and technological complexes - электопривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов; automation of technological processes and industries - автоматизация технологических процессов и производств; mineral dressing - обогащение полезных ископаемых.

The Faculty of Geology & Geophysics trains specialists in: geophysical methods of prospecting and exploring mineral deposits - геофизические мет оды поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; according to some specializations: geoinformatics – геоинформатика; applied geophysics - прикладная геофизика; structural geophysics - структурная геофизика; geological surveying and exploration or mineral deposits - геологическая съемка и поиски МПИ; geology and mineral exploration - геология и разведка МПИ; prospecting and exploration or underground waters and engineering - geological prospecting - поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; applied geochemistry, petrology and mineralogy - прикладная геохимия, петро логия и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My town

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универмаг
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist’s/a pharmacy/a drugstore - аптека

a beauty salon – салон красоты
a hairdressing salon/a hairdresser's - парикмахерская
a dental clinic/a dentist's – стоматологическая клиника
a vet clinic – ветеринарная клиника
a laundry – прачечная
a dry-cleaner's – химчистка
a post-office – почтовое отделение
a bank – банк
a cash machine/a cash dispenser - банкомат
a library – библиотека
a sight/a place of interest - достопримечательность
a museum – музей
a picture gallery – картинная галерея
a park – парк
a fountain – фонтан
a square – площадь
a monument/a statue – памятник/статуя
a river bank – набережная реки
a beach – пляж
a bay - залив
a café – кафе
a restaurant – ресторан
a nightclub – ночной клуб
a zoo - зоопарк
a cinema/a movie theatre - кинотеатр
a theatre – театр
a circus - цирк
a castle - замок
a church – церковь
a cathedral – собор
a mosque - мечеть
a hotel – отель, гостиница
a newsagent's – газетный киоск
a railway station – железнодорожный вокзал
a bus station - автовокзал
a bus stop – автобусная остановка
an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
a stadium – стадион
a swimming-pool – плавательный бассейн
a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнесс клуб
a playground – игровая детская площадка
a plant/a factory – завод/фабрика
a police station – полицейский участок
a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
a car park/a parking lot - автостоянка
an airport - аэропорт
a block of flats – многоквартирный дом
an office block – офисное здание
a skyscraper - небоскреб
a bridge – мост
an arch – арка
a litter bin/a trash can – урна

a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My speciality

The Earth's Crust and Useful Minerals

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

clay - *n* глина; глинозем

consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

crust - *n* кора; *геол.* земная кора

decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение

derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать

destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

dissolve v растворять

expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure -** *n* обнажение

external - *a* внешний

extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*

force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

glacier - *n* ледник, глетчер

grain - *n* зерно; **angular grains -** угловатые зерна *(минералов);* **grained -** *a* зернистый

gravel - *n* гравий, крупный песок

internal - *a* внутренний

intrusive - *a* интрузивный, плутонический

iron - *n* железо

layer - *n* пласт

like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно

lime - *n* известь; **limestone -** *n* известняк

loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*

particle - *n* частица; включение

peat - *n* торф; торфяник

represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative -** *a* характерный, типичный

rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

sand - *n* песок

sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary -** *a* осадочный; **sedimentation -** *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose -** *a* сланцеватый, слоистый

shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay -** глинистый сланец; **combustible …**, **oil …** - горючий сланец

siltstone - *n* алеврит

stratification - *n* напластование, залегание

stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**

substance - *n* вещество, материал; сущность

thickness - *n* толщина, мощность

value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable -** *a* ценный *(о руде)*

vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable -** *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

contain - v содержать *(в себе),* вмещать

crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться

contract - v сжиматься; сокращаться

dust - *n* пыль

expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**

fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель

fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*

freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать

gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*

lateral - *a* боковой

occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence -** *n* залегание; **mode of occurrence -** условия залегания

penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*

phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**

pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*

resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant -** *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

size - *n* размер; величина; класс *(угля)*

solution – *n* раствор; **soluble -** *a* растворимый; **solvent -** растворитель; *a* растворяющий

succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*

uniform – *a* однородный; одинаковый

weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*

to be subjected to подвергаться

Rocks of Earth's Crust

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

adjacent - *a* смежный, примыкающий

ash - *n* зола

belt - *n* пояс; лента; ремень

body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**

cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

dust - *n* пыль

dyke – *n* дайка

extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*

fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines -** *n pl* мелочь; мелкий уголь

flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы

fragmentary - *a* обломочный, пластический

glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток
band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated -** *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation -** *n* отношение; **relationship -** *n* родство; свойство; **relative -** *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*
in such a way таким образом

Fossil Fuels

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger -** n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость
heat - v нагревать; *n* теплота
liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**

mudstone - *n* аргиллит

purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

shale - *n* глинистый сланец

the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*

blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)

combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

continuity - *n* непрерывность, неразрывность

domestic - *a* внутренний; отечественный

estimate - v оценивать; *n* оценка; смета

fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding -** *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва

inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный

liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*

luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous -** *a* блестящий

matter - *n* вещество; материя

moisture - *n* влажность, сырость; влага

parting - *n* прослоек

plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*

store - v запасать, хранить на складе; вмещать

strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**

thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*

uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**

volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Prospecting and Exploration

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory -** *a* разведочный; **exploration -** *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening -** *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved -** *a* разведанный, достоверный; **proving -** *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable -** *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working -** *n* разработка, горная выработка

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit -** алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking -** проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping -** *a* наклонный; **gently sloping -** с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike -** вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

General Information on Mining

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development -** *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently** ~ наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal -** *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support -** крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss -** *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

goaf — завал; обрушенное пространство

double-ended drum bearer — комбайн с двойным барабаном

to identify — опознавать

appraisal — оценка

susceptibility — чувствительность

concealed — скрытый, не выходящий на поверхность

crusher — дробилка

concentration — обогащение

blending — смешивание; составление шихты

screen — сортировать (обыден. уголь); просеивать

froth floatation — пенная флотация

core drilling — колонковое бурение

to delineate — обрисовывать, описывать

lender — заимодавец

feasibility — возможность

in situ mining — повторная разработка месторождения в массиве

screening — просеивание; грохочение

processing — обработка, разделение минералов

Mining and Environment

break v (**broke**, **broken**) отбивать *(уголь или породу),* обрушивать кровлю; разбивать; ломать; л отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

(руды .или породы); расширять забой; **breakage** л разрыхление, дробление

drill - *n* бур; .перфоратор; бурильный молоток; сверло; v бурить; car ~ буровая тележка; **mounted** ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling -** *n* бурение

dump -*n* отвал *(породы);* склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; v сваливать (в *отвал);* разгружать; отваливать; опрокидывать *(вагонетку);*

dumper опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn* **tip**

environment - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

explode - v взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive -** *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

friable - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле)*

handle - v перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

heap - v наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконик; *syn* **spoil ~, waste ~**

hydraulicklng - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

load - v нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader -** *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader -** комбайн, комбинированная горная машина

lorry - *n* грузовик; платформа; *syn* **truck**

mention - v упоминать

overcasting - *n* перелопачивание *(породы)*

pump - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; v качать; накачивать; откачивать

reclamation - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка *(после открытых работ)*

sidecastiag - *n* внешнее отвалообразование

site - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

slice - *n* слой; **slicing -** *n* выемка слоями, разработка слоями

strip - v производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать *(лаву);* вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper -** *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping -** *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

unit - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

washery - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

to attract smb's attention привлекать чье-л. внимание

backhoe - *n* обратная лопата

blast - *n* взрыв; v взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

block out - v нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

clearing - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

crash - v дробить; разрушать; обрушать(ся)

earth-mover - *n* землеройное оборудование; *syn* **excavator**

excavator - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket** ~ многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

grab - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; v захватывать;

grabbing - погрузка грейфером; захватывание

hoist - *n* подъемное установка (машина); подъемник; лебедка; v поднимать; **hoisting** шахтный подъем

plough - *n* струг

power shovel - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

range - *n* колебание в определенных пределах

rate - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход *(воды)*

remote - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

result - v (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

safety - *n* безопасность; техника безопасности

slope - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; v очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face; sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием *(руды)*

support - v крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering; powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения)

Самостоятельное изучение тем курса предполагает изучение тем практических занятий, представленных в разделе 1, 2, 3 данных методических указаний студентами заочной формы обучения в межсессионный период.

1.5 Подготовка к контрольной работе и 1.6 Написание контрольной работы

Для выполнения контрольной работы студентами кафедрой подготовлены *Методические рекомендации и задания к контрольной работе для студентов данной специальности.*

II. Другие виды самостоятельной работы

2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (Подготовка к ролевой игре, к практико-ориентированным заданиям, опросу)

2.1.1 Подготовка к ролевой игре

Студенты получают ролевые карточки. Им необходимо обдумать свою роль, стратегию своей роли, вопросы и ответы.

Role card 1

Sasha

The worst thing about your house is lack of privacy. You share your room with a younger sister. You think she goes through all your stuff. She asks you ambarrassing questions about boys, makes little nasty comments about you.

Your parents treat you like a baby. Your father is too much interested in your studying and homework. Your mother makes you do the work about the house alone. You are going to leave home as soon as you are old enough.

- Collect all the arguments to explain your attitude to your family.
- Listen to what the members of your family are saying.
- Don’t interrupt them.
- Don’t forget that both parents and children are to blame in conflict situations.
- Be polite and friendly

Role card 2

Mother

Your daughter has written a letter of complaint to the youth magazine. She is not satisfied with your attitude to her. You have read this letter. You are worried about the situation in the family and have decided to discuss the problems with a family therapist.

- Say why you have invited the therapist
- Try to explain Sasha’s attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don’t criticize Sasha

- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 3

Father

Your daughter is complaining that you treat her like a baby. You don't let her out at night during the week. You always ask her about the boys. You don't believe her when she says she doesn't have any homework to do. Your wife has invited a family therapist to discuss the problems of your family.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 4

Sister

Sasha is complaining that you don't help her with the work about the house. She also says that she can't keep anything secret in her room, you go through all her stuff. She is irritated by your behaviour. She is going to leave your home as soon as she is old enough.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 5

Family therapist

- Encourage all the members of the family to speak
- Take notes
- Ask questions
- Summarize what you have heard from all the members of the family
- Try to analyse the situation in a short report

2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию

Подготовьте устные высказывания по темам:

1. From the history of the Ural State Mining University.
2. Faculties and specialities of the University.
3. The layout of the Ural State Mining University.
4. Student's academic work.

Подготовьте письменные ответы на вопросы:

1. Where do you study?
2. What faculty do you study at?
3. How many faculties are there at the Ural State Mining University?
4. What year are you in?
5. What is your future speciality?
6. What specialities are there at your faculty?
7. When did you enter the University?

8. When was the Sverdlovsk Mining Institute founded?
9. When was it reorganized into the University?
10. In how many buildings is the Ural State Mining University housed?
11. In what building is your faculty housed?
12. Who is the dean of your faculty?
13. What books do you take from the library?
14. Where do you live?
15. Where do you usually have your meals?
16. How long does the course of studies for a bachelor's degree last?
17. How long do the students study for a Diplomate Engineer's course and a Magister's degree?
18. What subjects do you study this term?
19. What lectures and practical classes do you like to attend?
20. Where do the students have their practical work?
21. When do the students present their graduation papers for approval?
22. What graduates can enter the post-graduate courses?
23. What kind of sport do yon like?
24. Where do you go in for sports?

2.1.3 Подготовка к опросу

Ответьте на вопросы на иностранном языке:

1. What specialities does the geological faculty train geologic engineers in?
2. What problems does Geology study?
3. What branches is Geology divided into?
4. What does Economic Geology deal with?
5. What does mineralogy investigate?
6. What does paleontology deal with?
7. What is the practical importance of Geology?
8. Where do graduates of the geological faculty of the Mining University work?
9. What is your future speciality?
10. What kind of work do geologists-prospectors conduct?
11. What do geologists explore during the early stages of geological exploration?
12. What work do geologists conduct while working in. the field?
13. When do geologists start exploratory work?
14. What is the purpose of the exploratory work?
15. How is exploratory work conducted?
16. What contribution do geologists make to the development of the National Economy of our country?
17. What does hydrogeology deal with?
18. Where are ground waters used?
19. Where is thermal (hot) water used?
20. What must hydrogeologists do with ground waters which complicate construction work or mineral extraction?

2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного (по 2 текста на тему)

Text 1: A.M. Terpigorev (1873-1959)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

to defend graduation paper (thesis) - защищать дипломную работу (диссертацию)

to pass an entrance examination - сдать вступительный экзамен

to get a higher education - получить высшее образование

to do one's best (one's utmost, all one can, everything in one's power) - сделать все возможное, не жалеть сил

to make contribution (to) - вносить вклад в *(науку, технику* и т.д.)

choose (chose, **chosen**) - v выбирать; **choice -** *n* выбор

collect - v собирать, коллекционировать

dangerous - *a* опасный

deposit - *n* месторождение, залежь; **bedded deposits -** пластовые месторождения

describe - v описывать, изображать; **description -** *n* описание; **descriptive -** *a* описательный

facility - *n (pl* **facilities)** средства; возможности; оборудование; устройства

fire damp - *n* рудничный газ, метан

harm - *n* вред; *v* вредить; **harmful -** *a* вредный

relate - v относиться, иметь отношение

safety - *n* безопасность; **mine safety** безопасность труда при горных работах; техника безопасности; **safety measures** меры безопасности; **safe -** *a* безопасный; надежный

seam - *n* пласт *(угля); syn* **bed, layer; flat seam** горизонтальный, пологопадающий пласт; **inclined seam** наклонный пласт; **steep seam** крутопадающий пласт; **thick seam** мощный пласт; **thin seam** тонкий пласт

state - *n* состояние; государство; штат; *a* государственный; v заявлять; констатировать; излагать

success - *v* успех; удача; **be a success** иметь успех; **successful** *a* успешный

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Academician A.M. Terpigorev is a well-known mining engineer who successfully combined his practical experience with scientific research. He was bom in 1873 in Tambov. In 1892 he finished school with honours1 and decided to get a higher education. He chose the Mining Institute in St. Petersburg, passed all the entrance examinations successfully and became a student of the Mining Institute.

At the Institute he studied the full range of subjects2 relating to metallurgy, mining and mining mechanics.

At that time students' specialization was based on descriptive courses and elementary practical training. One of the best lecturers was A. P. Karpinsky. His lectures on historical geology were very popular.

During his practical training Terpigorev visited mines and saw that the miners' work was very difficult. While he was working in the Donbas he collected material for his graduation paper which he soon defended. The Mining of flat seams in the Donbas was carefully studied and described in it.

In 1897 Terpigorev graduated from the Institute with a first-class diploma of a mining engineer.

His first job as a mining engineer was at the Sulin mines where he worked for more than three years first as Assistant Manager and later as Manager.

From 1900 till 1922 Terpigorev worked at the Yekaterinoslav Mining Institute (now the Mining Institute in Dnepropetrovsk).

In 1922 he accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Academy and moved to Moscow. From 1930 he headed the chairs5 of Mining Transport and Mining of Bedded Deposits at the Moscow Mining Institute.

Academician Terpigorev took a particular interest in mine safety. As a result of his investigations a series of safety measures in gassy collieries was worked out. For some time he was working on the problem of fire damp, the most harmful and dangerous of all the gases in mines.

His two-volume work Coal Mining and Mine Transport Facilities is a full description of the state of mechanization and the economy of the Donbas. His other works are about mining transport facilities, mechanization of coal mining and mining machinery. He is one of the pioneers in scientific methods of coal gasification.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. After school Terpigorev decided to work in a mine.
2. Terpigorev collected material for his graduation paper which dealt with mining thick seams in the Donbas.
3. For more than three years Terpigorev worked at the Sulin mines.
4. In 1922 Terpigorev accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Institute.
5. He investigated the problems of mine safety.
6. He was one of the first to work on the problem of gasification of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. When and where was Terpigorev born?
2. What institute did he graduate from?
3. What material did he collect while he was working in the Donbas?
4. Where did Terpigorev work from 1900 till 1922?
5. At what institute did Terpigorev head the chair of Mining Bedded Deposits?
6. What did Terpigorev take a particular interest in?
7. What works by Terpigorev do you know?
8. What problems do Terpigorev's works deal with?
9. What was the result of his investigations on mine safety?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) охрана труда в шахтах
б) подтверждать
в) добыча угля
г) эксплуатация месторождений
д) метан
е) принять предложение
ж) выполнить задачу, задание
з) горизонтальный пласт
и) собирать материал

1. поступить в институт
2. решать важные проблемы
3. выдающиеся исследователи
4. успешно провести эксперименты
5. выбрать профессию
6. описательный курс
7. происхождение железной руды
8. начальник шахты
9. мероприятия по охране труда

Text 2: A.P. Karpinsky (1847-1936)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abroad - *adv* за рубежом
confirm - v подтверждать; утверждать
consider - v считать, полагать, рассматривать
contribute - v вносить вклад; **contribution** вклад
crust - *n* земная кора
detailed - a подробный, детальный
elect - v избирать, выбирать *(голосованием);* назначать *(на должность)*
embrace - v охватывать; обнимать
entire - *a* весь, целый; полный; *syn* **whole**
exist – *v* существовать, быть, жить
foreign - *a* иностранный
former - *a* прежний

investigate - v исследовать; изучать

prominent - *a* знаменитый, выдающийся, известный; *syn* **remarkable, outstanding**

regularity - *n* закономерность

significant - *a* значительный; **significance -** *n* значение, важность; **exhaust the significance** исчерпывать значение

society – *n* общество

staff - *n* персонал; личный состав; штат

various - *a* различный, разный, разнообразный

to advance the view - высказывать мнение *(точку зрения)*

to be interested in - быть заинтересованным *(чём-л.),* интересоваться

to take (an) interest in - заинтересоваться *(чём-л.)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

V.A. Obruchev, I.M. Gubkin, A.Y. Fersman, V.I. Vernadsky and A. P. Karpinsky were the prominent Russian scientists who laid the foundation1 of the Russian school of geology and mining.

An entire epoch in the history of Russian geology is connected with Karpinsky's name. One of the greatest Russian geologists, he was a member and for some time President of the Academy of Sciences of the former USSR and a member of several Academies abroad. The Geological Society of London elected him a foreign member in 1901. His greatest contribution to geology was a new detailed geological map of the European part of Russia and the Urals.

For many years he headed the Russian Geological Committee the staff of which was made up of his pupils. He was one of those geologists who embraced the whole of geological science. He created the new stratigraphy of Russia. He studied the geological systems in various regions of the country and was the first to establish3 the regularity of the Earth's crust movement. His paleontological studies are of no less importance, especially those on palaeozoic ammonoids. He also took an interest in deposits of useful minerals and gave a classification of volcanic rocks. He advanced the view that petroleum deposits existed in Russian, which was confirmed later. He studied some ore and platinum deposits and may be justly considered5 the founder of practical geology of the Urals. He was the first Russian scientist who introduced microscope in the study of petrographic slides.

Karpinsky was a prominent scientist, an excellent man and citizen. He was one of the best lecturers at the Mining Institute in his time. He was also one of the greatest Russian scientists who later became the first elected President of the Academy of Sciences of the USSR. Students were attracted to him not only because he was a great scientist but also because of his charming personality and gentle manner.

Every geologist and every geology student knows very well Karpinsky's most significant work An Outline of the Physical and Geographical Conditions in European Russia in Past Geological Periods.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Karpinsky was the first President of the Academy of Sciences.
2. He worked at the Mining Institute in St.Petersburg.
3. Karpinsky was a member of many Academies abroad.
4. Karpinsky made up a detailed map of the Asian part of our country.
5. He headed the Russian Geological Committee.
6. Karpinsky created a new branch of geology, namely stratigraphy.
7. He only tried to establish the regularity of the Earth's crust movement.
8. Karpinsky may be justly considered the founder of the practical geology of the Urals.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What society elected Karpinsky a foreign member and when?
2. Did he head the Russian Geological Committee or was he a member of that Committee?

3. Did Karpinsky investigate various regions of the Russian territory?
4. Which of his works are the most remarkable?
5. What can you say about Karpinsky's investigations in petrology?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) земная кора
б) составить подробную карту
в) замечательные работы
г) выдающийся ученый
д) залежи полезных ископаемых
е) научное общество
ж) избирать председателя (президента)
з) заложить основы школы
и) интересоваться геологией
к) высказать точку зрения
л) возглавлять комитет

Text 3: Sedimentary Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**
clay - *n* глина; глинозем
consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**
crust - *n* кора; *геол.* земная кора
decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение
derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать
destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный
dissolve v растворять
expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure -** *n* обнажение
external - *a* внешний
extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*
force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие
glacier - *n* ледник, глетчер
grain - *n* зерно; **angular grains -** угловатые зерна *(минералов);* **grained -** *a* зернистый
gravel - *n* гравий, крупный песок
internal - *a* внутренний
intrusive - *a* интрузивный, плутонический
iron - *n* железо
layer - *n* пласт
like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно
lime - *n* известь; **limestone -** *n* известняк
loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый
make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*
particle - *n* частица; включение
peat - *n* торф; торфяник
represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative -** *a* характерный, типичный
rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода
sand - *n* песок
sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник
sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary -** *a* осадочный; **sedimentation -** *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose -** *a* сланцеватый, слоистый
shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay -** глинистый сланец; **combustible …, oil …** - горючий сланец
siltstone - *n* алеврит
stratification - *n* напластование, залегание
stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**
substance - *n* вещество, материал; сущность
thickness - *n* толщина, мощность
value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable -** *a* ценный *(о руде)*
vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable -** *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The rocks of the Earth's crust are divided into three main groups: sedimentary rocks, which consist of fragments or particles of pre-existing rocks; igneous rocks which have solidified from magma and metamorphic rocks. Metamorphic rocks have been derived from either igneous or sedimentary rocks.

Sedimentary rocks represent one of the three major groups of rocks that make up the crust of the Earth. Most sedimentary rocks have originated by sedimentation. They are layered or stratified. Thus, stratification is the most important characteristic of sediments and sedimentary rocks. It is necessary to note that the processes which lead to the formation of sedimentary rocks are going on around us.

Sediments are formed at or very near the surface of the Earth by the action of heat, water (rivers, glaciers, seas and lakes) and organisms.

It should be noted that 95 per cent of the Earth's crust is made up of igneous rocks and that only 5 per cent is sedimentary. In contrast, the amount of sedimentary rocks on the Earth's surface is three times that of igneous rocks.

Strictly speaking, sedimentary rocks form a very small proportion by volume of the rocks of the Earth's crust. On the contrary, about three quarters of the Earth's surface is occupied by sedimentary rocks. It means that most of sedimentary rocks are formed by sediments, accumulations of solid material on the Earth's surface.

The thickness of the layers of sedimentary rocks can vary greatly from place to place. They can be formed by the mechanical action of water, wind, frost and organic decay. Such sediments as gravel, sand and clay can be transformed into conglomerates, sandstones and clay schists as a result of the accumulation of materials achieved by the destructive mechanical action of water and wind.

Mechanical sediments can be unconsolidated and consolidated. For example, gravel, sand and clay form the group of unconsolidated mechanical sediments, because they consist of loose uncemented particles (grains).

On the Earth's surface we also find consolidated rocks, which are very similar to the loose sediments whose particles are firmly cemented to one another by some substance. The usual cementing substances are sand, clay, calcium carbonate and others. Thus sandstones are consolidated rocks composed of round or angular sand grains, more or less firmly consolidated. Like sand, sandstones can be divided into fine-grained, medium-grained and coarse-grained.

On the other hand, chemical sediments are the result of deposits or accumulations of substances achieved by the destructive chemical action of water. The minerals such as rock salt, gypsum and others are formed through sedimentation of mineral substances that are dissolved in water.

Sediments can also be formed by the decay of the remains of organisms, by the accumulation of plant relics.1 They are called organic sediments. Limestones, peat, coal, mineral oil and other sediments may serve as an example of organic sediments.

The most principal kinds of sedimentary rocks are conglomerate, sandstone, siltstone, shale, limestone and dolomite. Many other kinds with large practical value include common salt, gypsum, phosphate, iron oxide and coal.

As is known, water, wind and organisms are called external forces, because their action depends on the energy which our planet receives from the Sun.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The rocks of the Earth's crust are divided into two main groups.
2. Igneous rocks are composed of particles of pre-existing rocks.
3. Sedimentary rocks are stratified.
4. Sediments are formed by the action of glaciers.
5. Igneous rocks make up 75 per cent of exposed rocks.
6. Conglomerates are formed as a result of the accumulation of materials caused by the destructive mechanical action of water.
7. Sandstones are consolidated rocks.
8. Clays are unconsolidated mechanical sediments.
9. Chemical sediments are formed by the destructive chemical action of water.
10. Peat and coal are the organic sediments which are of great practical value.
11. Clay schist was formed at the beginning of the sedimentation period and clay was formed later.

2). Ответьте на вопросы:

1. What main groups of rocks do you know?
2. Do sedimentary rocks consist of particles of pre-existing rocks?
3. How were igneous rocks formed?
4. Do you know how sedimentary rocks have originated?
5. What is the most important characteristic feature of sediments?
6. Do sedimentary rocks account for 10 per cent of the Earth's crust?
7. Is gravel consolidated mechanical sediment? And what about sand and clay?
8. What are cementing substances? Can calcium carbonate be used as a cementing substance?
9. Are there only fine-grained sandstones?
10. What can you say about chemical sediments?
11. Can you give an example of organic sediments? How are they formed?

3) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

1.	земная кора	а) sandstone
2.	растворяться в воде	б) fine-grained sand
3.	песчаник	в) the Earth's crust
4.	уплотненные осадки	г) exposed rocks
5.	изверженные породы	д) to dissolve in water
6.	мелкозернистый песок	е) like gypsum
7.	затвердевать	ж) consolidated sediments
8.	подобно гипсу	з) igneous rocks
9.	обнаженные породы	и) to solidify, to consolidate

б) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов.

1.	coarse-grained sand	а) разрушительная сила воды
2.	siltstone and shale	б) пластовые месторождения
3.	the destructive action of water	в) доледниковый период

4.	existing rocks	г) крупнозернистый (грубо- зернистый) песок
5.	chemical decay	д) частицы вещества
6.	sedimentary rocks	е) алеврит и сланец
7.	stratified deposits	ж) существующие породы
8.	pre-glacial period	з) осадочные породы
9.	particles of a substance	и) химический распад

Text 4: Weathering of Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

contain - v содержать *(в себе),* вмещать
crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться
contract - v сжиматься; сокращаться
dust - *n* пыль
expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**
fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель
fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*
freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать
gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно
hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом
hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф
influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*
lateral - *a* боковой
occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence -** *n* залегание; **mode of occurrence -** условия залегания
penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*
phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**
pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы
rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**
refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*
resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant -** *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся
size - *n* размер; величина; класс *(угля)*
solution – *n* раствор; **soluble -** *a* растворимый; **solvent -** растворитель; *a* растворяющий
succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно
undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*
uniform – *a* однородный; одинаковый
weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*
to be subjected to подвергаться

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

All rocks which are exposed on the Earth's surface (high mountain peaks, deserts) are decomposed to a certain degree. The process of rock disintegration by the direct influence of local atmospheric conditions on the Earth's surface is called weathering. This phenomenon is often referred to in geology because weathering is an active process. It takes place in the upper layers of the Earth's crust.

The main cause of physical weathering is the change in temperature that takes place with the succession of day and night. This phenomenon can best be observed in the deserts and high mountains where the changes in temperature are common.

During the day under the influence of heat, rocks expand whereas at night they begin to contract. As rocks are generally composed of different minerals, their expansion and contraction do not occur uniformly. As a result of this rocks crack. At the beginning these cracks or fissures are hardly noticeable but gradually they become wider and deeper until the whole surface of rock is finally transformed into gravel, sand or dust.

In the regions of a moderate or cold climate, where the temperature in winter goes down to below 0 (zero), the decomposition of rocks is greatly facilitated by the action of water. When water freezes it increases in volume and develops enormous lateral pressure. Under the action of water, rocks decompose to pieces of varied forms and sizes.

The decomposition of rocks under the direct influence of heat and cold is called physical weathering.

Rocks are subjected not only to physical decomposition but also to chemical weathering, i.e. to the action of chemical agents, such as water, carbon dioxide and oxygen. In a general way, chemical weathering is an acid attack on the rocks of the Earth's crust, in particular an attack on the most abundant minerals — quartz (sand) and aluminosilicates (clays). Only few minerals and rocks are resistant to the action of natural waters. The solvent action of water is stronger when it contains carbon dioxide. Water causes more complex and varied changes. With the participation of oxygen and carbon dioxide up to 90 per cent of rocks is transformed into soluble minerals, which are carried away by the waters.

Organisms and plants also take part in the disintegration of rocks. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks by making holes in them to live in. The action of plants can often be even more destructive. Their roots penetrate into the fissures of rocks and develop the lateral pressure which fractures and destroys rocks.

1. Укажите, какие предложены соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The process of sedimentation is called weathering.
2. The change in temperature causes physical weathering.
3. As a rule during the night rocks expand.
4. When freezing water decreases in volume and develops enormous lateral pressure.
5. The decomposition of rocks is due to the influence of heat and cold.
6. As a rule water contains dissolved mineral substances.
7. The solvent action of water is stronger when it does not contain carbon dioxide.
8. It should be noticed that the action of organisms and plants is destructive.
9. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What process is called weathering?
2. What process is called physical weathering?
3. Where can the phenomenon of physical weathering be best observed?
4. What process is called chemical weathering?
5. What substances can act as solvents?
6. Are all minerals and rocks resistant to the action of natural waters or only few minerals and rocks can resist the action of water?
7. How do organisms act on the destruction of rocks?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. the Earth's surface
2. to be composed of different minerals
3. the expansion of rocks
4. changes in temperature

5. under the influence of heat
6. weathering
7. destructive forces
8. a great number of fractures
9. to penetrate into fissures

а) под влиянием тепла
б) разрушительные силы
в) выветривание
г) большое количество трещин
д) состоять из различных минералов
е) расширение пород
ж) проникать в трещины
з) изменения температуры
и) поверхность земли

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. увеличиваться в объеме
2. развивать боковое давление
3. способствовать разрушению пород
4. подвергаться гниению
5. растворять вещества
6. сопротивляться (чему-л.)
7. некоторые органические вещества
8. ускорять процесс выветривания
9. куски породы различных размеров

а) to facilitate the decomposition of rocks
б) to increase in volume
в) to resist (smth)
г) rock pieces of varied (different) sizes
д) to accelerate the process of weathering
е) to be subjected to decay
ж) to dissolve substances
з) to develop lateral pressure
и) certain organic substances

Text 5: Fossil Fuels

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger -** n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость
heat - v нагревать; *n* теплота
liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**
mudstone - *n* аргиллит
purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**
shale - *n* глинистый сланец
the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The chief sources of energy available to man today are oil, natural gas, coal, water power and atomic energy. Coal, gas and oil represent energy that has been concentrated by the decay of organic materials (plants and animals) accumulated in the geologic past. These fuels-are often referred to as fossil fuels.

The word fossil (derived from the Latin fodere "to dig up") originally referred to anything that was dug from the ground, particularly a mineral. Today the term fossil generally means any direct evidence of past life, for example, the footprints of ancient animals. Fossils are usually found in sedimentary rocks, although sometimes they may be found in igneous and metamorphic rocks as well. They are most abundant in mudstone, shale and limestone, but fossils are also found in sandstone, dolomite and conglomerate.

Most fuels are carbon-containing substances that are burned in air. In burning fuels give off heat which is used for different purposes.

Fuels may be solid, liquid and gaseous. Solid fuels may be divided into two main groups, natural and manufactured. The former category includes coal, wood, peat and other plant products. The latter category includes coke and charcoal obtained by heating coal in the absence of air.

Liquid fuels are derived almost from petroleum. In general, natural petroleum, or crude oil, as it is widely known, is the basis of practically all industrial fuels. Petroleum is a mixture of hundreds of different hydrocarbons — compounds composed of hydrogen and carbon — together with the small amount of other elements such as sulphur, oxygen and nitrogen. Petroleum is usually associated with water and natural gas. It is found in porous sedimentary rocks where the geological formation allowed the oil to collect from a wide area. Petroleum is one of the most efficient fuels and raw materials.

Of gaseous fuels the most important are those derived from natural gas, chiefly methane or petroleum. Using gaseous fuels makes it possible to obtain high thermal efficiency, ease of distribution and control. Gas is the most economical and convenient type of fuels. Today gas is widely utilized in the home and as a raw material for producing synthetics.

Scientists consider that a most promising source of natural resources may be the floor of the sea, a subject which now has become an important field of research.

Generally speaking, all types of fossil fuels described in the text are of great economic importance as they represent the sources of energy the man uses today.

1. Укажете, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Coal, water power and atomic energy are the only sources of energy available to man today.
2. Coal, wood and peat represent natural group of solid fuels.
3. As a rule fossil fuels are found in sedimentary rocks.
4. Crude oil is widely used for producing solid fuels.
5. Petroleum can be found in porous sedimentary rocks.
6. Gas is used to produce synthetic materials.
7. Not all types of fossil fuels burn.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What fuels are often referred to as fossil fuels?
2. What does the word fossil mean?
3. What rocks are most abundant hi fossil fuels?

4. What types of fossil fuels do you know?
5. Is coke a natural or manufactured solid fuel? And what can you say about coal and peat?
6. How are coke and charcoal produced?
7. What rocks is petroleum usually associated with?
8. What are the advantages of gaseous fuels?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов сочетаний слов.

1.	fossil fuel	а) дерево и торф
2.	raw material	б) небольшое количество аргиллита
3.	crude oil	в) органическое топливо
4.	the chief sources of energy	г) сланец и известняк
5.	to refer to	д) сырье
6.	any direct or indirect evidence of the deposit	е) материалы, содержащие углерод
7.	shale and limestone	ж) главные источники энергии
8.	carbon-containing materials	з) любые прямые или косвенные признаки месторождения
9.	wood and peat	и) сырая (неочищенная) нефть
10.	the small amount of mudstone	к) относиться к (чему-л.); ссылаться на (что-л.)

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

1.	древесный уголь и кокс	а) to collect data
2.	жидкое топливо	б) charcoal and coke
3.	накапливать	в) to be composed of limestones
4.	собирать данные	г) liquid fuel
5.	происходить от	д) to accumulate
6.	получать хорошие результаты	е) to derive from
7.	богатый горючими сланцами	ж) to obtain good results
8.	состоять из известняков	з) abundant in oil shales

Text 6: Coal and Its Classification

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*
blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)
combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание
continuity - *n* непрерывность, неразрывность
domestic - *a* внутренний; отечественный
estimate - v оценивать; *n* оценка; смета
fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов
fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding -** *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва
inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя
intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный
liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*
luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous -** *a* блестящий
matter - *n* вещество; материя
moisture - *n* влажность, сырость; влага
parting - *n* прослоек
plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования
rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля
regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**
smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*
store - v запасать, хранить на складе; вмещать
strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**
thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*
uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие
utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**
volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Coal is the product of vegetable matter that has been formed by the action of decay, weathering, the effects of pressure, temperature and time millions of years ago.

Although coal is not a true mineral, its formation processes are similar to those of sedimentary rocks.

Structurally coal beds are geological strata characterized by the same irregularities in thickness, uniformity and continuity as other strata of sedimentary origin. Coal beds may consist of essentially uniform continuous strata or like other sedimentary deposits may be made up of different bands or benches of varying thickness.

You can see a seam limited by two more or less parallel planes, a shape which is typical of sedimentary rocks. The benches may be separated by thin layers, of clay, shale, pyrite or other mineral matter, commonly called partings. Like other sedimentary rocks coal beds may be structurally disturbed by folding and faulting.

According to the amount of carbon coals are classified into: brown coals, bituminous coals and anthracite. Brown coals are in their turn subdivided into lignite and common brown coal. Although carbon is the most important element in coal, as many as 72 elements have been found in some coal deposits, including lithium, chromium, cobalt, copper, nickel, tungsten and others.

Lignite is intermediate in properties between peat and bituminous coal, containing when dry about 60 to 75 per cent of carbon and a variable proportion of ash. Lignite is a low-rank brown-to-black coal containing 30 to 40 per cent of moisture. Developing heat it gives from 2,500 to 4,500 calories. It is easily inflammable but burns with a smoky flame. Lignite is liable to spontaneous combustion. It has been estimated that about 50 per cent of the world's total coal reserves are lignitic.

Brown coal is harder than lignite, containing from 60 to 65 per cent of carbon and developing greater heat than lignite (4,000-7,000 calories). It is very combustible and gives a brown powder. Bituminous coal is the most abundant variety, varying from medium to high rank. It is a soft, black, usually banded coal. It gives a black powder and contains 75 to 90 per cent of carbon. It weathers only slightly and may be kept in open piles with little danger of spontaneous combustion if properly stored. Medium-to-low volatile bituminous coals may be of coking quality. Coal is used intensively in blast furnaces for smelting iron ore. There are non-coking varieties of coal.

As for the thickness, the beds of this kind of coal are not very thick (1-1.5 meters). The great quantities of bituminous coal are found in the Russian Federation.

Anthracite or "hard" coal has a brilliant lustre containing more than 90 per cent of carbon and low percentage of volatile matter. It is used primarily as a domestic fuel, although it can sometimes be blended with bituminous grades of coal to produce a mixture with improved coking qualities. The largest beds of anthracite are found in Russia, the USA and Great Britain.

Coal is still of great importance for the development of modern industry. It may be used for domestic and industrial purposes. Being the main source of coke, coal is widely used in the iron and steel industry. Lignite, for example either in the raw state or in briquetted form, is a source of industrial carbon and industrial gases.

There is a strong tendency now for increased research into new technologies to utilize coal. No doubt, coal will be used as a raw material for the chemical industry and petrochemical processes. All

these processes involve coal conversion which include gasification designed to produce synthetic gas from coal as the basis for hydrogen manufacture, liquefaction (разжижение) for making liquid fuel from coal and other processes.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Anthracite coals may be divided into lignite and common brown coal.
2. Coals are ranked according to the percentage of carbon they contain.
3. Peat, with the least amount of carbon is the lowest rank, then comes lignite or brown coal.
4. Brown coal is hard and it is not liable to spontaneous combustion.
5. Bituminous coal weathers rapidly and one cannot keep it in open piles.
6. Being intensively used in the iron and steel industry bituminous coal varies from medium to high rank.
7. Anthracite or hard coal, the highest in percentage of carbon, can be blended with bituminous grades of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is the classification of coal based on?
2. Is carbon the only element in coal? (Prove it.)
3. Is lignite intermediate in properties between peat and bituminous coal?
4. What heat value does lignite develop when burnt?
5. What coals are liable to spontaneous combustion?
6. What is the difference between lignite and brown coal?
7. Is bituminous coal high- or low-volatile?
8. Does anthracite contain 90 per cent of carbon?
9. Where are the largest deposits of anthracite found? And what can you say about bituminous coal?
10. What do you know about the utilization of coal?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1.	spontaneous combustion	а) легковоспламеняющийся газ
2.	moisture and ash content	б) высокосортный уголь
3.	the most abundant variety	в) плавить железную руду
4.	in its turn	г) самовозгорание
5.	the amount of volatile matter	д) содержание влаги и золы
6.	easily inflammable gas	е) дымное пламя
7.	brilliant lustre	ж) наиболее широко распространенные угли
8.	to smelt iron ore	з) яркий блеск
9.	high-rank coal	и) в свою очередь
10.	a smoky flame	к) количество летучих веществ

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов н сочетаний слов:

1.	тип угля	а) heat value
2.	некоксующийся уголь	б) amount of carbon
3.	доменная печь	в) coal rank
4.	содержание углерода	г) to store coal
5.	смешиваться с другими углями	д) to weather rapidly
6.	улучшенного качества	е) non-coking coal
7.	складировать уголь	ж) blast furnace
8.	теплотворная способность	з) of improved quality
9.	быстро выветриваться	и) to blend with other coals

Text 7: General Information on Mining

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development -** *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently** ~ наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal -** *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support -** крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

As has been said, mining refers to actual ore extraction. Broadly speaking, mining is the industrial process of removing a mineral-bearing substance from the place of its natural occurrence in the Earth's crust. The term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells; metal, non-metallic minerals, coal, peat, oil shale and other hydrocarbons from the earth. In other words, the work done to extract mineral, or to prepare for its extraction is called mining.

The tendency in mining has been towards the increased use of mining machinery so that modern mines are characterized by tremendous capacities. This has contributed to: 1) improving working conditions and raising labour productivity; 2) the exploitation of lower-grade metal-bearing substances and 3) the building of mines of great dimensions.

Mining can be done either as a surface operation (quarries, opencasts or open pits) or by an underground method. The mode of occurrence of the sought-for metallic substance governs to a large degree the type of mining that is practised. The problem of depth also affects the mining method. If the rock containing the metallic substance is at a shallow site and is massive, it may be economically excavated by a pit or quarry-like opening on the surface. If the metal-bearing mass is tabular, as a bed or vein, and goes to a great distance beneath the surface, then it will be worked by some method of underground mining.

Working or exploiting the deposit means the extraction of mineral. With this point in view a number of underground workings is driven in barren (waste) rock and in mineral. Mine workings vary in shape, dimensions, location and function.

Depending on their function mine workings are described as exploratory, if they are driven with a view to finding or proving mineral, and as productive if they are used for the immediate extraction of useful mineral. Productive mining can be divided into capital investment work, development work, and face or production work. Investment work aims at ensuring access to the deposit from the surface. Development work prepares for the face work, and mineral is extracted (or produced) in bulk.

The rock surfaces at the sides of workings are called the sides, or hi coal, the ribs. The surface above the workings is the roof in coal mining while in metal mining it is called the back. The surface below is called the floor.

The factors such as function, direct access to the surface, driving in mineral or in barren rock can be used for classifying mine workings:

I. Underground workings:

a) Long or deep by comparison with their cross-section may be: 1) vertical (shaft, blind pit); 2) sloping (slopes, sloping drifts, inclines); 3) horizontal (drifts, levels, drives, gate roads, adits, crosscuts).

b) Large openings having cross dimensions comparable with their length.

c) Production faces, whose dimensions depend on the thick ness of the deposit being worked, and on the method of mining it.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. As a rule, the term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells as well as coal, iron ores and other useful minerals from the earth.
2. The increased use of mining machinery has greatly contributed to raising labour productivity and improving working conditions.
3. It is quite obvious that the problem of depth is not always taken into consideration in choosing the mining method.
4. Productive workings are usually used for the immediate extraction of useful mineral.
5. Underground workings are driven in barren rock or in mineral.
6. A shaft is a vertical underground working which is long and deep in comparison with its cross-section.
7. The surface above the mine working is usually called the floor.
8. The rock surfaces at the sides of mine workings arc called the ribs.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is mining?
2. What has contributed to the better working conditions of the miners?
3. What factors influence the choice of the mining method?
4. In what case is useful mineral worked by open pits?
5. Are exploratory workings driven with a view to finding and proving mineral or are they driven for immediate extraction of mineral?
6. What is the difference between development and production work?
7. What main factors are used for classifying mine workings?
8. What do the dimensions of production faces depend on?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. direct access to the surface
2. open-cast mining
3. tabular (or bedded) deposits
4. oil well
5. underground workings
6. cross-section of a working
7. production face
8. the roof of the mine working
9. to drive mine workings in barren rock
10. to affect the mining method

а) нефтяная скважина
б) проходить горные выработки по пустой породе
в) влиять на метод разработки
г) прямой доступ к поверхности
д) пластовые месторождения
е) открытая разработка
ж) поперечное сечение выработки
з) подземные выработки
и) очистной забой
к) кровля горной выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов сочетаний слов:

1. способствовать чему-л.
2. размер ствола
3. извлекать, добывать (уголь)
4. штреки и квершлаги
5. пустая порода
6. вообще говоря
7. удалять, перемещать (крепь, вскрышу и др.)
8. с целью ...
9. подготовительные работы
10. мощность пласта

а) thickness of a seam
б) shaft dimension
в) with a view to
г) to contribute to smth.
д) development work
е) to remove (timber, overburden, etc.)
ж) drifts (gate roads) and crosscuts
з) generally speaking

и) to recover (coal)
к) waste (barren) rock

Text 8: Methods of Working Bedded Deposits Underground

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss -** *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The method of working (or method of mining) includes a definite sequence and organization of development work of a deposit, its openings and its face work in certain geological conditions. It depends on the mining plan and machines and develops with their improvements. A rational method of working should satisfy the following requirements in any particular conditions: 1) safety of the man; 2) maximum output of mineral; 3) minimum development work (per 1,000 tons output); 4) minimum production cost and 5) minimum losses of mineral.

Notwithstanding the considerable number of mining methods in existence, they can be reduced to the following main types: 1. Methods of working with long faces (continuous mining); 2. Methods of working with short faces (room-and-pillar). The characteristic feature of the continuous mining is the absence of any development openings made in advance of production faces. The main advantage of long continuous faces is that they yield more mineral. Besides, they allow the maximum use of combines (shearers), cutting machines, powered supports and conveyers. The longwall method permits an almost 100 per cent recovery of mineral instead of 50 to 80 per cent obtainable in room-and-pillar methods.

The basic principle of room-and-pillar method is that rooms from 4 to 12 meters wide (usually 6-7) are driven from the entries, each room is separated from each other by a rib pillar. Rib pillars are recovered or robbed after the rooms are excavated. The main disadvantage of shortwall work is a considerable loss of mineral and the difficulty of ventilation. In working bedded deposits methods of mining mentioned above may be used either with stowing or with caving.

In Russia, Germany (the Ruhr coal-field), France and Belgium nearly all the faces are now long ones. In Britain longwall faces predominate.

The USA, Canada, Australia and to some extent India are developing shortwall faces and creating the machines for them. In these countries shortwall faces are widely used.

In Russia the thick seams are taken out to full thickness up to 4.5 m thick if they are steep, and up to 3.5 m thick if they are gently sloping or inclined. In the Kuznetsk coal-field long faces are worked to the dip with ashield protection, using a method proposed by N.Chinakal. In shield mining coal is delivered to the lower working by gravity so that additional haulage is not required.

It should also be noted that in Russia hydraulic mining is widely used as it is one of the most economic and advantageous methods of coal getting. New hydraulic mines are coming into use in a number of coal-fields. Hydraulic mining is developing in other countries as well.

The aim of hydraulic mining is to remove coal by the monitors (or giants) which win coal and transport it hydraulically from the place of work right to the surface. It is quite obvious that the choice of the method of mining will primarily depend on the depth and the shape and the general type of the deposit.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. A definite sequence and organization of development work is called mining.
2. Mining methods in existence can be reduced to the two main types.
3. The depth and the shape of the deposit influence the choice of the method of working.
4. As is known, in Belgium all the faces are short now, in Great Britain they amount to 84 per cent.
5. In Australian collieries shortwall faces are widely used.
6. The room-and-pillar method is characterized by the absence of any development openings.
7. High-capacity monitors win coal and transport it hydraulically right to the surface.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What factors does mining depend on?
2. What is mining?
3. What are the most important factors which affect the choice of the method of working?
4. Do short faces or long faces predominate in Russia? What can you say about the Ruhr coal-field?
5. Is Canada developing shortwall faces or longwall faces?
6. What are the main disadvantages of shortwall faces?
7. What are the two main methods of working?
8. What is the main advantage of long continuous faces?
9. What methods of mining long faces do you know?
10. What method of mining is characterized by the absence of development openings?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

1.	development face	а) сплошная система разработки
2.	great losses	б) выемка целиков
3.	shield method of mining	в) подготовительный забой
4.	continuous mining	г) большие потери
5.	longwall advancing to the dip	д) удовлетворять требованиям
6.	the room-and-pillar method of mining	е) зависеть от геологических условий
7.	to open up a deposit	ж) выемка лавами прямым ходом по падению

8. pillar mining з) щитовая система разработки
9. to satisfy the requirements и) вскрывать месторождение
10. to depend upon the geological conditions к) камерно-столбовая система разработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. включать (в себя) а) safety
2. выемка лавами обратным ходом б) annual output
3. достигать 50% в) to involve
4. превышать 60% г) to propose a new method of mining
5. безопасность д) long wall retreating
6. годовая добыча е) in connection with difficulties
7. основной недостаток системы разработки ж) to exceed 60 per cent
8. под-этаж з) notwithstanding (in spite of)
9. крутопадающий пласт и) to reach 50 per cent
10. щитовая система разработки к) the main disadvantage of the method of mining
11. предложить новый способ разработки л) sublevel
12. в связи с трудностями м) the shield method of mining
13. несмотря на н) open up a deposit
14. вскрывать месторождение о) steep seam

2.3 Подготовка доклада

Подготовьте доклад по одной из предложенных тем.

1. Inigo Jones (1573-1652)
2. Christopher Wren (1632-1723)
3. Geoffrey Chaucer (1340-1400)
4. Samuel Johnson (1709-1784)
5. Alfred Tennyson (1809-1892)
6. Thomas Hardy (1840-1928)
7. John Milton (1608-1674)
8. William Makepeace Thackeray (1811-1863)
9. Henry Wadsworth Longfellow (1807 – 1882)
10. Joshua Reynolds (1723-1792)
11. Thomas More (1478 – 1535)
12. J.M.W. Turner (1775-1851)
13. Thomas Gainsborough (1727 – 1788)
14. Henry Moor (1898-1986)
15. Henry Irving (1838-1905)
16. William Gilbert (1836-1911)
17. Arthur Sullivan (1842-1900)
18. James Watt (1736 - 1819)
19. Thomas Telford (1757 - 1834)
20. Isambard Kingdom Brunel (1806 – 1859)
21. George Stephenson (1781 – 1848)
22. David Livingstone (1813 – 1873)
23. Tony Blair (1953)
24. Winston Churchill (1874 - 1965)
25. Margaret Hilda Thatcher (1925)
26. Sir Isaac Newton (1642 – 1727
27. Alexander Graham Bell (1847 - 1922)

28. Robert Burns (1759 – 1796)

Правила предоставления информации в докладе

Размер	**А4**
Шрифт	Текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman 12
Поля	слева – 2 см., сверху и справа – 1 см., снизу – 1
Абзацный отступ	1 см устанавливается автоматически
Стиль	Примеры выделяются курсивом
Интервал	межстрочный интервал – 1
Объем	1 -2 страницы (до 7 минут устного выступления)
Шапка доклада	***Иванова Мария Ивановна*** Екатеринбург, Россия ФГБОУ ВПО УГГУ, МД-13 НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА
	Список использованной литературы

Краткое содержание статьи должно быть представлено на 7-10 слайдах, выполненных в PowerPoint.

2.4 Подготовка к тесту

Тест направлен на проверку страноведческих знаний и знаний межкультурной коммуникации. Для этого студентам необходимо повторить материал, представленный в *Социально-культурной сфере общения* по теме «Страны изучаемого языка» (Я и мир). Для успешного написания теста изучите следующий материал:

THE GEOGRAPHICAL POSITION OF GREAT BRITAIN

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland covers an area of some 244 thousand square miles. It is situated on the British Isles. The British Isles are separated from Europe by the Strait of Dover and the English Channel. The British Isles are washed by the North Sea in the east and the Atlantic Ocean in the west.

England is in the southern and central part of Great Britain. Scotland is in the north of the island. Wales is in the west. Northern Ireland is situated in the north-eastern part of Ireland.

England is the richest, the most fertile and most populated part in the country. There are mountains in the north and in the west of England, but all the rest of the territory is a vast plain. In the northwestern part of England there are many beautiful lakes. This part of the country is called Lake District.

Scotland is a land of mountains. The Highlands of Scotland are among the oldest mountains in the world. The highest mountain of Great Britain is in Scotland too. The chain of mountains in Scotland is called the Grampians. Its highest peak is Ben Nevis. It is the highest peak not only in Scotland but in the whole Great Britain as well. In England there is the Pennine Chain. In Wales there are the Cumbrian Mountains.

There are no great forests on the British Isles today. Historically, the most famous forest is Sherwood Forest in the east of England, to the north of London. It was the home of Robin Hood, the famous hero of a number of legends.

The British Isles have many rivers but they are not very long. The longest of the English rivers is the Severn. It flows into the Irish Sea. The most important river of Scotland is the Clyde. Glasgow stands on it. Many of the English and Scottish rivers are joined by canals, so that it is possible to travel by water from one end of Great Britain to the other.

The Thames is over 200 miles long. It flows through the rich agricultural and industrial districts of the country. London, the capital of Great Britain, stands on it. The Thames has a wide mouth, that's

why the big ocean liners can go up to the London port. Geographical position of Great Britain is rather good as the country lies on the crossways of the see routes from Europe to other parts of the world. The sea connects Britain with most European countries such as Belgium, Holland, Denmark, Norway and some other countries. The main sea route from Europe to America also passes through the English Channel.

United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland occupies the territory of the British Isles. They lie to the north-west of Europe.

Once upon a time the British Isles were an integral part of the mainland. As a result of sinking of the land surface they became segregated. Great Britain is separated from the continent by the English Channel. The country is washed by the waters of the Atlantic Ocean. Great Britain is separated from Belgium and Holland by the North Sea, and from Ireland — by the Irish Sea.

There are several islands along the coasts. The total area of the British Isles is 325 000 km2. The main islands are Great Britain and Ireland.

The surface of the country is much varied. Great Britain is the country of valleys and plains.

The insular geographical position of Great Britain promoted the development of shipbuilding, different trading contacts with other countries. It has also allowed the country to stay independent for quite a long period of time.

THE BRITISH PARLIAMENT

The British Parliament is the oldest in the world. It originated in the 12th century as Witenagemot, the body of wise councillors whom the King needed to consult pursuing his policy. The British Parliament consists of the House of Lords and the House of Commons and the Queen as its head.

The House of Commons plays the major role in law-making. It consists of Members of Parliament (called MPs for short). Each of them represents an area in England, Scotland, Wales and Ireland.

MPs are elected either at a general election or at a by-election following the death or retirement. Parliamentary elections are held every 5 years and it is the Prime Minister who decides on the exact day of the election. The minimum voting age is 18. And the voting is taken by secret ballot.

The election campaign lasts about 3 weeks, The British parliamentary system depends on political parties.

The party which wins the majority of seats forms the government and its leader usually becomes Prime Minister. The Prime Minister chooses about 20 MPs from his party to become the cabinet of ministers. Each minister is responsible for a particular area in the government. The second largest party becomes the official opposition with its own leader and «shadow cabinet». The leader of the opposition is a recognized post in the House of Commons.

The parliament and the monarch have different roles in the government and they only meet together on symbolic occasions, such as coronation of a new monarch or the opening of the parliament. In reality, the House of Commons is the one of three which has true power.

The House of Commons is made up of six hundred and fifty elected members, it is presided over by the speaker, a member acceptable to the whole house. MPs sit on two sides of the hall, one side for the governing party and the other for the opposition. The first 2 rows of seats are occupied by the leading members of both parties (called «front benches»). The back benches belong to the rank-and-life MPs.

Each session of the House of Commons lasts for 160-175 days. Parliament has intervals during his work. MPs are paid for their parliamentary work and have to attend the sittings.

As mention above, the House of Commons plays the major role in law making. The procedure is the following: a proposed law («a bill») has to go through three stages in order to become an act of Parliament; these are called «readings».

The first reading is a formality and is simply the publication of the proposal. The second reading involves debate on the principles of the bill; it is examination by parliamentary committee.

And the third reading is a report stage, when the work of the committee is reported on to the house. This is usually the most important stage in the process.

When the bill passes through the House of Commons, it is sent to the House of Lords for discussion, when the Lords agree it, the bill is taken to the Queen for royal assent, when the Queen sings the bill, it becomes act of the Parliament and the Law of the Land.

The House of Lords has more than 1000 members, although only about 250 take an active part in the work in the house. Members of this Upper House are not elected; they sit there because of their rank. The chairman of the House of Lords is the Lord Chancellor. And he sits on a special seat, called «Woolsack».

The members of the House of Lords debate the bill after it has been passed by the House of Commons. Some changes may be recommended and the agreement between the two houses is reached by negotiations.

BRITISH TRADITIONS AND CUSTOMS

British nation is considered to be the most conservative in Europe. It is not a secret that every nation and every country has its own customs and traditions. In Great Britain people attach greater importance to traditions and customs than in other European countries. Englishmen are proud of their traditions and carefully keep them up. The best examples are their queen, money system, their weights and measures.

There are many customs and some of them are very old. There is, for example, the Marble Championship, where the British Champion is crowned; he wins a silver cup known among folk dancers as Morris Dancing. Morris Dancing is an event where people, worn in beautiful clothes with ribbons and bells, dance with handkerchiefs or big sticks in their hands, while traditional music-sounds.

Another example is the Boat Race, which takes place on the river Thames, often on Easter Sunday. A boat with a team from Oxford University and one with a team from Cambridge University hold a race.

British people think that the Grand National horse race is the most exciting horse race in the world. It takes place near Liverpool every year. Sometimes it happens the same day as the Boat Race takes place, sometimes a week later. Amateur riders as well as professional jockeys can participate. It is a very famous event.

There are many celebrations in May, especially in the countryside.

Halloween is a day on which many children dress up in unusual costumes. In fact, this holiday has a Celtic origin. The day was originally called All Halloween's Eve, because it happens on October 31, the eve of all Saint's Day. The name was later shortened to Halloween. The Celts celebrated the coming of New Year on that day.

Another tradition is the holiday called Bonfire Night. On November 5, 1605, a man called Guy Fawkes planned to blow up the Houses of Parliament where the king James 1st was to open Parliament on that day. But Guy Fawkes was unable to realize his plan and was caught and later, hanged. The British still remember that Guy Fawkes' Night. It is another name for this holiday. This day one can see children with figures, made of sacks and straw and dressed in old clothes. On November 5th, children put their figures on the bonfire, burn them, and light their fireworks.

In the end of the year, there is the most famous New Year celebration. In London, many people go to Trafalgar Square on New Year's Eve. There is singing and dancing at 12 o'clock on December 31st.

A popular Scottish event is the Edinburgh Festival of music and drama, which takes place every year. A truly Welsh event is the Eisteddfod, a national festival of traditional poetry and music, with a competition for the best new poem in Welsh. If we look at English weights and measures, we can be convinced that the British are very conservative people. They do not use the internationally accepted measurements. They have conserved their old measures. There are nine essential measures. For general use, the smallest weight is one ounce, then 16 ounce is equal to a pound. Fourteen pounds is one stone.

The English always give people's weight in pounds and stones. Liquids they measure in pints, quarts and gallons. There are two pints in a quart and four quarts or eight pints are in one gallon. For length, they have inches: foot, yards and miles.

LONDON

As well as being the capital of England, London is the capital of the United Kingdom. London was founded by the Romans in 43 A.D. and was called Londinium. In 61 A.D. the town was burnt down and when it was rebuilt by the Romans it was surrounded by a wall. That area within the wall is now called the City of London. It is London's commercial and business centre. It contains the Bank of England, the Stock Exchange and the head offices of numerous companies and corporations. Here is situated the Tower of London.

The Tower was built by William the Conqueror who conquered England in 1066. He was crowned at Westminster Abbey. Now most of the Government buildings are located there.

During the Tudor period (16th century) London became an important economic and financial centre. The Londoners of the Elizabethan period built the first theatres. Nowadays the theatre land is stretched around Piccadilly Circus. Not far from it one can see the British Museum and the «Covent Garden» Opera House.

During the Victorian period (19th century) London was one of the most important centers of the Industrial Revolution and the centre of the British Empire. Today London is a great political centre, a great commercial centre, a paradise for theatre-goers and tourists, but it is also a very quiet place with its parks and its ancient buildings, museums and libraries.

LONDON

London is the capital of Great Britain, its political, economic and commercial center. It`s one of the largest cities in the world and the largest city in Europe. Its population is about 9 million. London is one of the oldest and most interesting cities in the world. Traditionally it`s divided into several parts: the City, Westminster, the West End and the East End.

They are very different from each other and seem to belong to different towns and epochs. The heart of London is the City, its financial and business center. Numerous banks, offices and firms are situated there, including the Bank of England, the Stock Exchange and the Old Bailey. Few people live here, but over a million people come to the City to work. There are some famous ancient buildings within the City. Perhaps the most striking of them in St. Paul`s Cathedral, the greatest of British churches. St. Paul`s Cathedral has always dominated the center of London. It stands on the site of former Saxon and Norman churches. They latter were destroyed in the Great Fire and the present building, completed in 1710, is the work of the eminent architect Sir Christopher Wren. It is an architectural masterpiece.

Londoners have a particular affection for St. Paul`s, which is the largest Protestant Church in England. Its high dome, containing the remarkable Whispering Gallery, is a prominent landmark towering above the multistoried buildings which line the river-bank.

The Tower of London was one of the first and most impressive castles built after the Norman invasion of England in 1066. Since the times of William I various kings have built and extended the Tower of London and used it for many purposes. The Tower has been used as a royal palace, an observatory, an arsenal, a state prison, and many famous and infamous people have been executed within its walls. It is now a museum. For many visitors the principal attraction is the Crown Jewels, the finest precious stones of the nation. A fine collection of armour is exhibited in the keep. The security of the Tower is ensured by a military garnison and by the Yeoman Warders or Beefeaters, who still wear their picturesque Tudor uniform.

Westminster is the historic, the governmental part of London. Westminster Abbey is a national shrine where the kings and queens are crowned and famous people are buried. Founded by Edward the Confessor in 1050, the Abbey was a monastery for along time. The present building dates largely from the times of Henry 3, who began to rebuild the church, a task which lasted nearly 300 years. The West towers were added in the eighteenth century. Since William I almost every English monarch has been

crowned in this great church, which contains the tombs and memorials of many of Britain`s most eminent citizens: Newton, Darwin, Chaucer, Dickens, Tennyson, Kipling and etc. One of the greatest treasures of the Abbey is the oaken Coronation Chair made in 1300. The Abbey is also known for its Poet`s Corner. Graves and memorials to many English poets and writers are clustered round about.

Across the road from Westminster Abbey is Westminster Palace, or the Houses of Parliament, the seat of the British Parliament. The Parliament of Great Britain and Northern Ireland consists of the House of Lords and the House of Commons. The House of Lords consists of just over 1,000 members of the different grades of nobility — dukes, marquises, earls, viscounts and barons.

The House of Commons consists of 650 members. They are elected by secret ballot by men and women aged 18 and over. Every Parliament is divided into Sessions. Each of these may last a year and usually begins early in November. The Clock Tower, which contains the hour-bell called Big Ben, is known over the world. The bell is named after Sir Benjamin Hall.

Buckingham Palace is the official residence of the Queen. The West End is the richest and most beautiful part of London. It is the symbol of wealth and luxury. The best hotels, shops, restaurants, clubs, and theatres are situated there. There are splendid houses and lovely gardens belonging to wealthy people.

Trafalgar Square is the geographical center of London. It was named in memory of Admiral Nelson`s victory in the battle of Trafalgar in 1805. The tall Nelson`s Column stands in the middle of the square. On the north side of Trafalgar Square is the National Gallery and the National Portrait Gallery.

Not far away is the British Museum — the biggest museum in London. It contains a priceless collection of ancient manuscripts, coins, sculptures, est., and is famous for its library.

The East End is the poorest district of London. There are a lot of factories, workshops and docks here. The streets are narrow, the buildings are unimpressive. The East End is densely populated by working class families.

PLACES OF INTERESTS IN GREAT BRITAIN

Britain is rich in its historic places which link the present with the past. The oldest part of London is Lud Hill, where the city is originated. About a mile west of it there is Westminster Palace, where the king lived and the Parliament met, and there is also Westminster Abby, the coronation church. Liverpool, the «city of ships», is England’s second greatest port, ranking after London. The most interesting sight in the Liverpool is the docks. They occupy a river frontage of seven miles.

The University of Liverpool, established in 1903, is noted for its School of Tropical Medicine. And in the music world Liverpool is a well-known name, for it’s the home town of «The Beatles».

Stratford-on-Avon lies 93 miles north-west of London. Shakespeare was born here in 1564, and here he died in 1616.

Cambridge and Oxford Universities are famous centers of learning. Stonehenge is a prehistoric monument, presumably built by Druids, members of an order of priests in ancient Britain. Tintagel Castle is King Arthur’s reputed birthplace. Canterbury Cathedral is the seat of the Archbishop of Canterbury, head of the Church of England.

The British Museum is the largest and richest museum in the world. It was founded in 1753 and contains one of the world’s richest collections of antiquities. The Egyptian Galleries contain human and animal mummies. Some parts of Athens’ Parthenon are in the Greek section.

Madam Tussaud’s Museum is an exhibition of hundreds of life-size wax models of famous people of yesterday and today. The collection was started by Madam Tussaud, a French modeller in wax, in the 18th century. Here you can meet Marilyn Monroe, Elton John, Picasso, the Royal Family, the Beatles and many others: writers, movie stars, singers, politicians, sportsmen, etc.

5. Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену включает в себя повторение всех изученных тем курса.

Билет на экзамен включает в себя тест и практико-ориентированное задание.

Наименование оценочного средства	*Характеристика оценочного средства*	*Методика применения оценочного средства*	*Наполнение оценочного средства в КОС*	*Составляющая компетенции, подлежащая оцениванию*
Экзамен:				
Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тест состоит из 20 вопросов.	КОС - тестовые задания	Оценивание уровня знаний, умений, владений
Практико-ориентированное задание	Задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию	Количество заданий в билете – 1. Предлагаются задания по изученным темам в виде практических ситуаций.	КОС- Комплект заданий	Оценивание уровня знаний, умений и навыков

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Специальность
21.05.04 Горное дело

форма обучения: **очная, заочная**

квалификация выпускника: **специалист (горный инженер)**

Авторы: Гребенкин С.М., Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Безопасности горного производства	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Елохин В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА

Цель практического занятия — закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Человек и среда обитания: воздействия негативных факторов окружающей среды на человека», и формирование практических навыков расчета воздухообмена в производственных помещениях необходимого для очистки воздуха от вредностей: для удаления вредных веществ (выделяющихся вредных газов, паров и пыли); для удаления излишних водяных паров; для удаления избыточного тепла.

Общие сведения. Среда обитания — это окружающая человека среда, осуществляющая через совокупность факторов (физических, биологических, химических и социальных) прямое или косвенное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье, трудоспособность и потомство. В жизненном цикле человек и окружающая среда обитания непрерывно взаимодействуют и образуют постоянно действующую систему «человек — среда обитания», в которой человек реализует свои физиологические и социальные потребности. В составе окружающей среды выделяют природную, техногенную, производственную и бытовую среду. Каждая среда может представлять опасность для человека. В данной работе рассматривается расчет потребного воздухообмена (L м^3/ч), для очистки воздуха от вредных газов и паров и для удаления избыточного тепла с помощью механической общеобменной вентиляции.

Задание. В помещении объемом V работают n человек со средней производительностью a каждый. Они производят покраску и шпаклевку изделий нитро- (на основе ацетона) красками, эмалями и шпаклевками, для чего используется ручное и механизированное оборудование. В этом же помещении производится пайка N контактов припоем ПОС-60. Источники тепловыделения

– оборудование мощностью Рном и осветительная сеть мощностью Роев из люминесцентных ламп. Расчеты вести для холодного периода года. Помещение имеет *К* окон направленных на север размерами 2,5х1,75 м с двойным остеклением и деревянными рамами. Категория работ – III (тяжелая).

Рассчитать потребный воздухообмен и определить кратность воздухообмена для: 1) испарений растворителей и лаков; 2) при пайке припоем ПОС-60; 3) удаления выделяемой людьми углекислоты; 4) удаления избыточного тепла.

Методика и порядок расчета воздухообмена для очистки воздуха.

Потребный воздухообмен определяется по формуле

$$L = \frac{G \times 1000}{x_н - x_в}, \text{ м}^3/\text{ч}, \qquad (1.1)$$

где *L*, м^3/ч – потребный воздухообмен; *G*, г/ч – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения; $x_в$, мг/м^3 – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [1]; $x_н$, мг/м^3 – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338- 03) [4].

Применяется также понятие кратности воздухообмена (n), которая показывает сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Значение n [ ] [ ] может быть достигнуто естественным воздухообменом без устройства механической вентиляции.

Кратность воздухообмена определяется по формуле

$$n = \frac{L}{V_n}, \text{ ч}^{-1}, \qquad (1.2)$$

где n, раз/ч – кратность воздухообмена; *L*, м^3/ч – потребный воздухообмен; V_n – внутренний объем помещения, м^3.

Согласно СП 2.2.1.1312-03, кратность воздухообмена n > 10 недопустима.

Так как $x_н$ определяется по табл. 1.1 прил.1, а $x_в$ по табл. 1.2 прил.1, то для расчета потребного воздухообмена необходимо в каждом случае определять

количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения.

Таблица 1.0

Исходные данные для расчёта потребного воздухообмена

№ вар.	*a*, м²/ч	Материал	*n* чел.	*V* м³	*N* шт/час	Местность	$P_{ном.}$ кВт	$P_{осв.}$ кВт	*m* окон
1	2	Бесцветный аэролак, окраска кистью	1	100	40	Сельские населенные пункты	10	0,5	2
2	1,5		2	200	35		20	0,5	3
3	1		3	300	400		30	1	4
4	2		4	400	45	Малые города	40	1	5
5	3	Цветной аэролак, окраска механизир.	1	500	305		200	1	6
6	4		1	600	48		150	1,5	6
7	3,5		1	700	450	Большие города	200	1	6
8	5		1	800	480		100	2	8
9	0,2	Шпаклевка кистью	3	80	325		10	0,5	2
10	0,3		4	200	420	Сельские населенные пункты	20	1	4
11	1,5	Шпаклевка механизир,	1	200	250		30	1	3
12	1		2	300	450		40	1,5	4
13	0,8	Бесцветный аэролак, окраска кистью	1	150	300	Малые города	50	0,6	2
14	1		2	150	48		60	0,8	3
15	1,2		1	120	335		70	1	2
16	0,7		2	200	400	Большие города	80	1,2	4
17	2	Цветной аэролак, окраска механизир.	1	200	280		90	0,6	4
18	2,5		2	400	480		100	0,8	6
19	2,2		1	400	290	Сельские населенные пункты	150	1,2	8
20	1,8		2	600	300		200	1,5	8
21	0,3	Шпаклевка кистью	1	80	200		250	0,5	I
22	0,4		2	100	250	Малые города	300	0,6	2
23	1	Шпаклевка механизир.	1	150	242		60	1	2
24	1		2	400	440	Большие города	80	1	3
25	1,5	Шпаклевка	1	100	270		100	1,2	4

26	2	кистью	3	200	180		150	0,5	6

Рассмотрим отдельные характерные случаи выделения вредных веществ в воздух помещения и определения потребного воздухообмена.

1.1. Определение воздухообмена при испарении растворителей и лаков

Испарение растворителей и лаков обычно происходит при покраске различных изделий. Количество летучих растворителей, выделяющихся в воздухе помещений можно определить по следующей формуле

$$G = \frac{a \times A \times m \times n}{100}, \text{ г/ч}, \qquad (1.3)$$

где a, м^2/ч – средняя производительность по покраске одного рабочего (при ручной покраске кистью – 12 м^2/ч, пульверизатором – 50 м^2/ч); A, г/м^2 – расход лакокрасочных материалов; m, % – процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах; n – число рабочих, одновременно занятых на покраске.

Численные значения величин A и m определяются по табл. 1.3 прил. 1.

Пример. Определить количество выделяющихся в воздух помещения летучих растворителей.

Решение:

По табл. 3 прил. 1 для цветного аэролака при окраске распылением находим, что A = 180 г/м^2, m = 75 %, тогда G = 50·180·75·2/100 = 13500 г/ч. Далее определяем потребный воздухообмен в помещении по формуле (1.3). Находим для ацетона из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1, что $x_в$ = 200 мг/м^3, $x_н$ = 0,35 мг/м^3, тогда L = 13500·1000/(200 - 0,35) = 67500 м^3/ч.

Ответ: L = 67500 м^3/ч.

1.2. Определение потребного воздухообмена при пайке электронных схем

Пайка осуществляется свинцово-оловянным припоем ПОС-60, который содержит C = 0,4 доли объема свинца и 60 % олова. Наиболее ядовиты аэрозоли (пары) свинца.

В процессе пайки из припоя испаряется до B = 0,1 % свинца, а на 1 пайку расходуется 10 мг припоя. При числе паек – N, количество выделяемых паров свинца определяется по формуле

$$G = C \times B \times N, \text{ мг/ч}, \qquad (1.4)$$

где G, г/ч – количество выделяемых паров свинца; C – содержание свинца; B – % свинца; N – число паек.

Пример. В помещении объемом $V_п$ = 1050 м^3 три человека осуществляют пайку припоем ПОС-40 с производительностью по 100 контактов в час. Найти требуемую кратность воздухообмена.

Решение:

По формуле (1.4) определяем количество аэрозолей свинца, выделяемых в воздух: G = 0,6·0,001·10·100·3 = 1,8 мг/ч. Далее определяем потребный воздухообмен по формуле (1.1). Находим из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1 для свинца и его соединений $x_в$ = 0,01 мг/м^3; $x_н$ = 0,001 мг/м^3. Тогда L = 1,8 / (0,01- 0,001) = 200,0 м^3/ч.

Ответ: L = 185,5 м^3/ч.

1.3. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемая людьми углекислота (CO_2). Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по допустимой концентрации её.

Количество углекислоты в зависимости от возраста человека и

выполняемой работы, а также допустимые концентрации углекислоты для различных помещений приведены в табл. 1.4 и 1.5 прил. 1.

Содержание углекислоты в атмосферном воздухе можно определить по химическому составу воздуха. Однако, учитывая повышенное содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов, следует принимать при расчете содержания CO_2 следующие значения: для сельских населенных пунктов – 0,33 л/м^3, для малых городов (до 300 тыс. жителей) – 0,4 л/м^3, для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) – 0,5 л/м^3.

Пример. Определить потребную кратность воздухообмена в помещении, где работают 3 человека.

Решение:

По табл. 1.4 прил.1 определяем количество CO_2, выделяемой одним человеком g = 23 л/ч. По табл. 1.5 прил. 1 определяем допустимую концентрацию CO_2. Тогда $x_в$ = 1 л/м3 и содержание CO_2 в наружном воздухе для больших городов $x_н$ = 0,5 л/м^3 .Определяем потребный воздухообмен по формуле (1.1) $L = 23 \cdot 3/(1- 0,5) = 138$ м$^{3/}$ч. Ответ: L = 138 м^3/ч.

1.4. Определение потребного воздухообмена при выделении газов (паров) через неплотности аппаратуры, находящейся под давлением

Производственная аппаратура, работающая под давлением, как правило, не является вполне герметичной. Степень герметичности аппаратуры уменьшается по мере ее износа. Считая, что просачивание газов через неплотности подчиняется тем же законам, что и истечение через небольшие отверстия, и, предполагая, что истечение происходит адиабатически, количество газов, просочившихся через неплотности, можно определить по формуле

$$G = k \times c \times \sqrt[v]{\frac{M}{T}}, \text{ кг/ч}, \qquad (1.5)$$

где k – коэффициент, учитывающий повышение утечки от износа оборудования (k = 1–2); c – коэффициент, учитывающий влияние давление газа в аппарате; v – внутренний объем аппаратуры и трубопроводов, находящихся под давлением, м^3; M – молекулярный вес газов, находящихся в аппаратуре; T – абсолютная температура газов в аппаратуре, К.

Таблица 1.2

Коэффициент, учитывающий влияние давление газа в аппарате

Давление p, атм	до 2	2	7	17	41	161
c	0,121	0,166	0,182	0,189	0,25	0,29

Пример. Система, состоящая из аппаратов и трубопроводов, заполнена сероводородом. Рабочее давление в аппаратуре p_a = 3 атм, а в проводящих трубопроводах $p_а$=4 атм. Внутренний объем аппаратуры v_a = 5 м^3, объём трубопроводов, $v_{тр}$ = 1,2 м^3. Температура газа в аппаратуре – $t_а$ = 120 °С, в трубопроводе – $t_{тр}$ = 25 °С. Определить потребный воздухообмен в помещении.

Решение:

Определяем величины утечек сероводорода (H_2S) из аппаратуры и трубопроводов. Принимаем k = 1,5; c = 0,169 (по табл. 1.2); M = 34, для H_2S; Утечка газа из аппаратуры составляет:

$$G_а = 1{,}5 \times 0{,}169 \times \sqrt[5]{\frac{34}{393}} = 0{,}372$$

Утечка газа из трубопроводов составляет:

$$G_{тр} = 1{,}5 \times 0{,}172 \times 1{,}2 = 0{,}104$$

$$G = G_а + G_{тр} = 0{,}372 + 0{,}104 = 0{,}476, \text{кг/ч}$$

Используя данные табл. 1.1 прил. 1, находим, что для сероводорода

$x_в$ =10 мг/м^3; $x_н$ = 0,008 мг/м^3. Потребный воздухообмен равен

$$L = \frac{4761000}{(10 - 0{,}008)} = 47638{,}1\ {}^{м^3}/_{ч}$$

Ответ: L = 47638,1 м^3/ч

Вывод: В воздух помещения одновременно могут выделяться несколько вредных веществ. По действию на организм человека они могут быть однонаправленными и разнонаправленными. Для однонаправленных веществ расчетные значения потребного воздухообмена суммируются, а для разнонаправленных веществ выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

Пример. Для первой вредности в воздухе рабочей зоны – вредных (токсичны) веществ в рассмотренных примерах все относятся к веществам разнонаправленного действия, поэтому принимаем к дальнейшему расчету максимальное из полученных значений, т. е. L = 67500 м^3/ч (потребный воздухообмен для паров растворителей при окраске).

Для проверки соответствия требованиям устройства вентиляции определим кратность воздухообмена n = 67500/4800 = 14,1 ч$^{-1}$. Данное значение превышает установленную величину – 10 ч$^{-1}$, поэтому необходимо принять дополнительное решение по устройству вентиляции в помещении. Например, таким решением может быть исключение распространения от двух мест окраски растворителей по всему помещению за счет применения местной вытяжной вентиляции.

Расчет объёма воздуха удаляемого местной вентиляцией определяется по формуле

$$L_{МВ} = F \times v \times 3600,\ {}^{м^3}/_{ч}\ , \qquad (1.6)$$

где F – площадь сечения всасывающих отверстий, м^2; v – скорость воздуха

в сечении вытяжной вентиляции, м/с. Рекомендуется принимать значение скорости в интервале 0,8-1,5 м/с.

Таким образом, потребный воздухообмен для оставшихся вредных веществ принимаем для выделений сероводорода: L = 47638,1 м^3/ч.

Проверка:

$$n = 47638,\ 1/4800 = 9,\ 9\ ч^{-1}.$$

1.5. Расчёт потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла

Расчет потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла производится по формуле

$$L = \frac{Q_{изб}}{\gamma_B \times c\Delta t},\ м^3/ч, \qquad (1.7)$$

где L, м^3/ч – потребный воздухообмен; $Q_{изб}$, ккал/ч – избыточное тепло; $\gamma_в$ = 1,206 кг/м^3 – удельная масса приточного воздуха; $c_в$ = 0,24 ккал/кг|·|град – теплоемкость воздуха;

$$\Delta t = t_{вых} - t_{пр},\ ^oC \qquad (1.8)$$

где $t_{вых}$, ^{o}C – температура удаляемого воздуха; $t_{пр}$, ^{o}C – температура приточного воздуха.

Величина Δt при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха – $Q_н$: при $Q_н \le 20$ ккал/м^3·ч Δt = 6 ^{o}C; при $Q_н > 20$ ккал/м^3·ч Δt = 8 ^{o}C;

$$Q_н = \frac{Q_{изб}}{V_п},\ ккал/\ м^3 \cdot ч, \qquad (1.9)$$

где $V_п$, м^3 – внутренний объем помещения.

Таким образом, для определения потребного воздухообмена необходимо определить количество избыточного тепла по формуле

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_л + Q_р - Q_{отд},\ ккал/ч, \qquad (1.10)$$

где $Q_{об}$, ккал/ч – тепло, выделяемое оборудованием; $Q_{осв}$, ккал/ч – тепло, выделяемое системой освещения; $Q_{л}$, ккал/ч – тепло, выделяемое людьми в помещении; $Q_{р}$, ккал/ч – тепло, вносимое за счет солнечной радиации; $Q_{отд}$, ккал/ч – теплоотдача естественным путем.

Определяем количество тепла, выделяемого оборудованием

$$Q_{об} = 860 \times P_{об} \times y_1, \text{ ккал/ч} \quad (1.11)$$

где Y_1 – коэффициент перехода тепла в помещение, зависящий от вида оборудования; $P_{об}$, кВт – мощность, потребляемая оборудованием;

$$P_{об} = P_{ном} \times y_2 \times y_3 \times y_4, \text{ кВт}, \quad (1.12)$$

где $P_{ном}$, кВт – номинальная (установленная) мощность электрооборудования помещения; Y_2 – коэффициент использования установленной мощности, учитывающий превышение номинальной мощности над фактически необходимой; Y_3 – коэффициент загрузки, т.е. отношение величины среднего потребления мощности (во времени) к максимально необходимой; Y_4 – коэффициент одновременности работы оборудования.

При ориентировочных расчетах произведение всех четырех коэффициентов можно принимать равным:

$$y_1 \times y_2 \times y_3 \times y_4 = 0{,}25 \quad (1.13)$$

Определяем количество тепла, выделяемого системой освещения

$$Q_{осв} = 860 \times P_{осв} \times \alpha\beta \times \cos(\varphi), \quad (1.14)$$

где α – коэф. перевода электрической энергии в тепловую для лампы накаливания α = 0,92 – 0,97, люминесцентной лампы α = 0,46 – 0,48; b – коэффициент одновременности работы (при работе всех светильников b = 1); cos (φ) = 0,7 – 0,8 – коэффициент мощности; $P_{осв}$, кВт – мощность осветительной установки.

Определяем количество тепла, выделяемого находящимися в помещении людьми

$$Q_{л} = N \times q_{л}, \quad (1.15)$$

где N – количество людей в помещении; $q_л$, ккал/ч – тепловыделения одного человека табл. 1.6 прил. 1.

Определяем количество тепла, вносимого за счет солнечной радиации

$$Q_p = K \times S \times q_{ост}\,, \qquad (1.16)$$

где K – количество окон; S, м^2 – площадь одного окна; $q_{ост}$, ккал/ч – солнечная радиация через остекленную поверхность табл. 1.7 прил. 1.

Определяем теплоотдачу, происходящую естественным путем. Если нет дополнительных условий, то можно считать ориентировочно, что $Q_{отд}$ = $Q_р$ для холодного и переходного периодов года (среднесуточная температура наружного воздуха ниже +10 °С). Для теплого периода года (среднесуточная температура воздуха выше +10 °С) принимаем $Q_{отд}$ = 0.

Общий вывод: Среди полученных расчетных значений потребного воздухообмена для вредных веществ и удаления избыточного тепла выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

Приложение 1

Таблица 1.1

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338-03)

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м^3	ПДКс.с., мг/м^3	Агрегатн состояние
Азота диоксид	0,085	0,04	п
Азота оксид	0,6	0,06	п
Акролеин	0,03	0,03	п
Амилацетат	0,10	0,10	п
Аммиак	0,2	0,04	п
Ацетон	0,35	0,35	п
Бензин (углеводороды)	5,0	1,5	п
Бензол	1,5	0,1	п
Бутан	200	-	п
Бутилацетат	0,1	0,1	п
Винилацетат	0,15	0,15	п
Дихлорэтан	3,0	1,0	п
Ксилол	0,2	0,2	п
Марганец и его соединения	0,01	0,001	а
Метилацетат	0,07	0,07	п
Мышьяк и его неорг. соединения	-	0,003	а
Озон	0,16	0,03	п
Пыль (кремнесодержащая – более 70 %)	0,15	0,05	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	0,5	0,15	а
Ртути хлорид (сулема)	-	0,0003	а
Сажа	0,15	0,05	а
Свинец и его соединения	0,001	0,0003	а
Сернистый ангидрид	0,5	0,15	п
Серная кислота	0,3	0,1	а

Продолжение табл. 1.1

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м^3	ПДКс.с., мг/м^3	Агрегатн состояние
Сероводород	0,008	-	п
Сероуглерод	0,03	0,005	п
Спирт бутиловый	0,16	-	п
Спирт изобутиловый	0,1	0,1	п
Спирт метиловый	1,0	0,5	п
Спирт этиловый	5	5	п
Стирол	0,04	0,002	п
Толуол	0,6	0,6	п
Углерода оксид	5,0	3,0	п
Фенол	0,01	0,003	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,02	0,005	п
Хлор	0,1	0,03	п
Хлористый водород	0,2	0,2	п
Этилацетат	0,1	0,1	п

Примечание: п – пары и/или газы; а – аэрозоль

Таблица 1.2

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухерабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88)

Наименование вредных веществ	ПДК., мг/м^3	Класс опасности	Агрегатн. состояние
Азота диоксид	2,0	3	п
Азота оксиды	5,0	3	п
Акролеин	0,2	2	п
Амилацетат	100	4	п
Аммиак	20	4	п
Ацетон	200	4	п
Бензин (углеводороды)	100	4	п
Бензол	15/5	2	п
Бутан	300	4	п
Бутилацетат	200	4	п
Винилацетат	10,0	4	п
Дихлорэтан	10,0	2	п
Ксилол	50,0	3	п
Марганец и его соединения (от 2-30 %)	0,1	2	а
Метилацетат	100	4	п
Мышьяк и его неорг. соединения	0,04/0,01	2	а
Озон	0,1	1	п
Пыль (кремнесодержащая – более 70 %)	1,5	4	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	4,0	4	а
Ртути хлорид (сулема)	0,2/0,05	1	а
Сажа	4,0	3	а
Свинец и его соединения	0,01/0,005	1	а
Серная кислота	1,0	2	а
Сернистый ангидрид	10	3	п
Сероводород	10,0	3	п

Продолжение табл. 1.2

Наименование вредных веществ	ПДК., мг/м^3	Класс опасности	Агрегатн. состояние
Сероуглерод	1,0	3	п
Спирт бутиловый	10,0	3	п
Спирт изобутиловый	10,0	3	п
Спирт метиловый	5,0	3	п
Спирт этиловый	1000	4	п
Стирол	30/10	3	п
Толуол	50	3	п
Углерода оксид	20	4	п
Фенол	0,3	2	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,5/0,1	2	п
Хлор	1,0	2	п
Хлористый водород	5,0	1	п
Этилацетат	200	4	п

Примечание: значение в числителе – максимально разовые; в знаменателе – среднесменные

Таблица 1.3

Расходы лакокрасочных материалов на один слой покрытия изделий и содержание в них летучих растворителей

Наименование лакокрасочных материалов/способ нанесения краски	Расход лакокрасочных материалов, *A*, г/м^2	Содержание летучей час- ти, *m*, %
Нитролаки и краски		
Бесцветный аэролак /кистью	200	92
Цветные аэролаки/распыление пульверизатором	180	75
Нитрошпаклевка /кистью	100-180	10-35
Нитроклей /кистью	160	80-85
Масляные лаки и эмали		
Окраска распылением	60-90	35

Таблица 1.4

Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Возраст человека и характер работы	Количество CO_2	
	в л/ч	в г/ч
Взрослые:		
при физической работе	45	68
при легкой работе (в учреждениях)	23	35
в состоянии покоя	23	35
Дети до 12 лет	12	18

Таблица 1.5

Предельно-допустимые концентрации углекислоты

Наименование помещений	Количество CO_2	
	в л/ч	в г/кг
Для постоянного пребывания людей (жилые ком.)	1	1,5
Для пребывания детей и больных	0,7	1
Для учреждений	1,25	1,75
Для кратковременного пребывания людей	2	3

Таблица 1.6

Количество тепловыделений одним человеком при различной работе

Категория тяжести работы		Количество тепловыделений $q_л$, ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха			
		15 ºС	20 ºС	25 ºС	30 ºС
Легкая	I	100	70	50	30
Средней тяжести	II-а	100	70	60	30
Средней тяжести	II-б	110	80	70	35
Тяжелая	III	110	80	80	35

Таблица 1.7

Солнечная радиация через остекленную поверхность

	Солнечная радиация, $q_{ост}$, ккал/ч от стороны света и широты, град.														
	ЮГ			ЮГО-ВОСТОК ЮГО-ЗАПАД				ВОСТОК ЗАПАД				СЕВЕР, СЕВЕР. ВОСТОК СЕВЕРО-ЗАПАД			
	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Окна с двойным остеклением и деревянными рамами	125	125	145	85	110	125	145	125	125	145	145	65	65	65	60
Окна с двойным остеклением и металлическими рамами	160	160	180	110	140	160	180	160	160	180	180	80	80	80	70
Фо- нарь с двойным остеклением и металлическими переплет.	130	160	170	110	140	170	170	160	160	180	180	85	85	85	70

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоиздат, 1982. – 342 с.

2. Каменев П.Н. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. – М.: Издательство литературы по строительству, 1966. – 289 с.

3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

4. ГН2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ОЦЕНКА РИСКА

Цель практического занятия - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Основы теории безопасности: системный анализ безопасности», и формирование практических навыков расчета индивидуального и группового (социального) риска в конкретных ситуациях.

Общие сведения. Опасность – одно из центральных понятий безопасности жизнедеятельности (БЖД).

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики (параметры), несоответствующие условиям жизнедеятельности человека. Можно сказать, что опасность – это риск неблагоприятного воздействия.

Практика свидетельствует, что абсолютная безопасность недостижима. Стремление к абсолютной безопасности часто вступает в антагонистические противоречия с законами техносферы.

В сентябре 1990 г. в г. Кельне состоялся первый Всемирный конгресс по безопасности жизнедеятельности человека как научной дисциплине. Девиз конгресса: «Жизнь в безопасности». Участники конгресса постоянно оперировали понятием «риск».

Возможны следующие определения риска:

1. Это количественная оценка опасности, вероятность реализации опасности;

2. При наличии статистических данных, это частота реализации опасностей.

Различают опасности реальные и потенциальные. В качестве аксиомы принимаются, что любая деятельность человека потенциально опасна. Реализация потенциальной опасности происходит через ПРИЧИНЫ и приводит к НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫМ ПОСЛЕДСТВИЯМ.

Сейчас перед специалистами ставится задача – не исключение до нуля безопасности (что в принципе невозможно). А достижение заранее заданной величины риска реализации опасности. При этом сопоставлять затраты и получаемую от снижения риска выгоду. Во многих западных странах для более объективной оценки риска и получаемых при этом затрат и выгод, вводят финансовую меру человеческой жизни. Заметим, что такой подход имеет противников, их довод – человеческая жизнь свята, бесценна и какие-то финансовые оценки недопустимы. Тем не менее, по зарубежным исследованиям, человеческая жизнь оценивается, что позволяет более объективно рассчитывать ставки страховых тарифов при страховании и обосновывать суммы выплат.

Поскольку абсолютная безопасность (нулевой риск) невозможна, современный мир пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска.

Суть концепции заключается в стремлении к такой безопасности, которую принимает общество в данное время. При этом учитывается уровень технического развития, экономические, социальные, политические и др. возможности. Приемлемый риск – это компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения. Это можно рассмотреть в следующей ситуации. После крупной аварии на Чернобыльской АЭС, правительство СССР решило повысить надежность всех ядерных реакторов. Средства были взяты из госбюджета и, следовательно, уменьшилось финансирование социальных программ здравоохранения, образования и культуры, что в свою очередь привело к увеличению социально-экономического риска. Поэтому следует всесторонне оценивать ситуацию и находить компромисс – между затратами и величиной риска.

Переход к «риску» дает дополнительные возможности повышения безопасности техносферы. К техническим, организационным, административным добавляются и экономические методы управления риском (страхование, денежные компенсации ущерба, платежи за риск и

др.). Есть здравый смысл в том, чтобы законодательно ввести квоты за риск. При этом возникает проблема расчета риска: статистический, вероятностный, моделирование, экспертных оценок, социологических опросов и др. Все эти методы дают приблизительную оценку, поэтому целесообразно создавать базы и банки данных по рискам в условиях предприятий, регионов и т.д.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями. Записать определения.
2. Выполнить практические задачи.

Практические задачи

Задача 1. В таблице 2.0 приведен ряд профессий по степени индивидуального риска фатального исхода в год. Используя данные табл.1 методом экспертных оценок охарактеризуйте вашу настоящую деятельность и условия вашей будущей работы.

Таблица 2.0

Классификация профессиональной безопасности

Категория	Условия профессиональной деятельности	Риск смерти (на человека в год)	Профессия
1	Безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$	Текстильщики, обувщики, работники лесной промышленности, бумажного производства и др.
2	Относительно безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$	Шахтеры, металлурги, судостроители и др.
3	Опасные	$1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$	Рыбопромысловики, верхолазы, трактористы и др.
4	Особо опасные	больше $1 \cdot 10^{-2}$	Летчики-испытатели, летчики реактивных самолетов.

После обсуждения письменно сформулируйте свою оценку.

Для решения следующих задач используйте формулу определения индивидуального риска

$$P = \frac{h}{H}, \qquad (2.1)$$

где Р – индивидуальный риск (травмы, гибели, болезни и пр.); h – количество реализации опасности с нежелательными последствиями за определенный период времени (день, год и т.д.); Н – общее число участников (людей, приборов и пр.), на которых распространяется опасность.

Пример решения задачи по формуле (2.1).

Пример. Задача 1. Ежегодно неестественной смертью гибнет 250 тыс. человек. Определить индивидуальный риск гибели жителя страны при населении в 150 млн. человек.

Решение.

Рж = $2{,}5 \cdot 10^5 / 1{,}5 \cdot 10^8 = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$

Или будет 0,0017. Иначе можно сказать, что ежегодно примерно 17 человек 10000 погибает неестественной смертью. Если пофантазировать и предположить, что срок биологической жизни человека равен 1000 лет, то по нашим данным оказывается, что уже через 588 лет (1:0,0017) вероятность гибели человека неестественной смертью близка к 1 (или 100%).

Примечание. Здесь и в задачах №2,3 данные приближены к России.

Задача 2. Опасность гибели человека на производстве реализуется в год 7 тыс. раз. Определить индивидуальный риск погибших на производстве при условии, что всего работающих 60 млн. человек. Сравните полученный результат с вашей экспертной оценкой из задачи 1.

Задача 3. Определить риск погибших в дорожно-транспортном происшествии (ДТП), если известно, что ежегодно гибнет в ДТП 40 тыс. человек при населении 150 млн. человек.

Задача 4. Используя данные индивидуального риска фатального

исхода в год для населения США (данных по России нет), определите свой индивидуальный риск фатального исхода на конкретный год. При этом можно субъективно менять коэффициенты и набор опасностей.

Таблица 2.1

Индивидуальный иск гибели в год

Причина	Риск	Причина	Риск
Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$	Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Падения	$9 \cdot 10^{-5}$	Падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
Пожар и ожог	$4 \cdot 10^{-5}$	Электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$	Железная дорога	$4 \cdot 10^{-6}$
Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$	Молния	$5 \cdot 10^{-7}$
Огнестрельное оружие	$1 \cdot 10^{-5}$	Все прочие	$4 \cdot 10^{-5}$
Станочное оборудование	$1 \cdot 10^{-5}$	Ядерная энергетика	$2 \cdot 10^{-10}$
Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$	(пренебрегаемо мал. риск)	

Риск общий для американца: $P_{общ} = 6 \cdot 10^{-4}$

Сравнить полученный результат с результатом примера решения.

Задачи на риск гибели неестественной смертью в России и с риском гибели в год для американца ($P_{общ}$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русак О.Н. Труд без опасности. Л. «Лениздат», 1986, 191 с.

2. Береговой Г.Т. и др. Безопасность космических полетов. М., «Машиностроение», 1977, 320 с.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель практического занятия :закрепление теоретических знаний, полученных при изучении раздела “Гелиофизические и метеорологические фактора: микроклимат производственных помещений”, и формирование практических навыков расчета метеорологических условий в производственном помещении и гигиенической оценки параметров микроклимата.

Общие сведения:

Одним из основных условий эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях. Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на терморегуляцию организма человека и могут привести кпереохлаждение или перегреву тела

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, определяемый действующими на организм человека факторами: сочетанием температуры воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового облучения, температуры поверхности ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, технологическое оборудование и т.д

Под рабочей зоной понимается пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Причиной ряда заболеваний является местное и общее охлаждение. Переохлаждение организма ведет к простудным заболеваниям: ангине, катару верхних дыхательных путей, пневмонии. Установлено, что при

переохлаждении ног и туловища возникает спазм сосудов слизистых оболочек дыхательного тракта.

Перегревание возникает при избыточном накоплении тепла в организме, которое возникает при действии повышенных температур. Основными признаками перегревания являются повышение температуры тела до 38°Си более, обильное потоотделение, слабость, головная боль, учащение дыхания и пульса, изменение артериального давления и состав крови, шум в ушах, искажение цветового восприятия

Тепловой удар – это быстрое повышение температуры тела 40°С и выше. В этом случае падает артериальное давление, потоотделение прекращается, человек теряет сознание.

Организм человека обладает свойством терморегуляции – поддержание температуры тела в определенных границах (36,1…37,2°С) Терморегуляция обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующегося в организме человека в процессе обмена веществ, теплопродукцией и излишком тепла, непрерывно выделяемого в окружающую среду, - теплоотдачей, т.е сохраняет тепловой баланс организма человека. Количество выделившейся теплоты меняется от 8Вт до 50 Вт.

Теплопродукция. Тепло вырабатывается всем организмом, но в наибольшей степени в мышцах и печени. В процессе работы в организме происходят различные биохимические процессы, связанные с деятельностью мышечного аппарата и нервной системы. Энергозатраты человека, выполняющего различную работу, могут быть классифицированы на категории.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма: легкие физические работы, средние физические работы, тяжелые физические работы.

К категории 1а относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

К категории 1б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140…174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (в полиграфической промышленности, на часовом, швейном производствах, в сфере управления)

К категории 2а относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…232 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

К категории 2б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории 3 относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Теплоотдача. Количество тепла, отдаваемого организмом человека, зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Теплоотдача осуществляется путем радиации, конвекции, испарения пота и дыхания. Для человека, находящегося в состояние покоя и одетого в обычную комнатную одежду, соотношение составляющих теплоотдачи имеет следующие распределения, % радиацией – 45, конвекцией – 30, испарением и дыханием – 25.

Основное значение имеет регулирование теплоотдачи, так как она является наиболее изменчивой и управляемой. Комфортные тепло ощущения у человека возникают при наличии теплового баланса организма, а также при условии его некоторого нарушения. Это обеспечивается тем, что в организме человека имеется некоторый резерв тепла, который используется им в случае охлаждения. Этот потенциальный запас тепла составляет в среднем 8360 кДж и находится главным образом во внешних слоях тканей организма на глубине 2-3

см от кожи. При известном уменьшении запаса тепла у человека появляются субъективно ощущения «прохлады», которые, если охлаждение продолжается, сменяются ощущениями «холодно», «очень холодно»

Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия производственной среды, являются ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» Этими документами установлены влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

В соответствии с вышеуказанным стандартом теплым периодом года считается сезон, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С.

Допустимыми считаются такие параметры микроклимата, которые при длительном воздействии могут вызывать напряжения реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят.

Оптимальными являются такие микроклиматические параметры, которые не вызывают напряжения реакций терморегуляции и обеспечивают высокую работоспособность человека.

Расчет показателей микроклимата базируются на опытных данных о давлении, температуре и скорости движения воздуха на рабочем месте полученных при замерах на нем с помощью соответствующих приборов

Показатели микроклимата вычисляются в следующей последовательности:

1. Атмосферное давление В, Па, на рабочем месте, измеренное с помощью барометра-анероида БАММ-1

$$B = B_п + B_ш + B_т + B_д , \quad (3.1)$$

где В– исправленное значение замеренного давления, Па; Вп – отсчет по прибору, Па; Вш – шкаловая поправка;Вт – температурная поправка, равная произведению температуры прибора на удельную температуру поправки прибора; Вд – добавочная поправка, Па.



Рис. 3.1 Барометр-анероид «БААМ-1»

Барометр-анероид «БААМ-1» измеряет атмосферное давление в наземных условиях в диапазоне температур от 0 до +40 С° и при относительной влажности воздуха более 80%

2. Температура воздушной среды измеряется с помощью ртутных или спиртовых термометров, а также с помощью термографов, обеспечивающих непрерывную запись температуры на ленте за определенный период времени. Температуру воздушной среды можно измерить также с помощью психрометров и термометров

3. Влажность воздуха – абсолютная и относительная определяется с помощью психрометров. Психрометр состоит из сухого и влажного термометров. Резервуар влажного термометра покрыт тканью, которая опущена в мензурку с водой. Испаряясь, вода охлаждает влажный термометр, поэтому его показания всегда ниже показания сухого.

Психрометры бывают типа Августа (Рис 3.2) и переносными, типа Ассмана (Рис 3.3). Психрометр Ассмана является более совершенным и точным прибором по сравнению с психрометром Августа. Принцип его устройства тот же, но термометры заключены в металлическую оправу, шарики термометра находятся в двойных металлических гильзах, а в головке прибора помещается вентилятор с постоянно скоростью 4 м/с.

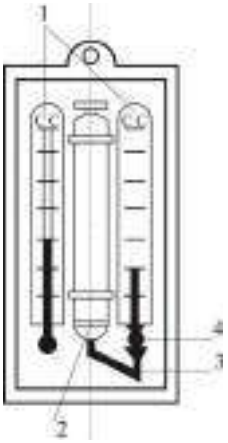


Рис. 3.2 Психрометры Августа

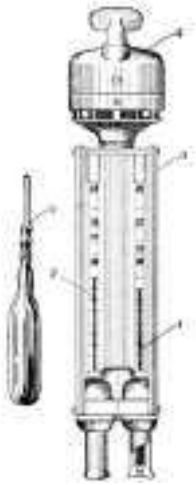


Рис. 3.3 Психрометр Ассмана

Влажность воздуха может быть рассчитана: 1) по давлению водяного пара, находящегося в воздухе или 2) по плотности водяного пара

При первом способе сначала определяется давление водяного параЮ находящегося в воздухе при данной температуре

$$P_{в.п} = P_{н.в} - c(T_c - T_B)B \qquad (3.2)$$

где Рн.в– давление насыщенного водяного пара при температуре tв, зафиксированной влажным термометром, Па;с–коэффициент психрометра, зависящий от скорости движения воздуха около шарика мокрого термометра (при скорости движения воздуха до 4 м/с принимают с = 0.00074, свыше 4 м/с – 0,00066) tc и tв – температура сухого и влажного термометра,В–

барометрическое давление воздуха в момент измерения температур психрометром, Па

Определив порациональнее давление водяного пара, находят относительную влажность воздуха

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где $P_{н.с}$– давление насыщенного водяного пара при температуре t_c, зафиксированной влажным термометром,

При расчете влажности воздуха по плотности водяного пара определяются:

а) абсолютная влажность воздуха (масса водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре)

$$F = \frac{(1000 * P_{в.п})}{(461{,}5(273 + t_c))}, \quad (3.4)$$

где 461,5 – удельная газовая постоянная водяного пара Дж/(кг *К);

б) максимальная абсолютная влажность воздуха

$$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5 * (273 + t_c)}, \quad (3.5)$$

в) относительная влажность воздуха φ

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} * 100, \quad (3.6)$$

Таблица 3.0

Давление насыщенного водяного пара Р, Па при температуре воздуха

t, С	Р, Па	t, С	Р, Па	t, С	Р, Па	t, С	Р, Па
0	611	10	1228	20	2328	30	4242
1	657	11	1312	21	2486	31	4493
2	705	12	1403	22	2644	32	4754
3	759	13	1497	23	2809	33	5030
4	813	14	1599	24	2894	34	5320
5	872	15	1705	25	3168	35	5624
6	935	16	1817	26	3361	36	5941

7	1001	17	1937	27	3565	37	6275
8	1073	18	2064	28	3780	38	6625
9	1148	19	2197	29	4005	39	6991

Значение относительной влажности φ, найденного описанными способами, может быть проверено по данным психометрической таблицы

4. Скорость движения воздуха измеряется с помощью крыльчатых или чашечных анемометров (Рис 3.4). Крыльчатый анемометр принимается для измерения скорости воздуха до 10 м/с, а чашечный – до 30м/с. Принцип действия анемометров обоих типов основан на том, что частоты вращения крыльчатки тем больше, чем больше скорость движения воздуха. Вращение крыльчатки передается на счетный механизм. Разница в показаниях до и после измерения, деленная на время наблюдения, показывает число делений в 1 с. Специальный тарировочный паспорт, предлагаемый к каждому прибору позволяет по вычисленной величине делений определить скорость движения воздуха.



Рис 3.4 Чашечный анемометр



Рис. 3.5 Кататермометр

Скорость движения воздуха в интервале величин от 0.1 до 0.5 м/с можно определить с помощью кататермометра (Рис.3.5). Шаровой кататермометр представляет собой стартовый термометр с двумя резервуарами: шаровым внизу и цилиндрическим вверху. Шкала кататермометра имеет давление от 31 до 41 градуса. Для работы с этим прибором его предварительно нагревают на водяной бане, затем вытирают насухо и помещают в исследуемое место. По величине падения столба спирта в единицу времени на кататермометре при его охлаждении судят о скорости движения воздуха. Для измерения малых скоростей (от 0.03 до 5 м/с) при температуре в производственных помещениях не ниже 10С применяется термоанемометр. Это электрический прибор на полупроводниках, принцип его действия основан на измерении величины сопротивления датчика при изменении температуры и скорости движения воздуха.

Таблица 3.1

Значения относительной влажности

t_c °C	Разность показаний сухого и влажного термометров t_c - t_b °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Относительная влажность φ, %									
0	100	81	63	45	28	11				

1	100	83	65	48	32	16				
2	100	84	68	51	35	20				
3	100	84	69	54	39	24	10			
4	100	85	70	56	42	28	14			
5	100	86	72	58	45	32	19	6		
6	100	86	73	60	47	35	23	10		
7	100	87	74	61	49	37	26	14		
8	100	87	75	63	51	40	29	18	7	
9	100	88	76	64	53	42	31	21	11	
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5

Продолжение табл. 3.1

11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41

28	100	93	85	78	71	65	59	52	48	42
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44

Скорость движения воздуха V, м/с , при замере ее анемометром АСО-3 подсчитывается по формуле

$$V = an + b, \quad (3.7)$$

где n число делений в 1 с; $n = \frac{n_к - n_н}{t_{зам}}$; $n_н$ и $n_к$ – начальный и конечный отсчеты по анемометру; t зам – продолжительность замера по прибору.

При выполнении настоящего практического занятия рекомендуется использовать формулу:

$$V = 0{,}45n + 0{,}01$$

5. Гигиеническая оценка результатов расчета параметров микроклимата: производится по санитарным нормам, приведенным в ГОСТ 12.1.005-88.

Таблица 3.2

Оптимальные нормы температуры, относительно влажности и скорости движения воздуха по рабочей зоне производственных помещений

Период Года	Категория Работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха м/с не более
Холодный (температура наружного воздуха ниже +10°С)	Легкая – 1	22-24	40-60	0,1
	Легкая – 1б	21-23	40-60	0,1
	Средней тяжести – Па	18-20	40-60	0,2
		17-19	40-60	0,2
	Средней тяжести – Пб	16-18	40-60	0,3
	Тяжелая – III			

Теплый (температура наружного воздуха +10°С и выше)	Легкая – 1а	23-25	40-60	0,1
	Легкая – 1б	22-24	40-60	0,2
	Средней тяжести – Па	21-23	40-60	0,3
	Средней тяжести – Пб	20-22	40-60	0,3
	Тяжелая - III	18-20	40-60	0,4

Пример расчета:

Исходный данные: B_n= 87937 Па,$B_ш$ = -50 Па, t_c = 22 °С, t_c = 16 °С, $\Delta t = -\frac{10Па}{°С}$, $B_д$= +100 Па, $n_н$=6000, t зам= 200с, период года – теплый.

Решение:

1. Атмосферное давление на рабочем месте (при температурной поправке)

$$B_т = t_c * \Delta t = 22(-10) = -220\ Па$$

$$B = B_n + B_ш + B_т + B_д = 87837 - 50 - 220 + 110 = 87667\ Па.$$

2. Скорость движения воздуха по исходным данным, полученным при помощи анемометра АСО-3. При числе давлений в 1с

$$n = \frac{n_к - n_н}{t_{зам}} = 6040 - \frac{6000}{200} = 0{,}2\ дел/с$$

Скорость движения воздуха составляет;

$$V=0{,}45n + 0{,}01 = 0{,}45 * 0{,}2 + 0{,}01 = 0{,}10\ м/с$$

3. Относительная влажность воздуха по давлению водяного пара. При давлении насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра Рн.с = 2644 Па и температуре влажного термометра Р н.в = 1817 Па и парциальном давлении водяного пара в воздухе:

$$P_{в.п} = P_{н.в} - C(t_c - t_в) * B = 1817 - 0{,}00074 * (22 - 16) * 87837 = 1427\ Па$$

относительная влажность воздуха:

$$\varphi = \frac{P_{в.п}}{P_{н.с}} 100 = \frac{1427}{2644} 100 = 54\%$$

3б. Относительная влажность воздуха по плотности (массе) водяного пара. При абсолютной влажности воздуха:

$$A = \frac{1000 * P_{в.п}}{461{,}5(273 + t_c)} = \frac{1000 * 1527}{461{,}5(273 + 22)} = 10{,}48 \text{ г/м}^3$$

И максимальной влажности воздуха:

$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5(273+t_c)} = \frac{1000*2644}{461{,}5(273+22)} = 19{,}42$ г/м^{3}относительная влажность воздуха равна:

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} 100 = \frac{10{,}48}{19{,}42} 100 = 54\%$$

3в. Правильность произведенных подсчетов φ подтверждают данные таблицы. При разности показаний сухого и влажного термометров Тс – Тв = 22 – 16 = 6 ℃ относительная влажность воздуха φравна 54%

Варианты заданий

Для выполнения задания даются следующие показатели: отсчет по барометру Вп Температура воздуха по сухому (Тс) и влажному (Тв) термометрам психрометра, начальный (Nн) и конечный (Nк) отсчеты по анемометру, продолжительность замера скорости движения воздуха Тзам, период года (холодный, теплый) Для отсчета скорости движения воздуха использовать формулу

$$V = 0{,}45n + 0{,}01$$

Интенсивность теплового излучения на рабочем месте полагать равной 50 Вт/м^2. Числовые значения исходных данных приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Числовые значения поправок к барометру

вариант	Вв, Па	Вш, Па	$\Delta t, Па/°C$	Ва, Па	Тс, °С	Тв,°С	Nн	Nк	Т зам, °С	Период года
1	110146	-100	-10	+100	23	18	6000	6246	140	Холодный
2	105752	-100	-10	+100	22	16	6107	6138	155	То же
3	97989	+75	-10	+100	18	13	6357	6407	160	То же
4	90498	+25	-10	+100	17	11	6841	6909	170	То же
5	94232	+150	-10	+100	16	11	6944	7051	200	То же
6	103379	-50	-10	+100	24	17	6107	6387	150	Теплый
7	107509	-100	-10	+100	23	17	6305	6696	187	То же
8	89371	0	-10	+100	22	15	6421	6501	190	То же
9	94263	+150	-10	+100	20	15	6725	6830	175	То же
10	96946	+100	-10	+100	19	12	6100	6176	11	То же

Порядок выполнения работы

1. Расчет и оформление практической работы провести в соответствии с примером расчета. Варианты заданий определяются пр-ем.

2. Результаты расчетов микроклимата на рабочем месте в производственном помещении занести в таблицу.

Таблица 3.4

Пример заполнения таблицы

Температура воздуха		Относительная влажность %		Скорость движения воздуха	
Фактическая данная	Оптимальная по нормам	Фактическая рассчитанная	Оптимальная по нормам	Фактическая рассчитанная	Оптимальная по нормам

3. На основании полученных результатов определить категорию работ, в соответствии с периодом года.

4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под микроклиматом производственных помещений?
2. Опишите характер действия климатических факторов на организм человека.
3. В чем состоит нормирование воздействий климатических факторов на человека?
4. Как определяют давление, температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха?
5. Назовите способы и средства нормализации микроклимата на рабочих местах.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ И БОРЬБА С ИЗБЫТОЧНЫМ ТЕПЛОМ В ШАХТАХ

Цель практического занятия - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Комфортные условия жизнедеятельности», и овладение методикой расчета тепловыделений в выработки глубоких шахт и выбора технических решений по борьбе с избыточным теплом.

Общие сведения. Климатические условия в подземных выработках, особенно в глубоких шахтах, как правило, отличаются от климатических условий на земной поверхности. Микроклимат горных выработок (т. е. действующее в них на организм человека сочетание температуры, влажности, скорости движения воздуха, его давления и температуры окружающих поверхностей) в значительной степени зависит от теплообменных процессов, происходящих на пути движения воздуха. Под воздействием этих процессов температура шахтного воздуха в выработках существенно повышается с увеличением глубины ведения горных работ.

Нагревание воздуха, движущегося по горным выработкам, происходит в результате:

- теплообмена между потоком шахтного воздуха и окружающим выработки массивом горных пород, т. е. охлаждения пород;
- естественного адиабатического сжатия воздуха при движении его вниз по вертикальным и наклонным выработкам;
- изменения содержания влаги в воздухе;
- теплообмена между воздухом и подземной водой, текущей по выработкам;
- окисления угля, угольной пыли, сульфидных руд, крепежного леса и некоторых других веществ;
- охлаждения отбитых и транспортируемых масс угля и породы;
- работы горных машин и механизмов;
- выделения тепла осветительными установками, электрическими кабелями, трубопроводами сжатого воздуха, телом человека, а также действия других второстепенных факторов.
- Вызванное перечисленными факторами приращение температуры шахтного воздуха (оС = К), может быть определено из выражения

$$\Delta t = \frac{\Sigma Q_i}{C_p \rho V}, \qquad (4.1)$$

где ΣQ_i - суммарное количество теплоты, идущее на нагревание воздуха, кДж/ч; C_p - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К); ρ - плотность воздуха, кг/м^3; V - объемный расход воздуха, м^3/ч.

Шахтный воздух уже при температуре свыше 25 °С оказывает отрицательное тепловое воздействие на физиологию и гигиену труда подземных рабочих. При задержке отдачи телом человека накопившегося в нем тепла возникает перегрев организма, осложняющий протекание жизненных процессов. Чрезмерный перегрев организма вызывает ухудшение самочувствия человека, приводит к серьезным заболеваниям (в наиболее тяжелых случаях - к

тепловому удару, или стрессу, или даже к смерти), увеличивает вероятность травматизма, снижает производительность труда.

Изменение температуры воздуха (и других параметров микроклимата) в подземных выработках оказывает влияние также на физико-механические свойства горных пород и на безопасное состояние сооружений и выработок.

Расчет выделения теплоты в выработки глубоких шахт ведется по следующим зависимостям.

1. Тепловыделение при охлаждении горных пород. Количество теплоты $Q_{охл}$, кДж/ч, выделяющееся вследствие охлаждения окружающих выработку горных пород, описывается уравнением Ньютона для конвективного теплообмена

$$Q_{охл} = K_{\tau} P l (t_{п} - t_{в}), \qquad (4.2)$$

где K_{τ} - коэффициент нестационарного теплообмена между массивом горных пород и воздухом, кДж/(м^2·ч·К) (рассчитывается по формуле, приводимой ниже); P и l - периметр и длина выработки, м; $t_{п}$ - естественная температура неохлажденных пород на данной глубине, (°С = K, расчет приводится ниже); $t_{в}$= $t_{пб}$ - допустимая температура воздуха в выработке, °С (принимается согласно Правилам безопасности).

Коэффициент K_{τ}, кДж/(м^2·ч·К) определяется по формуле

$$K_{\tau} = \frac{\lambda}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э}} \cdot \left[\frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi a \tau (1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э})}} \right], \qquad (4.5)$$

где λ - коэффициент теплопроводности породы, кДж/(м·ч·К) (принимается по табл. 3.1); α_0 - суммарный коэффициент теплоотдачи от стен шахтной выработки к воздуху, кДж/(м^2·ч·К) (расчет ниже); $R_э$ - эквивалентный радиус выработки, м: $R_э = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0.564\sqrt{S}$, a - коэффициент температуропроводности

породы, м^2/ч: $\alpha = \frac{\lambda}{c_п \cdot \rho_п}$ (принимается по табл. 3.1); $c_п$ - удельная теплоемкость породы, кДж/(кг·К) (принимается по табл. 3.1); $\rho_п$ - плотность породы, кг/м^3 (принимается по табл. 3.1); τ - расчетное время процесса теполообмена, ч (например, при длительности процесса теплообмена 4 года значение τ = 4·365·24 = = 35040 ч).

Таблица 4.0

Тепловая характеристика пород

Порода	ρ, кг/м^3	$c_п$, кДж/(кг·К)	λ, кДж/(м·ч·К)	*a*, м^2/ч
Песчаник (Центральный Донбасс)	2475	0,854	9,211	0,00436
Глинистые и песчанистые сланцы (там же)	2450	0,904	6,363	0,00287
Уголь (там же)	1225	1,184	1,051	0,00073
Бурый уголь (Челябинский бассейн)	1210	1,130	0,913	0,00067
Каменный уголь (Карагандинский бассейн)	1275	1,055	0,963	0,00072
Углистый сланец	1765	1,021	3,006	0,00167
Глинистый сланец	2433	0,992	3,354	0.00139
Змеевик	2690	0,950	5,694	0,00223
Гранит	2722	0,917	7,972	0.00319
Серный колчедан (Дегтярское месторождение)	4620	0,908	15,010	0,00358
Медный колчедан (там же)	4716	0,862	15,165	0,00373

Суммарный коэффициент теплоотдачи с поверхности горной выработки α_0, кДж/(м^2·ч·К), находится их выражения

$$\alpha_0 = \alpha_к + \alpha_и,$$

где $\alpha_к$ - конвективный коэффициент теплоотдачи от стен выработки к воздуху, кДж/(м^2·ч·К)

$$\alpha_к = 2{,}9 \cdot 4{,}1868 \frac{V^{0.8}}{Д_э^{0,2}} = 12{,}14 \frac{V^{0.8}}{Д_э^{0,2}}$$

где v - скорость движения воздуха в выработке, м/с; $Д_э$ - эквивалентный диаметр выработки, м: $Д_э = \frac{4S}{P}$; $\alpha_и$ - коэффициент, учитывающий испарения влаги с мокрых стен выработки, кДж/(м^2·ч·К)

$\alpha_и = 1{,}3\beta \cdot r$,

где β - коэффициент массоотдачи (коэффициент испарения), кг/(м^2·ч·К), принимается равным 0,01 - для стволов, 0,15 - для капитальных выработок, 0,03 - для лав; r - теплота парообразования воды, принимается r = 2256 кДж/кг.

Температура горных пород в массиве $t_п$, ºС, на заданной глубине H, м, от земной поверхности определяется по формулам:

$$t_п = h \cdot t_н + \frac{H - H_0}{Г_{ст}} \text{ или } t_п = h \cdot t_н + (H - H_0)\delta, \qquad (4.6)$$

где $t_п$ - температура пород нейтрального слоя (зоны с постоянной температурой пород) в данной местности; принимается примерно равной среднегодовой температуре воздуха на земной поверхности в данном районе, ºС; $t_н$ = 8,5; 2,5; 2,5; 3,0 °С для условий соответственно Донбасса, Кузбасса, Караганды и Мосбасса; H_0 - глубина (толщина) нейтрального слоя, м: H_0 = 20-40 м; $Г_{ст}$ - геотермическая ступень данного района, м/ºС: в среднем $Г_{ст}$ составляет для угольных месторождений 30–40 м/ ºС, рудных 50-140 м/ ºС, нефтяных 15-20 м/ ºС; δ - геотермический градиент, ºС/м.

2. Тепловыделение при сжатии воздуха. Количество теплоты $Q_{сж}$, кДж/ч, выделяющееся при движении воздуха вниз по вертикальным и наклонным выработкам, определяется выражением

$$Q_{сж} = 9{,}81 \cdot \rho \frac{V_в \cdot H}{1000} = 0{,}00981 \cdot \rho \cdot V_в \cdot H, \qquad (4.7)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м^3; $V_в$ - количество воздуха, проходящего по выработке (объемный часовой расход воздуха), м^3/ч: $V_в = 3600 \cdot v \cdot S$;

v - скорость движения воздуха в выработке, м/с; S - площадь поперечного сечения выработки, м^2; H - глубина расположения выработки, м; для наклонной выработки

$$H = l_н \cdot sin\,\psi, \tag{4.8}$$

где $l_н$ - длина наклонной выработки; ψ - угол наклона выработки, град.

3. Тепловыделение при окислительных процессах. Количество теплоты $Q_{ок}$, кДж/ч, образующееся при окислении угля, угленосных сланцев, сульфидных руд и древесины, подсчитывается по формуле А. Ф. Воропаева

$$Q_{ок} = q_{ок} \cdot V^{0,8} \cdot P \cdot l, \tag{4.9}$$

где $q_{ок}$ - тепловыделение в результате окислительных процессов, приведенное к скорости движения воздуха в выработке, V = 1 м/с, кДж/(м^2·ч); $q_{ок}$ можно принимать равным 12-21 кДж/(м^2·ч).

4. Тепловыделение от местных источников. К местным источникам теплоты относят электродвигатели, трансформаторы, светильники, электрические кабели, трубопроводы сжатого воздуха, пневматические двигатели, другие тепловыделяющие машины, механизмы и устройства, а также работы, производимые с применением бетона на участке выработки или в призабойной зоне, когда тепло выделяется при его отвердении.

Расчетные формулы для определения количества теплоты от местных источников имеют следующий вид:

4.1. Тепловыделение при работе ***электродвигателей*** горных машин и освещения $Q_{эд}$, кДж/ч

$$Q_{эд} = \frac{3600 \cdot N_{потр} \cdot k_з}{\eta_э}, \tag{4.10}$$

где $N_{потр}$ - потребляемая мощность электродвигателей и осветительных установок, кВт; $k_з$ - коэффициент загрузки оборудования во времени: $k_з$ = 0,8; $\eta_э$ - к. п. д. электродвигателя: $\eta_э$ = 0,95.

4.2. Тепловыделение в выработку (ствол, уклон, бремсберг и др.) при эксплуатации ***лебедок*** $Q_л$, кДж/ч:

- при подъеме груза лебедкой $Q_{лп} = 3600 \cdot N_л \cdot k_з(1 - \eta_м)$;

- при спуске груза лебедкой $Q_{лс} = 3600 \cdot N_л \cdot k_з$.

где $N_л$ - установленная мощность электродвигателя лебедки, кВт; $\eta_м$ - механический к. п. д.: $\eta_м = 0,8$.

4.3. Тепловыделение при работе ***трансформатора*** $Q_{тр}$, кДж/ч

$$Q_{тр} = 3600 \cdot N_{тр} \cdot p_{тр}, \quad (4.11)$$

где $N_{тр}$ - мощность трансформатора, кВт; $p_{тр}$ - тепловые потери трансформатора: $p_{тр} = 0,04 \div 0,05$.

4.4. Тепловыделение при затвердевании монолитной ***бетонной крепи*** $Q_б$, кДж/ч

$$Q_б = q_б \cdot P \cdot l_ц, \quad (4.12)$$

где $q_б$ - удельное выделение теплоты при отвердевании бетона, кДж/(м^2·ч); принимается $q_б$ = 200÷400 кДж/(м^2/ч); P - периметр выработки, м; $l_ц$ - длина участка бетонирования, контактирующего с вентиляционной струей за один цикл проходки, м.

4.5. Тепловыделение при ***взрыве ВВ***. В выработке большого сечения при использовании более 100 кт ВВ тепловыделение при взрыве $Q_{взр}$, кДж/ч, рассчитывается по формуле

$$Q_{взр} = 0,8 \cdot q_{взр} \cdot m_з, \quad (4.13)$$

где $q_{взр}$ - удельное тепловыделение при взрыве 1 кг ВВ, кДж/кт; $m_з$ - масса заряда, кг.

Таблица 4.1

Рекомендуемые значения $q_{взр}$ для применяемых ВВ

Аммонит ПЖВ-20	3360		Аммонит АП-5ЖВ	3780

Угленит Э-6	2570		Аммонит скальный №1	5400
Победит ВП-4	3810		Аммонит № 6 ЖВ	4290
Аммонит АП-4ЖВ	3560		Игданит	3790

4.6. Тепловыделение при работе шахтных ***вентиляторов*** происходит в результате работы электродвигателя, внутренних потерь энергии в вентиляторе и аэродинамического сжатия воздуха. Количество теплоты $Q_{вен}$, кДж/ч, поступающее в выработку при работе вентилятора, выражается формулой

$$Q_{вен} = 3600 \cdot V_{вс} \frac{h_в}{1000\eta_{ву}} = 3{,}6 \cdot V_{вс} \frac{h_в}{\eta_{ву}}, \quad (4.14)$$

где $V_{вс}$ - количество воздуха, проходящего по выработке (секундный расход), м^3/с; $h_в$ - депрессия выработки, Па;

$$h_в = \alpha_в \cdot P \cdot l \frac{v^2}{S}, \quad (4.15)$$

где $\alpha_в$ - коэффициент аэродинамического сопротивления трения выработки, Н·с^2/м^4 = Па· с^2/м^2; P, l, S - периметр, длина и площадь поперечного сечения выработки, м, м, м^2; v - средняя скорость движения воздуха по выработке, м/с;

$$\eta_{ву} = \eta_в \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_п, \quad (4.16)$$

$\eta_в$ = 0,6÷0,8; $\eta_{дв}$ = 0,85÷0,95 и $\eta_п$ - к. п. д. соответственно вентиляторной установки, вентилятора, двигателя и редукторной ($\eta_п$ = 1) или ременной ($\eta_п$ = = 0,9÷0,95) передач.

Подставляя (4.15) в (4.16) и учитывая, что

$$V_{вс} = v \cdot S \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.17)$$

получим (кДж/ч)

$$Q_{вен} = 3{,}6 \cdot \alpha_в \cdot P \cdot l \frac{v^3}{\eta_{ву}}. \quad (4.18)$$

4.7. Тепловыделение при работе ***людей*** $Q_л$, кДж/ч

$$Q_л = q_л \cdot n_л, \quad (4.19)$$

где $q_л$ - количество теплоты, выделяемое работающим человеком, кДж/ч·чел $q_л$ = 1050÷2500 кДж/ч·чел.; $n_л$ - число одновременно работающих людей в выработке.

5. Общее тепловыделение в выработку $Q_{общ}$, кДж/ч, находится суммированием всех частных выделений теплоты

$$Q_{общ} = \sum_{i=1}^{n} Q_i \quad (4.20)$$

Способы искусственного охлаждения шахтного воздуха

Целью искусственного охлаждения шахтного воздуха является отвод определенного («излишнего») количества теплоты от него при помощи охлаждающего вещества. Тепло от воздуха можно отвести путем соприкосновения последнего с какой-либо холодной поверхностью или путем смешения его с газообразной струей, имеющей температуру ниже температуры воздуха.

Борьба с избыточным выделением теплоты в горные выработки ведется по нескольким направлениям:

- предохранение воздуха от нагревания при его движении к местам потребления;
- охлаждение воздуха без применения специальных холодильных машин;
- охлаждение воздуха с применением холодильных машин (кондиционирование).

Способы предупреждения нагревания шахтного воздуха включают в себя следующее:

- увеличение количества подаваемого в выработки воздуха путем повышения мощности вентиляторных установок, увеличения скорости движения воздуха, расширения сечений воздухоподающих выработок;

- замена машин с электроприводам машинами с пневматическим приводом;
- тепло- и гидроизоляция стен выработок;
- теплоизоляция и тщательное уплотнение воздухоподающих трубопроводов;
- предупреждение возникновения интенсивных окислительных процессов;
- сокращение пути движения воздуха к местам потребления путем выбора соответствующей схемы проветривания, проведения дополнительных выработок и скважин;
- подача воздуха к местам потребления по специально пройденным выработкам, где скорость движения воздуха может быть существенно увеличена;
- замена восходящего проветривания очистных выработок нисходящим проветриванием (при соблюдении соответствующих требований ПБ).

Для предотвращения нагревания воздуха без применения холодильных машин используются следующие способы:

- осушение воздуха сорбентами, т. е. веществами, способными поглощать влагу из воздуха (например, хлористым кальцием);
- охлаждение воздуха льдом;
- охлаждение воздуха жидким воздухам, при испарении которого поглощается значительное количество теплоты;
- охлаждение воздуха сжатым воздухам (например, от пневмо-кондиционеров);
- охлаждение воздуха водой: путем непосредственного соприкосновения охлаждающей воды с воздухом либо через поверхность труб, где воздух охлаждается в специальных теплообменниках;

- пропускание воздуха через тепловыравнивающие каналы путем подвода воздуха к стволу по горизонтальным выработкам, пройденным на глубине среднегодовой температуры.

Наиболее эффективным является искусственное охлаждение воздуха в системах кондиционирования: в компрессорных и абсорбционных холодильных установках. Холодильные установки бывают передвижные и стационарные. Передвижные установки предназначены для охлаждения воздуха в тупиковых выработках или в отдаленных очистных забоях. Стационарные установки располагаются как на земной поверхности, так и в подземных условиях.

Хладопроизводительность (холодильная мощность) **отечественных шахтных холодильных агрегатов и кондиционеров составляет:**

- передвижных кондиционеров ВК-230 - 230 кВт, КПШ-3 – 105 кВт, КПШ-40 - 47 кВт, КПШ-40П с пневмоприводом - 52 кВт;
- турбокомпрессионных холодильных машин ШХТМ-1300 - 1500 кВт, ХТМФ-235М-2000 - 2325 кВт, ХТМФ-248-4000 - 4650 кВт;
- поршневой холодильной машины МФ-220-1РШ - 255 кВт;
- абсорбционной холодильной машины АБХА-2500-2В – 2800 кВт.

Для стационарной работы на поверхности используются машины ХТМФ-235-2000, ХТМФ-248-4000, АБХА-2500-2В, а машины ШХТМ-1300 и МФ-220-1РШ устанавливаются на глубоких горизонтах.

Охлаждение шахтного воздуха с применением холодильных машин становится необходимым, когда общее тепловыделение в выработку $Q_{общ}$ превышает тепловыделение в нее, допускаемое Правилами безопасности, $Q_{пб}$, т. е. при условии

$$Q_{общ} > Q_{пб}.$$

Поскольку эти количества теплоты описываются формулами:

$$Q_{общ} = c_р \cdot \rho \cdot V_{теп} \cdot (t_{пб} - t_н) \text{ и } Q_{пб} = c_р \cdot \rho \cdot V_в \cdot (t_{пб} - t_н),$$

то критерий необходимости кондиционирования воздуха в выработке может быть записан в виде соотношения

$$V_{теп} > V_в,$$

где $V_{теп}$ - количество воздуха, которое необходимо подать в выработку по тепловому фактору без охлаждения воздуха, м^3/ч;

$$V_{теп} = \frac{Q_{общ}}{c_р \cdot \rho \cdot \Delta t'} \quad (4.21)$$

где $c_р$ - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К) $c_р$ = 0,241 ккал/(кг·К)·4,1868 кДж/ккал = 1,009 кДж/(кг·К); ρ - плотность воздуха, кг/м^3; Δt - перепад температур между выходящим (отработанным) и входящим (свежим) воздухам, проходящим по выработке, К (°С):

для стволов $\Delta t = t_в - t_н$, для подземных выработок $\Delta t = t_п - t_в$.

При необходимости кондиционирования воздуха следует выбрать тип кондиционера, рассчитать потребное количество кондиционеров и проверить правильность их установки.

Требуемая хладопроизводительность кондиционера $N_к'$, кВт, находится по формуле

$$N_к^/ = \frac{c_h \cdot \rho \cdot V_d (t_н - t_{пб})}{3600} \quad (4.22)$$

К установке принимают кондиционер хладопроизводительностью

$$N_К \geq N_К^/$$

При установке кондиционера в выработке (обычно одного) температура смеси за кондиционером $t_{см}$, °С (=К), определяется соотношением

$$t_{см} = t_п - 3600\frac{N_К}{C_р \cdot \rho \cdot V_в} \quad (4.23)$$

Достаточность установки кондиционера проверяется по условию

$$t_{см} < t_в$$

Если $t_{см} > t_в$, то необходимо установить более мощный кондиционер.

Пример расчета. Исходные данные:

выработка - ствол шахты,

$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 38{,}5$ м^2,

$r_э = 3{,}5$ м,

$d = d_э = 7$ м,

$P = \pi \cdot d = 22$ м,

$l = H = 1200$ м,

$\alpha = 0^o$,

$H_0 = 20$ м,

$\delta = \frac{1}{\Gamma_{ст}} = 0{,}035$ м/^{o}C,

порода - песчаник,

$\rho_п = 2400$ кг/м^3,

$c_п = 0{,}858$ кДж/(кг·К),

$\lambda = 9{,}21$ кДж/(м·ч·К),

$a = \frac{\lambda}{c_п \cdot \rho_п} = 0{,}00477$ м^2/ч,

v = 2 м/с,

$\tau = 7$ лет $= 7 \cdot 365 \cdot 24 = 61320$ ч,

$t_н = 8{,}5$ ^{o}C,

$t_в = t_{пб} = 24$ ^{o}C,

$N_{потр} = 100$ кВт,

$N_п = 90$ кВт,

$\alpha_б = 0{,}0040$ кгс·с^2/м^4 =

$= 0{,}0392$ Па· с^2/м^2,

$N_{тр} = 100$ кВт,

$n = 7$ человек.

Для обеспечения возможности выполнения расчета тепловыделений по приведенным выше формулам принимаем дополнительно следующие данные (параметры):

$\beta = 0{,}01$ кг/(м^2·ч·К),

$r = 2256$ кДж/кг,

$\rho = 1{,}25$ кг/м^3,

$q_{ок} = 16$ кДж/(м^2·ч),

$\kappa_з = 0{,}8$,

$\eta_{дв} = 0{,}95$,

$P_{тр} = 0{,}05$,

$q_б = 200$ кДж/(м^2·ч),

$l_ц = 5$ м,

$q_п = 2000$ кДж/(ч·чел),

$\eta_{ву} = \eta_у \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_п = 0{,}7 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}95 = 0{,}56$,

$c_р = 1{,}009$ кДж/(кг·К).

Подсчитываем количества теплоты, выделяющиеся в выработку.

1. Тепловыделение при охлаждении горных пород

$$\alpha_k = 12.4 \cdot \frac{V^{0.8}}{d_э{}^{0.2}} = 12.4 \cdot \frac{2^{0.8}}{7^{0.2}} = 14.32, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К;}$$

$$\alpha_и = 1.3 \cdot \beta \cdot r = 1{,}3 \cdot 0{,}001 \cdot 2256 = 29{,}33, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К);}$$

$$\alpha_0 = \alpha_k + \alpha_и = 14{,}32 + 29{,}33 = 43{,}65, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К);}$$

$$K_т = \frac{\lambda}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 \cdot R_э}} \cdot \left[\frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot a \cdot \tau}\left(1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 \cdot R_э}\right)}\right] =$$

$$\frac{9{,}211}{1+\frac{9{,}211}{2 \cdot 43{,}65 \cdot 3{,}5}} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot 3{,}5} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot 0{,}00447 \cdot 61320}\left(1+\frac{9{,}211}{2 \cdot 43{,}65 \cdot 3{,}5}\right)}\right] = 1{,}57,$$

кДж/(м^2·ч·К);

$$t_п = t_Н + (H - H_0)\delta = 8{,}5 + (1200 - 20)0{,}035 = 50\ °C;$$

$$Q_{охл} = K_т \cdot P \cdot l(t_п - t_в) = 1{,}57 \cdot 22 \cdot 1200(50 - 24) = 107764 \text{ кДж/ч.}$$

2. Тепловыделение при сжатии шахтного воздуха

$$V_и = 3600 \cdot v \cdot S = 3600 \cdot 2 \cdot 38{,}5 = 277200 \text{ м}^3\text{/ч;}$$

$$Q_{сж} = 0{,}00981 \cdot \rho \cdot V_В \cdot H = 0{,}00981 \cdot 1.25 \cdot 277200 \cdot 1200 = 4078998$$

кДж/ч.

3. Тепловыделение при окислительных процессах

$$Q_{ок} = q_{ок} \cdot V^{0,8} \cdot P \cdot l = 16 \cdot 2^{0,8} \cdot 22 \cdot 1200 = 735441 \text{ кДж/ч.}$$

4. Тепловыделение от местных источников:

- при работе электродвигателей горных машин и освещения

$$Q_{ЭД} = \frac{3600 \cdot N_{потр} \cdot K_з}{\eta_{ДВ}} = \frac{3600 \cdot 100 \cdot 0{,}8}{0{,}95} = 303158 \text{ кДж/ч;}$$

- при спуске груза лебедкой

$$Q_{ЛС} = 3600 \cdot N_п \cdot K_з = 3600 \cdot 90 \cdot 0{,}8 = 259200 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе трансформатора

$$Q_{ТР} = 3600 \cdot N_{ТР} \cdot P_{ТР} = 3600 \cdot 100 \cdot 0{,}5 = 18000 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе шахтных вентиляторов

$$Q_{ВБН} = 3{,}6 \cdot \alpha_В \cdot P \cdot l \frac{V^3}{\eta_{ВУ}} = 3{,}6 \cdot 0{,}0392 \cdot 22 \cdot 1200 \frac{2^3}{0{,}565} = 52751 \text{ кДж/ч;}$$

- при затвердевании монолитной бетонной крепи

$$Q_б = q_б \cdot P \cdot l_ц = 200 \cdot 22 \cdot 5 = 22000 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе людей

$$Q_Л = q_л \cdot n_л = 2000 \cdot 7 = 14000 \text{ кДж/ч.}$$

5. Общее тепловыделение в ствол

$$Q_{общ} = \sum_{i-1}^{n} Q_i = Q_{охл} + Q_{сж} + Q_{ок} + Q_{эд} + Q_{лс} + Q_{тр} + Q_{вен} + Q_б + Q_л = 1077648 + 4078998 + 735441 + 303158 + 259200 + 18000 + 52751 + 22000 + 14000 = 6561196$$

кДж/ч.

Находим количество воздуха, необходимое для проветривания выработки по тепловому фактору без охлаждения воздуха

$$V_{теп} = \frac{Q_{общ}}{C_р \cdot \rho (t_{пб} - t_Н)} = \frac{6561196}{1{,}009 \cdot 1{,}25(24-8{,}5)} = 335611 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

Проверяем условие достаточности расхода воздуха по тепловому фактору $V_{теп} \langle V_в$.

В рассматриваемом случае это условие не выполняется, так как

$$V_{теп} = 335611 < V_В = 277200$$

Следовательно, требуется искусственное охлаждение воздуха при помощи холодильных машин.

Определяем требуемую хладопроизводительность холодильной машины

$$N_к = \frac{C_р \cdot \rho \cdot V_В (t_П - t_{пб})}{3600} = \frac{1{,}009 \cdot 1{,}25 \cdot 277200(50-24)}{3600} = 2525 \text{ кВт.}$$

Принимаем $N_к$ = 2550 кВт. Температура смеси теплого и охлажденного воздуха за кондиционером составит

$$t_{см} = t_п - \frac{3600 \cdot N_k}{c_р \cdot \rho \cdot V_В} = 50 - \frac{3600 \cdot 2550}{1{,}009 \cdot 1{,}25 \cdot 277200} = 23{,}7$$

что удовлетворяет требованиям ПБ.

Варианты заданий

Перечень вариантов заданий к расчету тепловыделений в горные выработки приведен в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Исходные данные для расчетов тепловыделений

	Величины	Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Выработка	Штрек		Уклон		Квершлаг		Бремберг		Ствол	
2	S, м^2	8	10	7	6	12	14	10	12	44,2	33,2
3	P, м	11,8	13,2	11,0	10,2	14,4	15,6	13,2	14,4	23,6	20,4
4	L, м	900	1000	300	500	700	600	1000	900	1100	1200
5	α, °	6	8	40	50	10	8	15	20	90	90
6	H, м	800	900	600	700	1000	800	1200	1500	1100	1200

Продолжение табл. 4.2

7	H_0, м	20	21	22	23	24	25	30	35	28	30
8	$\Gamma_{ст}$, м/°С	30	25	26	27	31	29	32	28	34	27
9	Порода	Бурый уголь	Каменный уголь	Каменный уголь	Каменный уголь	Песчаник	Песчаник	Каменный уголь	Каменный уголь	Глинистый и песчанистый сланец	Песчаник
10	V, м/с	0,5	0,75	1,0	1,5	1,0	2,0	1,5	2,0	1,0	0,5
11	τ, м/с	3	2	6	8	5	9	10	7	6	4
12	$t_н$, °С	8,5	2,5	3,0	2,5	7,5	8,3	7,9	4,2	8,0	7,5
13	$t_в = t_{пб}$, °С	24	23	20	25	23	25	24	26	24	23
14	$N_{потр}$, кВт	70	60	50	40	100	90	50	50	100	100
15	$N_л$, кВт	-	-	50	50	-	-	-	-	-	100

16	$N_{тр}$, кВт	5	10	-	-	5	5	5	5	10	10
17	$\alpha_в$, Па·с^2/м^2	0,017	0,019	0,018	0,016	0,015	0,014	0,013	0,020	0,049	0,049
18	$n_л$, чел.	7	6	3	3	6	5	6	6	5	8

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте климатические условия в горных выработках глубоких шахт.

2. Как осуществляется теплоотдача тела человека в окружающую среду?

3. Какой микроклимат в выработках глубоких шахт считается допустимым?

4. Перечислите виды (формы) нагревания воздуха, движущегося по горным выработкам.

5. Как выполняется тепловое кондиционирование воздуха в горных выработках?

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ЦВЕТА СИГНАЛЬНЫЕ И ЗНАКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Цель работы – ривить практические навыки в применении сигнальных цветов и знаков безопасности; изучить назначение, характеристики и порядок применения сигнальных цветов и знаков безопасности.

Теоретические положения.

Для предупреждения многих несчастных случаев на производстве и в быту эффективным средством является цветовое оформление машин, приборов, помещений и рациональное применение сигнальных цветов и знаков безопасности, которые устанавливает ГОСТ Р 12.4.026–01 [1].

Различают прямое психологическое воздействие цвета на челове- ка, вызывающее, например, чувство радости или печали, создающее впе- чатление легкости или тяжести какого-либо предмета, удаленности или близости его, и вторичное воздействие, связанное с ассоциациями. Напри- мер, красный, оранжевый и желтый цвета ассоциируются с огнем, солн- цем, т. е. теплом. Такие цвета создают впечатление тепла и называются те- плыми цветами. Белый, голубой, зеленый и некоторые другие цвета ассо- циируются с холодом и называются холодными цветами.

Сигнальные цвета применяются для окраски поверхностей конст- рукций, приспособлений и элементов производственного оборудования, которые могут служить источником опасности для работающих.

ГОСТом установлены красный, желтый, зеленый и синий сигналь- ные цвета. Для усиления контраста сигнальных цветов они применяются на фоне контрастных цветов. Контрастные цвета применяются также для выполнения символов и поясняющих надписей.

Красный сигнальный цвет применяется: для запрещающих знаков; надписей и символов на знаках пожарной безопасности, обозначений от-

ключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных; внутренних поверхностей открывающихся кожухов и корпусов, ограждающих движущиеся элементы механизмов и машин и их крышек; рукояток кранов аварийного сброса давления; корпусов масляных выключателей, находя- щихся в рабочем состоянии под напряжением, и обозначения пожарной техники.

Желтый сигнальный цвет используется: для предупреждающих знаков элементов строительных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм (низкие балки, выступы и перепады в полости пола, малозаметные ступени, пандусы), мест, в которых существует опасность падения, сужений проездов, колонн, стоянок и опор производствен- ного оборудования (открытые движущиеся части оборудования); кромок штампов, прессов, ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, и т. п. элементов внутрицехового и межцехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, кабин и ограждений кранов, боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек и постоянных и временных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных и временных ограждений лестниц, перекрытий строящихся зданий; балконов и других мест, где возможно падение с высоты, емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами, на которые предупреждающую окраску наносят в виде полосы шириной 50–100 мм в зависимости от размещения емкости; границ подходов к эвакуационным или запасным выходам.

Зеленый сигнальный цвет применяется для предписывающих знаков дверей и светового табло эвакуационных или запасных выходов, сигнальных ламп.

Синий сигнальный цвет используется для указательных знаков. Символ на знаках безопасности – это простое, всем понятное изображение характера опасности, мер предосторожности, инструктивных указаний или информации

по безопасности. Знаки должны быть установлены в местах, пребывание в которых связано с возможной опасностью для работающих, а также на производственном оборудовании, являющемся источником такой опасности. Знаки безопасности, устанавливаемые на воротах и входных дверях помещений, обозначают, что зона их действия – все помещение. При необходимости ограничения зоны действия знака приводятся соответствующие указания с вышеуказанным ГОСТом. Они контрастно выделются на окружающем их фоне и находятся в поле зрения людей, для которых предназначены. На местах и участках, являющихся временно опасными, устанавливаются переносные знаки и временные ограждения, окрашенные в сигнальный цвет. Всего предусмотрено четыре группы знаков безопасности:

1 запрещающий (в виде круга);

2 предупреждающий (в виде треугольника);

3 предписывающий (в виде квадрата);

4 указательный (в виде вертикального прямоугольника).

Для более полного усвоения формы символов на знаках и мест их установки следует дополнительно изучить раздел 3 ГОСТ Р 12.4.026-01 [1]. Для этого ниже дается необходимая выдержка из данного ГОСТа.

Стандарт не распространяется:

- на цвета, применяемые для световой сигнализации всех видов транспорта, транспортных средств и дорожного движения;
- цвета, знаки и маркировочные щитки баллонов, трубопроводов, емкостей для хранения и транспортирования газов и жидкостей;
- дорожные знаки и разметку, путевые и сигнальные знаки железных дорог, знаки для обеспечения безопасности движения всех видов транспорта (кроме знаков безопасности для подъемно-транспортных меха- низмов, внутризаводского, пассажирского и общественного транспорта);
- знаки и маркировку опасных грузов, грузовых единиц, требующих специальных условий транспортирования и хранения;

- знаки для электротехники.

Назначение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки состоит в обеспечении однозначного понимания определенных требований, касающихся безопасности, сохранения жизни и здоровья людей, снижения материального ущерба без применения слов или с их минимальным количеством.

Сигнальные цвета, знаки безопасности и сигнальную разметку следует применять для привлечения внимания людей, находящихся на производственных, общественных объектах и в иных местах, к опасности, опасной ситуации, предостережения в целях избегания опасности, сообщения о возможном исходе в случае пренебрежения опасностью, предписания или требования определенных действий, а также для сообщения необходимой информации.

Применение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки на производственных, общественных объектах и в иных местах не заменяет необходимости проведения организационных и технических мероприятий по обеспечению условий безопасности, использования средств индивидуальной и коллективной защиты, обучения и инструктажа по технике безопасности.

Размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах должна проводить организация-изготовитель. При необходимости дополнительное размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах, находящихся в эксплуатации, проводит эксплуатирующая их организация.

Графические символы и поясняющие надписи на знаках безопасности отраслевого назначения, не предусмотренные настоящим стандартом, необходимо устанавливать в отраслевых стандартах, нормах, правилах с соблюдением требований настоящего стандарта.

Назначение и правила применения сигнальных цветов.

Стандарт устанавливает следующие сигнальные цвета: красный, желтый, зеленый, синий. Для усиления зрительного восприятия цветографических изображений знаков безопасности и сигнальной разметки сигнальные цвета следует применять в сочетании с контрастными цветами – белым или черным. Контрастные цвета необходимо использовать для выполнения графических символов и поясняющих надписей.

Сигнальные цвета необходимо применять:

- для обозначения поверхностей, конструкций (или элементов конструкций), приспособлений, узлов и элементов оборудования, машин, механизмов и т. п., которые могут служить источниками опасности для лю- дей, поверхности ограждений и других защитных устройств, систем бло- кировок и т. п.;
- обозначения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов;
- знаков безопасности, сигнальной разметки, планов эвакуации и других визуальных средств обеспечения безопасности;
- светящихся (световых) средств безопасности (сигнальные лампы, табло и др.);
- обозначения пути эвакуации.

Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета установлены в табл. 5.0.

Красный сигнальный цвет следует применять:

- для обозначения отключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных;
- внутренних поверхностей крышек (дверец) шкафов с открытыми токоведущими элементами оборудования, машин, механизмов и т. п. (если оборудование, машины, механизмы имеют красный цвет, то внутренние поверхности крышек (дверец) должны быть окрашены лакокрасочными

материалами желтого сигнального цвета);

- рукояток кранов аварийного сброса давления;

- корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением;

- обозначения различных видов пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов, требующих оперативного опознания (пожарные машины, наземные части гидрант-колонок, огнетушители, баллоны, устройства ручного пуска систем (установок) пожарной автоматики, средств оповещения, телефоны прямой связи с пожарной охраной, насосы, пожарные стенды, бочки для воды, ящики для песка, а также ведра, лопа- ты, топоры и т. п.);

- окантовки пожарных щитов белого цвета для крепления пожарного инструмента и огнетушителей. Ширина окантовки – 30–100 мм (допускается выполнять окантовку пожарных щитов в виде чередующихся наклонных под углом 45–60° полос красного сигнального и белого контра- стного цветов);

- орнаментовки элементов строительных конструкций (стены, колонны) в виде отрезка горизонтально расположенной полосы для обозначения мест нахождения огнетушителя, установки пожаротушения с ручным пуском, кнопки пожарной сигнализации и т. п. Ширина полос – 150–300 мм. Полосы должны располагаться в верхней части стен и колонн на высоте, удобной для зрительного восприятия с рабочих мест, проходов и т. п. В состав орнаментовки, как правило, следует включать знак пожарной безопасности с соответствующим графическим символом средства противопожарной защиты;

- сигнальных ламп и табло с информацией, извещающей о нару- шении технологического процесса или нарушении условий безопасности:

«Тревога», «Неисправность» и др.;

- обозначения захватных устройств промышленных установок и промышленных роботов;

Таблица 5.0

Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета

Сигнальный цвет	Смысловое значение	Область применения	Контрастный цвет
Красный	Непосредственная опасность Аварийная или опасная ситуация Пожарная техника, средства противо-пож. защиты, их элементы	Запрещение опасного поведения или действия.Обозначение непо-средственной опасности Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (техноло- гического процесса) Обозначение и определение мест нахождения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов	Белый
Желтый	Возможная опас-ность	Обозначение возможной опасно- сти, опасной ситуации. Преду- преждение о возможной опасно-сти	Черный
Зеленый	Безопасность, безопасные усло-вия	Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном со- стоянии технологического про-цесса	Белый
	Помощь, спасение	Обозначение пути эвакуации, аптечек, кабинетов, средств по оказанию первой медицинской помощи	
Синий	Предписание во избежание опасно-сти	Требование обязательных дейст- вий в целях обеспечения безо-пасности	Белый
	Указание	Разрешение определенных дей-ствий	

- обозначения временных ограждений или элементов временных ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий, ям, котлованов, временных ограждений мест химического, бактериологического и радиационного загрязнения, а также ограждений других мест, зон, участков, вход на которые временно запрещен.

Поверхность временных ограждений должна быть целиком окра- шена красным сигнальным цветом или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы красного сигнального и белого контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос крас- ного и белого цветов от 1:1 до 1,5:1,0;

- запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности.

Не допускается использовать красный сигнальный цвет:

- для обозначения стационарно устанавливаемых средств противопожарной защиты (их элементов), не требующих оперативного опознания (пожарные извещатели, пожарные трубопроводы, оросители установок пожаротушения и т. п.);

- на пути эвакуации во избежание путаницы и замешательства (кроме запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности).

Желтый сигнальный цвет следует применять:

а) для обозначения элементов строительных и иных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм работающими: низких балок, выступов и перепадов в плоскости пола, малозаметных ступеней, пандусов, мест, в которых существует опасность падения (кромки погрузочных платформ, грузовых поддонов, неогражденных площадок, люков, проемов и т. д.), сужений проездов, малозаметных распорок, узлов, колонн, стоек и опор в местах интенсивного движения внутризаводского транспорта и т. д.;

б) обозначения узлов и элементов оборудования, машин и механизмов, неосторожное обращение с которыми представляет опасность для людей:

открытых движущихся узлов, кромок оградительных устройств, не полностью закрывающих движущиеся элементы (шлифовальные круги, фрезы, зубчатые колеса, приводные ремни, цепи и т. п.), ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, а также постоянно подвешенных к потолку или стенам технологической арматуры и механизмов, выступающих в рабочее пространство;

в) обозначения опасных при эксплуатации элементов транспортных средств, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, площадок грузоподъемников, бамперов и боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек, поворотных платформ и боковых поверхностей стрел экскаваторов, захватов и площадок автопогрузчиков, рабочих органов сельскохозяйственных машин, элементов грузоподъемных кранов, обойм грузовых крюков и др.;

г) подвижных монтажных устройств, их элементов и элементов грузозахватных приспособлений, подвижных частей кантователей, траверс, подъемников, подвижных частей монтажных вышек и лестниц;

д) внутренних поверхностей крышек, дверец, кожухов и других ограждений, закрывающих места расположения движущихся узлов и элементов оборудования, машин, механизмов, требующих периодического доступа для контроля, ремонта, регулировки и т. п.

Если указанные узлы и элементы закрыты съемными ограждениями, то окрашиванию лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета подлежат сами движущиеся узлы, элементы и (или) поверхности смежных с ними неподвижных деталей, закрываемые ограждениями;

е) постоянных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий: у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных ограждений лестниц, балконов, перекрытий и других мест, в которых возможно падение с высоты.

Поверхность ограждения должна быть целиком окрашена

лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

ж) обозначения емкостей и технологического оборудования, содержащих опасные или вредные вещества.

Поверхность емкости должна быть целиком окрашена лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 50–300 мм в зависимости от размера емкости при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

з) обозначения площадей, которые должны быть всегда свободными на случай эвакуации (площадки у эвакуационных выходов и подходы к ним, возле мест подачи пожарной тревоги, возле мест подхода к средствам противопожарной защиты, средствам оповещения, пунктам оказания первой медицинской помощи, пожарным лестницам и др.).

Границы этих площадей должны быть обозначены сплошными линиями желтого сигнального цвета, а сами площади – чередующимися наклонными под углом 45–60° полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина линий и полос – 50 – 100 мм;

и) предупреждающих знаков безопасности.

На поверхность объектов и элементов, перечисленных в а) и в), допускается наносить чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 50– 300 мм в зависимости от размера объекта и расстояния, с которого должно быть видно предупреждение.

Если оборудование, машины и механизмы окрашены лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета, то перечисления б) и д), их узлы и

элементы должны быть обозначены чередующимися наклонными под углом 45–60° полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм в зависимости от размера узла (элемента) оборудования при соотношении ширины полос желтого и черного цветов от 1:1 до 1,5:1,0.

Для строительно-дорожных машин и подъемно-транспортного оборудования, которые могут находиться на проезжей части, допускается применять предупреждающую окраску в виде чередующихся красных и белых полос.

Синий сигнальный цвет следует применять:

- для окрашивания светящихся (световых) сигнальных индикаторов и других сигнальных устройств указательного или разрешающего назначения;
- предписывающих и указательных знаков безопасности.

Зеленый сигнальный цвет следует применять:

- для обозначения безопасности (безопасных мест, зон безопасного состояния);
- сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы оборудования, нормальном состоянии технологических процессов и т. п.;
- обозначения пути эвакуации;
- эвакуационных знаков безопасности и знаков безопасности медицинского и санитарного назначения.

Характеристики сигнальных и контрастных цветов.

Знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в поле зрения людей, для которых они предназначены.

Знаки безопасности должны быть расположены таким образом, чтобы они были хорошо видны, не отвлекали внимания и не создавали неудобств при выполнении людьми своей профессиональной или иной деятельности, не загораживали проход, проезд, не препятствовали перемещению грузов.

Знаки безопасности, размещенные на воротах и на (над) входных(ми) дверях(ми) помещений, означают, что зона действия этих знаков

распространяется на всю территорию и площадь за воротами и дверями.

Размещение знаков безопасности на воротах и дверях следует выполнять таким образом, чтобы зрительное восприятие знака не зависело от положения ворот или дверей (открыто, закрыто). Эвакуационные знаки безопасности Е 22 «Выход» и Е 23 «Запасный выход» должны размещаться только над дверями, ведущими к выходу.

Знаки безопасности, установленные у въезда (входа) на объект (участок), означают, что их действие распространяется на объект (участок) в целом.

При необходимости ограничить зону действия знака безопасности соответствующее указание следует приводить в поясняющей надписи на дополнительном знаке.

Знаки безопасности, изготовленные на основе несветящихся материалов, следует применять в условиях хорошего и достаточного освеще- ния.

Знаки безопасности с внешним или внутренним освещением следует применять в условиях отсутствия или недостаточного освещения.

Световозвращающие знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в местах, где отсутствует освещение или имеется низкий уровень фонового освещения (менее 20 лк по СНиП 23-05-95): при проведении работ с использованием индивидуальных источников света, фонарей (например, в туннелях, шахтах и т. п.), а также для обеспечения безопасности при проведении работ на дорогах, автомобильных трассах, в аэропортах и т. п.

Фотолюминесцентные знаки безопасности следует применять там, где возможно аварийное отключение источников света, а также в качестве элементов фотолюминесцентных эвакуационных систем для обеспечения самостоятельного выхода людей из опасных зон в случае возникновения аварий, пожара или других чрезвычайных ситуаций.

Для возбуждения фотолюминесцентного свечения знаков безопасности необходимо наличие в помещении, где они установлены, искусст- венного или естественного освещения.

Освещенность поверхности фотолюминесцентных знаков безопасности источниками света должна быть не менее 25 лк.

Основные и дополнительные знаки безопасности.

Основные знаки безопасности необходимо разделять на следующие группы: запрещающие знаки; предупреждающие знаки; знаки пожарной безопасности; предписывающие знаки; эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения; указательные знаки.

Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности должны соответствовать приведенным в табл. 5.1

Таблица 5.1

Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности

Группа	Геометрическая форма <*>	Сигнальный цвет	Смысловое значение
Запрещающие знаки	Круг с поперечной полосой	Красный	Запрещение опасного пове- дения или действия
Предупреждающие знаки	Треугольник	Желтый	Предупреждение о возмож- ной опасности. Осторож- ность. Внимание
Предписывающие знаки	Круг	Синий	Предписание обязательных действий во избежание опасности
Знаки пожарной безопасности <**>	Квадрат или прямоугольник	Красный	Обозначение и указание мест нахождения средств проти- вопожарной защиты, их эле- ментов
Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения	Квадрат или прямоугольник	Зеленый	Обозначение направления движения при эвакуации. Спасение, первая помощь при авариях или пожарах. Надпись, информация для обеспечения безопасности
Указательные знаки	Квадрат или прямоугольник	Синий	Разрешение. Указание. Над- пись или информация

Примечание: <*> Рисунки не приводятся. <**> К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: Р 01 «Запрещается курить», Р 02 «Запрещается пользо- ваться открытым огнем», Р 04 «Запрещается тушить водой», Р 12 «Запрещается загромождать проходы (или) складировать» (табл. 5.2);

- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся ве- щества», W 02 «Взрывоопасно», W 11

«Пожароопасно. Окислитель» (табл. 5.3).

Таблица 5.2

Запрещающие знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 01		Запрещается курить	Использовать, когда курение мо- жет стать причиной пожара. На дверях и стенах помещений, уча- стках, где имеются горючие и лег- ковоспламеняющиеся вещества, или в помещениях, где курить за- прещается
Р 02		Запрещается пользоваться от- крытым огнем и курить	Использовать, когда открытый огонь и курение могут стать при- чиной пожара. На входных дверях, стенах помещений, участках, ра- бочих местах, емкостях, производ- ственной таре
Р 03		Проход запрещен	У входа в опасные зоны, помеще- ния, участки и др.
Р 04		Запрещается тушить водой	В местах расположения электро- оборудования, складах и других местах, где нельзя применять воду при тушении горения или пожара
Р 05		Запрещается использовать в качестве питьевой воды	На техническом водопроводе и емкостях с технической водой, не- пригодной для питья и бытовых нужд
Р 06		Доступ посторонним запрещен	На дверях помещений, у входа на объекты, участки и т. п. для обо- значения запрета на вход (проход) в опасные зоны или для обозначе- ния служебного входа (прохода)

Продолжение таблицы 5.2

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 07		Запрещается движение средств наполь- ного транспорта	В местах, где запрещается применять средства напольного транс- порта (например, погрузчики или напольные транспортеры)
Р 08		Запрещается прикасаться. Опасно	На оборудовании (узлах оборудо- вания), дверцах, щитах или других поверхностях, прикосновение к которым опасно
Р 09		Запрещается прикасаться. Корпус под на- пряжением	На поверхности корпусов, щитов и т. п., где есть возможность пора- жения электрическим током
Р 10		Не включать!	На пультах управления и включе- ния оборудования или механизмов при ремонтных и пусконаладоч- ных работах
Р 11		Запрещается работа (присутствие) людей со стимуляторами сердечной деятельности	В местах и на оборудовании, где запрещено работать или находить- ся людям с вживленными стиму- ляторами сердечной деятельности
Р 12		Запрещается за- громождать про- ходы и (или) складировать	На пути эвакуации, у выходов, в местах размещения средств про- тивопожарной защиты, аптечек первой медицинской помощи и других местах
Р 13		Запрещается подъем (спуск) людей по шахтному стволу (запрещается транспортировка пассажиров)	На дверях грузовых лифтов и дру- гих подъемных механизмов

Продолжение табл. 5.2

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 14		Запрещается вход (проход) с животными	На воротах и дверях зданий, со- оружений, помещений, объектов, территорий и т. п., где не должны находиться животные, где запре- щен вход (проход) вместе с жи- вотными
Р 16		Запрещается работа (присутствие) людей, имеющих металлические имплантанты	На местах, участках и оборудова- нии, где запрещено работать или находиться людям с вживленными металлическими имплантантами
Р 17		Запрещается разбрызгивать воду	На местах и участках, где запре- щено разбрызгивать воду
Р 18		Запрещается пользоваться мобильным (сотовым) телефоном или переносной рацией	На дверях помещений, у входа на объекты, где запрещено пользоваться средствами связи, имею- щими собственные радиочастот- ные электромагнитные поля
Р 21		Запрещение (прочие опасности или опасные действия)	Применять для обозначения опасности, не предусмотренной настоящим стандартом. Знак необходимо использовать вместе с поясняющей надписью или с дополнительным знаком безопасности с поясняющей надписью
Р 27		Запрещается иметь при (на) себе металлические предметы (часы и т. п.)	При входе на объекты, на рабочих местах, оборудовании, приборах и т. п. Область применения знака может быть расширена
Р 30		Запрещается принимать пищу	На местах и участках работ с вредными для здоровья веществами, а также в местах, где прием пищи запрещен. Область применения знака может быть расшире- на

Окончание табл. 5.2

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 32		Запрещается подходить к элементам оборудования с маховыми движениями большой амплитуды	На оборудовании и рабочих местах по обслуживанию оборудования с элементами, выполняющими маховые движения большой амплитуды
Р 33		Запрещается брать руками. Сыпучая масса (непрочная упа- ковка)	На производственной таре, в складах и иных местах, где используют сыпучие материалы
Р 34		Запрещается пользоваться лифтом для подъема (спуска) людей	На дверях грузовых лифтов и других подъемных механизмах. Знак входит в состав группового знака безопасности «При пожаре лифтом не пользоваться, выходить по лестнице»

Таблица 5.3

Предупреждающие знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 01		Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся ве- щества	Использовать для привлечения внимания к помещениям с легковоспламеняющимися веществами. На входных дверях, дверцах шкафов, емкостях и т. д.

Продолжение табл.5.3

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 02		Взрывоопасно	Использовать для привлечения внимания к взрыво- опасным веществам, а так- же к помещениям и участ- кам. На входных дверях, стенах помещений, дверцах шкафов и т. д.
W 03		Опасно. Ядовитые ве- щества	В местах хранения, выделения, производства и применения ядовитых веществ
W 04		Опасно. Едкие и корро- зионные вещества	В местах хранения, выде- ления, производства и применения едких и корро- зионных веществ
W 05		Опасно. Радиоактивные вещества или ионизи- рующее излучение	На дверях помещений, дверцах шкафов и в других местах, где находятся и применяются радиоактивные вещества или имеется ионизирующее излучение. Допускается применять знак радиационной опасно- сти по ГОСТ 17925
W 06		Опасно. Возможно падение груза	Вблизи опасных зон, где используется подъемно-транспортное оборудование
W 07		Внимание. Автопогруз- чик	В помещениях и на участках, где проводятся погрузочно-разгрузочные работы

Продолжение табл. 5.3

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 08		Опасность поражения электрическим током	На опорах линий электропередачи, электрооборудовании и приборах, дверцах силовых щитков, на элек-тротехнических панелях и шкафах, а также на ограж- дениях токоведущих частей оборудования, механизмов, приборов
W 09		Внимание. Опасность (прочие опасности)	Применять для привлече- ния внимания к прочим ви- дам опасности, не обозна- ченной настоящим стан- дартом. Знак необходимо использовать вместе с дополнительным знаком безопасности с поясняю- щей надписью
W 10		Опасно. Лазерное излу- чение	На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где имеет- ся лазерное излучение
W 11		Пожароопасно. Окисли- тель	На дверях помещений, дверцах шкафов для привлечения внимания на наличие окислителя

Продолжение табл. 5.3

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 12		Внимание. Электромагнитное поле	На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют электромагнитные поля
W 13		Внимание. Магнитное поле	На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют магнитные поля
W 14		Осторожно. Малозаметное препятствие	В местах, где имеются малозаметные препятствия, о которые можно споткнуться
W 15		Осторожно. Возможность падения с высоты	Перед входом на опасные участки и в местах, где возможно падение с высоты
W 16		Осторожно. Биологическая опасность (инфекционные вещества)	В местах хранения, производства или применения вредных для здоровья биологических веществ
W 17		Осторожно. Холод	На дверцах холодильников и морозильных камер, компрессорных агрегатах и других холодильных аппаратах
W 18		Осторожно. Вредные для здоровья аллергические (раздражающие) вещества	В местах хранения, произ- водства или применения вредных для здоровья аллергических (раздражающих) веществ

Продолжение табл. 5.3

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 19		Газовый баллон	На газовых баллонах, скла- дах и участках хранения и применения сжатых или сжиженных газов. Цвет баллона черный или белый, выбирается по ГОСТ 19433
W 20		Осторожно. Аккумуля- торные батареи	В помещениях и на участках изготовления, хранения и применения аккумуля- торных батарей
W 22		Осторожно. Режущие валы	На участках работ и оборудовании, имеющем незащищенные режущие валы
W 23		Внимание. Опасность зажима	На дверцах турникетов и шлагбаумах
W 24		Осторожно. Возможно опрокидывание	На дорогах, рампах, складах, участках, где возможно опрокидывание внутризаводского транспорта
W 25		Внимание. Автоматическое включение (запуск) оборудования	На рабочих местах, оборудовании или отдельных узлах оборудования с автоматическим включением
W 26		Осторожно. Горячая поверхность	На рабочих местах и обо-рудовании, имеющем на-гретые поверхности

Окончание табл.5.3

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 27		Осторожно. Возможно травмирование рук	На оборудовании, узлах оборудования, крышках и дверцах, где возможно получить травму рук
W 28		Осторожно. Скользко	На территории и участках, где имеются скользкие места
29		Осторожно. Возможно затягивание между вращающимися элемен- тами	На рабочих местах и обо- рудовании, имеющем вра- щающиеся элементы, на- пример на валковых мель- ницах
W 30		Осторожно. Сужение проезда (прохода)	На территориях, участках, в цехах и складах, где имеются сужения прохода (проезда) или присутствуют выступающие конструкции, затрудняющие проход (проезд)

Таблица 5.4

Предписывающие знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по при- менению
M 01		Работать в защитных очках	На рабочих местах и участках, где требуется защита органов зрения

Продолжение табл. 5.4

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
М 02		Работать в защитной каске (шлеме)	На рабочих местах и участках, где требуется защита головы
М 03		Работать в защитных наушниках	На рабочих местах и участках с повышенным уровнем шума
М 04		Работать в средствах индивидуальной защиты органов дыхания	На рабочих местах и участках, где требуется защита органов дыхания
М 05		Работать в защитной обуви	На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной защиты
М 06		Работать в защитных перчатках	На рабочих местах и участках работ, где требуется защита рук от воздействия вредных или агрессивных сред, защита от возможного поражения электрическим током
М07		Работать в защитной одежде	На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной зашиты
М 08		Работать в защитном щитке	На рабочих местах и участках, где необходима защита лица и органов зрения

Продолжение табл. 5.4

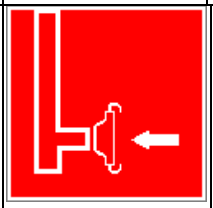
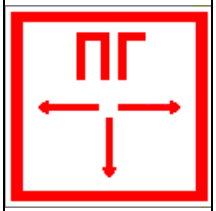
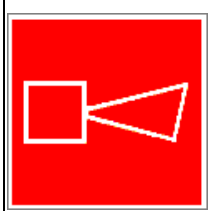
Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
М 09		Работать в предохранительном (страховочном) поясе	На рабочих местах и участках, где для безопасной работы требуется применение предохранительных (страховочных) поясов
М 10		Проход здесь	На территориях и участках, где разрешается проход
М 11		Общий предписывающий знак (прочие предписания)	Для предписаний, не обозначенных настоящим стандартом. Знак необходимо применять вместе с поясняющей надписью на дополнительном знаке безопасности
М 12		Переходить по надземному переходу	На участках и территориях, где установлены надземные переходы
М 13		Отключить штепсельную вилку	На рабочих местах и оборудовании, где требуется отключение от электросети при наладке или остановке электрооборудования и в других случаях
М 14		Отключить перед работой	На рабочих местах и оборудовании при проведении ремонтных или пусконаладочных работ
М 15		Курить здесь	Используется для обозначения места курения на производственных объектах

Таблица 5.5

Знаки пожарной безопасности

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установ- ки) и рекомендации по применению
F 01-01		Направляющая стрелка	Использовать только вместе с другими знаками пожар- ной безопасности для указания направления движе- ния к месту нахождения (размещения) средства противопожарной зашиты
F 01-02		Направляющая стрелка под углом 45°	Использовать только вместе с другими знаками пожарной безопасности для указания направления движения к месту нахождения (размещения) средства противопожарной защиты
F 02		Пожарный кран	В местах нахождения комплекта пожарного крана с пожарным рукавом и стволом
F 03		Пожарная лестница	В местах нахождения пожарной лестницы
F 04		Огнетушитель	В местах размещения огнетушителя
F 05		Телефон для использования при пожаре	В местах размещения телефона, по которому мож- но вызвать пожарную охрану

Продолжение табл. 5.5

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установ- ки) и рекомендации по применению
F 06		Место размещения нескольких средств противопожарной защиты	В местах одновременного нахождения (размещения) нескольких средств противопожарной защиты
F 07		Пожарный водоисточник	В местах нахождения пожарного водоема или пир- са для пожарных машин
F 08		Пожарный сухотрубный стояк	В местах нахождения пожарного сухотрубного стояка
F 09		Пожарный гидрант	У мест нахождения подземных пожарных гидран- тов. На знаке должны быть цифры, обозначающие расстояние от знака до гидранта в метрах
F 10		Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики	В местах ручного пуска установок пожарной сигна- лизации, пожаротушения и (или) систем противодым- ной защиты. В местах (пунктах) подачи сигнала пожарной тревоги
F 11		Звуковой оповещатель пожарной тревоги	В местах нахождения зву- кового оповещателя или совместно со знаком F 10 «Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики»

К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: Р 01 «Запрещается курить», Р 02 «Запрещается пользоваться открытым огнем», Р 04 «Запрещается тушить водой», Р 12 «Запрещается загромождать проходы и (или) складировать»;
- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся вещества», W 02 «Взрывоопасно», W 11 «Пожароопасно. Окислитель»;
- эвакуационные знаки;

Таблица 5.6

Эвакуационные знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 01-01		Выход здесь (левосторонний)	Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с левой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуа- ционному выходу
Е 01-02		Выход здесь (правосторонний)	Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с правой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 02-01		Направляющая стрелка	Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения

Продолжение табл.5.6

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 02-02		Направляющая стрелка под углом 45°	Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения
Е 03		Направление к эвакуационному выходу на- право	На стенах помещений для указаниянаправления движения к эвакуационному выходу
Е 04		Направление к эвакуационному выходу налево	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 05		Направление к эвакуационному выходу направо вверх	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 06		Направление к эвакуационному выходу нале- во вверх	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плос- кости
Е 07		Направление к эвакуационному выходу на- право вниз	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 08		Направление к эвакуационному выходу налево вниз	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 09		Указатель двери эвакуа- ционного выхода	Над дверями эвакуацион- ных выходов

Продолжение табл. 5.6.

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 10		Указатель двери эвакуационного выхода (левосторонний)	Над дверями эвакуационных выходов
Е 11		Направление к эвакуационному выходу прямо	Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или под- вешивается к потолку
Е 12		Направление к эвакуационному выходу прямо	Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или подвешивается к потолку
Е 13		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
Е 14		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
Е 15		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
Е 16		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
Е 17		Для доступа вскрыть здесь	На дверях, стенах помеще- ний и в других местах, где для доступа в помещение или выхода необходимо вскрыть определенную кон- струкцию, например раз- бить стеклянную панель

Продолжение табл. 5.6.

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 18		Открывать движением от себя	На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей
Е 19		Открывать движением на себя	На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей
Е 20		Для открывания сдви- нуть	На дверях помещений для обозначения действий по открыванию сдвижных две- рей
Е 21		Пункт (место) сбора	На дверях, стенах помеще- ний и в других местах для обозначения заранее преду- смотренных пунктов (мест) сбора людей в случае воз- никновения пожара, аварии или другой чрезвычайной ситуации
Е 22		Указатель выхода	Над дверями эвакуацион- ного выхода или в составе комбинированных знаков безопасности для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 23		Указатель запасного выхода	Над дверями запасного выхода

Эвакуационные знаки следует устанавливать в положениях, соответствующих направлению движения к эвакуационному выходу.

Изображение графического символа фигуры человека в дверном проеме на эвакуационных знаках Е 01-01 и Е 01-02 смыслового значения

«Выход здесь» должно совпадать с направлением движения к эвакуационному выходу».

Таблица 5.7

Знаки медицинского и санитарного назначения

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установ- ки) и рекомендации по при-менению
ЕС 01		Аптечка первой медицинской помощи	На стенах, дверях помещений для обозначения мест размещения аптечек первой медицинской помощи
ЕС 02		Средства выноса (эвакуации) пораженных	На дверях и стенах помещений в местах размеще- ния средств выноса (эва- куации) пораженных
ЕС 03		Пункт приема гигиенических процедур (душевые)	На дверях и стенах помещений в местах расположения душевых и т. п.
ЕС 04		Пункт обработки глаз	На дверях и стенах поме- щений в местах располо- жения пункта обработки глаз
ЕС 05		Медицинский кабинет	На дверях медицинских кабинетов
ЕС 06		Телефон связи с медицинским пунктом (скорой медицинской помощью)	В местах установки телефонов

Таблица 5.8.

Указательные знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по при- менению
D 01		Пункт(место) приема пищи	На дверях комнат приема пищи, буфетах, столовых, бытовых помещениях и в других местах, где разре- шается прием пиши
D 02		Питьевая вода	На дверях бытовых помещений и в местах распо- ложения кранов с водой, пригодной для питья и бы- товых нужд (туалеты, душевые, пункты приема пищи и т. д.)
D 03		Место курения	Используется для обозначения места курения на общественных объектах

Порядок выполнения работы

1. Изучить выдержку из ГОСТ Р 12.4.026–01.

2. Проверить усвоение материала, ответив на контрольные вопросы:

В какой цвет окрашено поле предупреждающего знака?

Какой размер имеет сторона треугольника предупреждающего знака № 4, наносимого на тару и оборудование?

Какой цвет имеет символическое изображение на запрещающем знаке?

Какую форму имеет предписывающий знак?

Какую форму имеет запрещающий знак?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 45 м. Какой размер должен иметь внешний диаметр круга запрещающего знака, мм?

Какой цвет имеют символические изображения или поясняю- щие надписи, наносимые на указательные знаки?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 60 м. Какие размеры

(стороны прямоугольника) должен иметь указательный знак, мм?

Какой цвет имеет квадрат, помещенный внутри указательного знака?

Какой размер имеет внешний диаметр круга запрещающего знака № 5, наносимого на производственное оборудование и тару?

3. Составить отчет. Отчет должен включать:

- цель практической работы;
- ответы на вопросы задания;
- зарисовку формы знаков (запрещающего, предупреждающего, предписывающего, указательного) с указанием цвета поля, символов, надпи- сей.

4. Показать отчет преподавателю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 12.4.026–01. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение, правила применения. Общие технические требования и реко- мендации. Методы испытания [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-поисковой системы «Техэксперт».

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Цель задания - ознакомиться с понятием и причинами возникновения несчастных случаев, порядком их расследования и учет на производстве, также с методами анализа травматизма.

Порядок выполнения задания:

а) изучить и законспектировать общие сведения по пункту 1;

б) изучить методы анализа и рассчитать по вариантам показатели травматизма по пункту 2 (см контр. вопросы к пунктам 1 и 2);

в)изучить «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях» и законспектировать ответы на контрольные вопросы к пункту 3.

Общие сведения о несчастных случаях.

Несчастным случаем на производстве называют случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работы [1].

Повреждение здоровья в результате несчастного случая называют **травмой**. Травма, полученная работающим на производстве, называется **производственной**.

Опасным называют производственный фактор, воздействие которого при определенных условиях на работающего приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

Вредным называют производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеваниям или снижению его трудоспособности. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) по природе

действия подразделяют на 4 группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Производственные травмы в зависимости от характера воздействующих факторов подразделяются на:

а) механические повреждения (ушибы, ранения, вывихи, переломы, сотрясения мозга);

б) поражение электрическим током (электроудар, электротравма);

в) термические повреждения (ожоги пламенем, нагретыми частями оборудования, горячей водой и пр.);

г) химические повреждения (ожоги, острые отравления);

д) комбинированные повреждения (сочетание нескольких опасных факторов).

Производственные травмы по тяжести подразделяются на 6 категорий:

- микротравма (после оказания помощи можно продолжать работу).
- легкая травма (потеря трудоспособности на 1 или несколько дней).
- травма средней тяжести (многодневная потеря трудоспособности);
- тяжелая травма (когда требуется длительное лечение);
- травма, приводящая к инвалидности (частичная или полная утрата трудоспособно-сти);
- смертельная травма.

Причины возникновения производственных травм:

- организационные (нарушение технологического процесса и требований техники безопасности (ТБ), неправильная организация рабочего места и режима труда);
- технические (техническое несовершенство оборудования, неисправность механизмов, отсутствие или не использование защитных средств);
- санитарно-гигиенические (несоответствие условий труда требованиям КЗоТ, системе стандартов по безопасности труда (ССБТ), санитарным нормам(СН), строительным нормам и правилам (СНиП) и др.

- психофизиологические (неудовлетворительное состояние здоровья, переутомление, стресс, опьянение и др.).

Методы анализа показателей травматизма

Разработке мероприятий по улучшению условий труда предшествует необходимый этап - исследование и анализ причин травматизма. Для анализа состояния производственного травматизма применяют методы: статистический, экономический, монографический и топографический.

Статистический метод позволяет количественно оценить повторяемость несчастных случаев по ряду относительных коэффициентов. В результате сравнения полученных коэффициентов за отчетный период с предшествующим периодом можно оценить эффективность профилактических мер. Обычно при этом методе анализа несчастные случаи группируются по однородным признакам: профессиям, видам работ, возрасту, стажу работ, причинам, вызвавшим травму. Простота и наглядность являются несомненным достоинством этого метода. Однако у него есть и недостаток - он не выявляет опасные произ-водственные факторы. Среди основных показателей травматизма, используемых при статистическом методе анализа, являются:

а) коэффициент частоты травматизма - число пострадавших при несчастных случаях за отчетный период на 1ООО работающих, определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = T_x \cdot \frac{1000}{P_C},$$

где Кч - коэффициент частоты травматизма; Т - число учтенных травм с потерей трудоспособности; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период.

б) коэффициент тяжести травматизма - число человеко-дней нетрудоспособно-сти, которое приходится на один несчастный случай и определяется по формуле:

$$\text{К}_\text{Т} = \frac{\text{Д}}{\text{Т}},$$

где Кт - коэффициент тяжести травматизма; Д - общее количество дней

нетрудоспособности за отчетный период; Т - количество учтенных травм.

в) коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев

- показывает через сколько рабочих дней в среднем повторяются несчастные случаи и оп-ределяется по формуле:

$$В = 22{,}5 \cdot \frac{12}{Т},$$

где В - календарная повторяемость несчастных случаев; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

г) коэффициент средней повторяемости - показывает на сколько человекодней приходится один несчастный случай, определяется по формуле:

$$B_{ср} = 22{,}5 \cdot 12 \cdot \frac{P_c}{T},$$

где Вср - коэффициент средней повторяемости несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

д) коэффициент опасности работ - характеризуется тяжестью и частотой несчастных случаев, определяется по формуле:

$$О_р = К_Т \cdot Т_х \cdot \frac{100}{Р_с \cdot М \cdot 22{,}5},$$

где Ор - коэффициент опасности работ; Кт - коэффициент тяжести травматизма ; Т - количество учтенных несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих; М - число месяцев в отчетном периоде.

Таблица 5.0

Исходные данные для расчета показателей травматизма

Показатели	Варианты									
										0
Отчетный период, мес. (М)				2				2		

Число несчастных случаев (Т)				0				1		
Число дней нетрудоспособности (Д)	80	00	80	20	00	50	70	20	60	00
Среднесписочное числоработающих (Рс)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Экономический метод анализа производственного травматизма позволяет оценить эффективность финансовых затрат на профилактику травматизма с расходами на органи-зационные и технические мероприятия. Для более полной и глубокой характеристики травматизма экономический метод часто используют в сочетании с монографическим методом.

Монографический метод анализа травматизма состоит в углубленном и всестороннем изучении отдельного производства, цеха или участка. Он включает описание технологического процесса, оборудования и особенностей технологического регламента, описание опасных зон на рабочих местах, также санитарно-гигиенические условия труда. При этом обращается внимание на наличие защитных приспособлений, ограждений и травмоопасных ситуаций

Монографический метод анализа травматизма характеризуется полнотой, но трудоемок. Этот метод позволяет выявить потенциальную опасность не только в действующих производствах, но и на этапе проектирования, тем самым исключить причины травматизма.

Топографический метод анализа травматизма проводится по месту происшествия. При этом все несчастные случаи условными знаками наносятся на план производственного участка или схему механизма в тех местах, где они произошли. В результате этого выявляются опасные зоны, требующие соответствующих защитных мер и особого внимания.

Контрольные вопросы к пунктам 1 и 2

1. Что такое несчастный случай?

2. Что такое опасный производственный фактор?

3. Что такое вредный производственный фактор?

4. На какие группы подразделяются опасные и вредные производственные факторы?

5. Какие различают разновидности производственных травм?

6. Какие выделяют категории производственных травм?

7. Каковы основные причины возникновения производственных травм?

8. Какие существуют методы анализа производственного травматизма ?

9. В чем заключается статистический метод анализа производственного травматизма?

10. Как определяется коэффициент частоты травматизма?

11. Как определяется коэффициент тяжести травматизма?

12. Как определяется коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев?

13. Как определяется коэффициент средней повторяемости несчастных случаев?

14. Как определяется коэффициент опасности работ?

15. В чем заключается экономический метод анализа производственного травматизма?

16. В чем заключается монографический метод анализа производственного травматизма?

17. В чем заключается топографический метод анализа производственного травматизма?

Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях

Расследование и учет несчастных случаев на производстве проводят в соответствии с “Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях”, утвержденного

Постановлением Министерства труда и социального раз-вития Российской Федерации от 24 октября 2002г. №73, а также статьями 227-231 Трудового кодекса РФ (ТК РФ).

Несчастный случай на производстве - это случай, происшедший с работающим вследствие воздействия опасного производственного фактора (для застрахованного – это страховой случай).

Несчастные случаи в зависимости от причин, места и времени происшествия делятся на две группы: несчастные случаи, связанные с работой и несчастные случаи, не связанные с работой (бытовые травмы).

Несчастные случаи, не связанные с производством, но происшедшие на производстве - это несчастные случаи, происшедшие при изготовлении предметов в личных целях, самовольном использовании транспорта предприятия, участии в спортивных мероприятиях на территории предприятия, при хищении имущества предприятия.

Бытовые несчастные случаи - это несчастные случаи, происшедшие в быту (дома) или при нахождении на предприятии вне рабочего времени.

Расследование несчастных случаев на производстве выполняется в соответствии с Трудовым кодексом РФ и «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях», утверждённым постановлением Минтруда России № 73 от 24 октября 2002 года. Этим же постановлением утверждены формы документов, необходимых для расследования и учёта несчастных случаев на производстве.

Расследование несчастного случая может быть достаточно сложным процессом, поскольку интересы пострадавшего и работодателя часто не совпадают.

Действие нормативных актов по расследованию и учёту несчастных случаев на производстве распространяется на:

- работодателей - физических лиц, вступивших в трудовые отношения с работниками;
- уполномоченных работодателем лиц (представители работодателя);

- физических лиц, осуществляющих руководство организацией (руководители организации);
- физических лиц, состоящих в трудовых отношениях с работодателем;
- других лиц, участвующих с ведома работодателя в его производственной деятельности своим личным трудом, правоотношения которых не предполагают заключения трудовых договоров.

Расследованию подлежат травмы, в том числе причиненные другими лицами, включая:

- тепловой удар, ожог, обморожение;
- утопление; поражение электрическим током или молнией;
- укусы, нанесенные животными и насекомыми;
- повреждения, полученные в результате взрывов, аварий и т.п.

Расследованию и учёту подлежат несчастные случаи происшедшие:

- при исполнении трудовых обязанностей, в том числе во время коман-дировки, при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- на территории организации, в течение рабочего времени, в том числе во время следования на работу и с работы, а также в течение вре-мени, необходимого для приведения в порядок рабочего места;
- при следовании на работу или с работы на транспортном средстве работодателя, а также на личном транспортном средстве при использовании его в производственных целях;
- во время служебных поездок на общественном транспорте, а также при следовании по заданию работодателя к месту выполнения работ и обратно, в том числе пешком;
- при следовании к месту служебной командировки и обратно;
- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха;
- во время междусменного отдыха при работе вахтовым методом;
- при привлечении к участию в ликвидации последствий

чрезвычайных ситуаций.

Работники организации обязаны незамедлительно извещать руководство о каждом происшедшем несчастном случае, об ухудшении состояния своего здоровья в связи с проявлениями признаков острого заболевания.

О каждом страховом случае работодатель в течение суток обязан сообщить страховщику (фонд социального страхования).

О групповом несчастном случае (пострадало два и более человек), тяжёлом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом, работодатель в течение суток обязан направить извещение соответственно:

1) о несчастном случае, происшедшем в организации:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в организацию, направившую работника, с которым произошел несчастный случай;
- в территориальные объединения организаций профсоюзов;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации (объекте), подконтрольной этому органу;
- страховщику.

2) о несчастном случае, происшедшем у работодателя - физического лица:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту нахождения работодателя - физического лица;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в территориальный орган государственного надзора, если

несчастный случай произошел на объекте, подконтрольном этому органу;

- страховщику.

О групповых несчастных случаях, тяжелых несчастных случаях и несчастных случаях со смертельным исходом также информируется Федеральная инспекция труда Минтруда России.

Если указанные несчастные случаи, произошли в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, то соответствующим образом информируются специально уполномоченные органы государственного надзора.

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее трех человек. Во всех случаях состав комиссии должен состоять из нечетного числа членов.

В состав комиссии включаются специалист по охране труда организации, представители работодателя, представители профсоюзного органа (коллектива), уполномоченный (доверенный) по охране труда. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченный им представитель. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

В расследовании несчастного случая на производстве у работодателя - физического лица принимают участие указанный работодатель или уполномоченный его представитель, доверенное лицо пострадавшего, специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Несчастный случай на производстве, происшедший с лицом, направленным для выполнения работ к другому работодателю, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав данной комиссии входит уполномоченный представитель работодателя, направившего это лицо.

Несчастные случаи, происшедшие на территории организации с работниками сторонних организаций при исполнении ими задания направившего их работодателя, расследуются комиссией, формируемой этим работодателем.

Несчастные случаи, происшедшие с работниками при выполнении работы по совместительству, расследуются комиссией, формируемой работодателем, у которого фактически производилась работа по совместительству.

Расследование несчастных случаев со студентами, проходящими произ-водственную практику (выполняющими работу под руководством работодателя), проводится комиссиями, формируемыми и возглавляемыми этим работодателем. В состав комиссии включаются представители образовательного учреждения.

Для расследования группового несчастного случая, тяжёлого несчастного случая и несчастного случая со смертельным исходом в комиссию дополнительно включаются:

- государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения профсоюзов. Возглавляет комиссию государственный инспектор труда;
- по требованию пострадавшего (или его родственников) в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо;
- в случае острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, в состав комиссии включается также представитель территориального центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- при несчастном случае, происшедшем в организациях на объектах, подконтрольных территориальным органам Федерального горного и промышленного надзора России, состав комиссии утверждается руководителем

соответствующего территориального органа и возглавляет комиссию представитель этого органа;

- при групповом несчастном случае с числом погибших 5 и более человек в состав комиссии включаются также представители Федеральной инспекции труда, федерального органа исполнительной власти по ведомственной принадлежности и общероссийского объединения профсоюзов. Председателем комиссии является главный государственный инспектор труда по субъекту Российской Федерации, а на объектах, подконтрольных территориальному органу Федерального горного и промышленного надзора России, - руководитель этого территориального органа.

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством России.

Расследование несчастных случаев (в том числе групповых), в результате которых пострадавшие получили повреждения, отнесенные в соответствии с установленными квалифицирующими признаками к категории легких, проводится в течение трех дней.

Расследование иных несчастных случаев проводится в течение 15 дней. В некоторых случаях председатель комиссии может продлить срок расследования, но не более чем на 15 дней. Несчастные случаи, о которых не было своевременно сообщено работодателю или в результате которых нетрудоспособность наступила не сразу, расследуются по заявлению пострадавшего в течение месяца.

Тяжелые несчастные случаи и несчастные случаи со смертельным исходом, происшедшие с лицами, выполнявшими работу на основе договора гражданско-правового характера, расследуются в установленном порядке государственными инспекторами труда на основании заявления пострадавшего (доверенного лица, членов его семьи).

В ходе расследования несчастного случая комиссия производит осмотр места происшествия, выявляет и опрашивает очевидцев несчастного случая и должностных лиц, знакомится с действующими в организации нормативными и

распорядительными документами, по возможности получает объяснения от пострадавшего.

Расследуются в установленном порядке и по решению комиссии могут квалифицироваться как не связанные с производством:

- смерть вследствие общего заболевания или самоубийства;
- смерть или иное повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) работника;
- несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий, квалифицированных правоохранительными органами как уголовное правонарушение.

При поступлении жалобы пострадавшего, выявлении сокрытого несчастного случая, установления нарушений порядка расследования и в некоторых иных случаях, государственный инспектор труда, независимо от срока давности несчастного случая, проводит дополнительное расследование.

Несчастные случаи, квалифицированные, как несчастные случаи на производстве, подлежат оформлению актом о несчастном случае на производстве по форме Н-1*.

Акт формы Н-1 составляется комиссией в двух экземплярах. При несчастном случае на производстве с застрахованным работником составляется дополнительный экземпляр акта формы Н-1.

При групповом несчастном случае на производстве акты формы Н-1 составляются на каждого пострадавшего отдельно.

В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного работника, содействовавшей возникновению или увеличению размера вреда, причиненного его здоровью, в акте расследования указывается степень его вины в процентах, с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа данной организации (не более 25%).

По результатам расследования каждого группового несчастного случая,

тяжелого несчастного случая или несчастного случая со смертельным исхо-дом составляется соответствующий акт в двух экземплярах.

Работодатель в трехдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве обязан выдать пострадавшему один экземпляр утвержденного им и заверенного печатью акта формы Н-1. Вторые экземпляры акта с копиями материалов расследования хранятся в течение 45 лет работодателем.

При страховых случаях третий экземпляр утвержденного и заверенного печатью акта формы Н-1 работодатель направляет страховщику.

Каждый оформленный в установленном порядке несчастный случай на производстве регистрируются работодателем в журнале регистрации несчастных случаев на производстве и включаются в годовую форму федерального государственного статистического наблюдения за травматизмом на производстве.

В случае ликвидации организации или прекращения работодателем - физическим лицом предпринимательской деятельности оригиналы актов о расследовании несчастных случаев на производстве подлежат передаче на хранение правопреемнику, а при его отсутствии - соответствующему государственному органу.

Государственный надзор и контроль за соблюдением установленного порядка расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве осуществляется органами Федеральной инспекции труда.

Контрольные вопросы к пункту 3

1. Какие несчастные случаи считаются связанными с производством и подлежат расследованию и учету?
2. На кого распространяется действие Положения о порядке расследования и учета несчастных случаев?
3. Как должен действовать работодатель при возникновении несчастного случая на предприятии?
4. Что необходимо сделать сразу же после свершения несчастного

случая на произ-водстве?

5. Куда должен сообщить работодатель и в какие сроки о групповом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом?

6. Кто несет ответственность за организацию и своевременное расследование и уче-та несчастных случаев?

7. Кто входит в комиссию по расследованию несчастных случаев, каковы ее обязанности?

8. В какие сроки должно быть проведено расследование несчастного случая?

9. Какие несчастные случаи квалифицируются как не связанные с производством?

10. Что делают при установлении грубой неосторожности пострадавшего?

11. В какие сроки и комиссией какого состава расследуются групповые несчастные случаи или со смертельным исходом?

12. Какие условия должен обеспечить работодатель для работы комиссии, проводя-щей расследование несчастного случая?

13. Каким документом оформляются несчастные случаи на производстве?

14. Какой организацией учитывается акт о несчастном случае?

15. В какие сроки и куда должны быть отправлены материалы расследования групповых несчастных случаев?

16. Какие организации и должностные лица разбирают разногласия при оформлении актов по форме Н - 1 ?

17. Каковы полномочия государственного инспектора по охране труда в случае нарушения порядка расследования несчастного случая?

Форма Н-1

Один экземпляр направляется
пострадавшему или его
доверенному лицу

УТВЕРЖДАЮ

_____
(подпись, фамилия, инициалы
работодателя
(его представителя))
"__" _____ 200_ г.

Печать

АКТ N ____
О НЕСЧАСТНОМ СЛУЧАЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

1. Дата и время несчастного случая _____
_____
(число, месяц, год и время происшествия
несчастного случая,
_____
количество полных часов от начала работы)
2. Организация (работодатель), работником которой является
(являлся) пострадавший _____
(наименование, место нахождения,
юридический адрес, ведомственная
и отраслевая
_____
принадлежность (ОКОНХ основного вида деятельности);
фамилия, инициалы работодателя -
_____
физического лица)
Наименование структурного подразделения _____
_____
3. Организация, направившая работника _____
_____
(наименование, место нахождения, юридический адрес,
отраслевая принадлежность)
4. Лица, проводившие расследование несчастного случая:
_____
(фамилия, инициалы, должности и место работы)
_____
5. Сведения о пострадавшем:
фамилия, имя, отчество _____
пол (мужской, женский) _____
дата рождения _____
профессиональный статус _____
профессия (должность) _____
стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай
_____,
(число полных лет и месяцев)
в том числе в данной организации _____
(число полных лет и месяцев)
6. Сведения о проведении инструктажей и обучения по охране труда
Вводный инструктаж _____
(число, месяц, год)
Инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный, внеплановый,

---------- -------
(нужное подчеркнуть)
целевой)

по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год)
Стажировка: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г.
_____
(если не проводилась - указать)
Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г. _____
(если не проводилось - указать)
Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год, N протокола)
7. Краткая характеристика места (объекта), где произошел несчастный случай
_____
(краткое описание места происшествия с указанием опасных и (или) вредных производственных
_____
факторов со ссылкой на сведения, содержащиеся в протоколе осмотра места несчастного случая)
_____
Оборудование, использование которого привело к несчастному случаю
_____
(наименование, тип, марка, год выпуска, организация - изготовитель)
8. Обстоятельства несчастного случая
_____
(краткое изложение обстоятельств, предшествовавших несчастному случаю, описание событий
_____
и действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем, и другие сведения,
_____
установленные в ходе расследования)
_____
_____
_____
8.1. Вид происшествия _____
_____
8.2. Характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья
_____
8.3. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения _____
(нет, да - указать состояние и степень опьянения в соответствии с заключением по
_____
результатам освидетельствования, проведенного в установленном порядке)
8.4. Очевидцы несчастного случая _____
_____
(фамилия, инициалы, постоянное место жительства,

домашний телефон)
9. Причины несчастного случая _____
(указать основную
и сопутствующие причины
_____
несчастного случая со ссылками на нарушенные требования
законодательных и иных
_____
нормативных правовых актов, локальных нормативных актов)
_____
_____
_____
_____
10. Лица, допустившие нарушение требований охраны труда:
_____
(фамилия, инициалы, должность (профессия) с указанием
требований законодательных,
_____
иных нормативных правовых и локальных нормативных актов,
предусматривающих их
_____
ответственность за нарушения, явившиеся причинами
несчастного случая, указанными в п. 9
_____
настоящего акта; при установлении факта грубой
неосторожности пострадавшего указать
_____
степень его вины в процентах)
_____
Организация (работодатель), работниками которой являются данные
лица
_____
(наименование, адрес)
11. Мероприятия по устранению причин несчастного случая, сроки
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Подписи лиц, проводивших
расследование несчастного случая _____
(фамилии, инициалы, дата)
_____

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.О.ОО2 - 8О. Термины и определения.
2. Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях
3. И.М.Чижевский, Г.Б.Куликов, Ю.А.Сидорин. Охран труда в полиграфии. М., 1988.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Цель работы – ознакомиться со средствами защиты органов ды- хания и получить практические навыки их использования.

Теоретические положения

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) предназначены для защиты человека от попадания внутрь организма, на кожные покровы и повседневную одежду радиоактивных веществ (РВ), отравляющих веществ (ОВ) и бактериальных средств (БС).

По принципу применения средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты повседневного применения (промышленные СИЗ);

– средства защиты эпизодического применения (СИЗ для аварийных работ и пострадавших в очагах ЧС).

По объектам защиты средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты органов дыхания;

– средства защиты кожи.

По принципу действия средства индивидуальной защиты делятся:

– на фильтрующие (принцип фильтрации состоит в том, что воздух, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма человека, очищается от вредных примесей при прохождении через средство защиты);

– изолирующие (средства защиты изолирующего типа полностью изолируют организм человека от окружающей среды с помощью материалов, непроницаемых для воздуха и вредных примесей).

По способу подачи воздуха различают средства индивидуальной

защиты делятся:

– с принудительной подачей воздуха;

– самовсасывающие.

По кратности использования средства индивидуальной защиты

- на СИЗ многократного использования;

- СИЗ однократного использования.

По способу изготовления средства индивидуальной защиты делятся:

- на средства, изготовленные промышленностью;

- простейшие средства, изготовленные из подручных материалов. Кроме средств индивидуальной защиты существуют медицинские средства защиты [1].

Средства защиты органов дыхания.

Фильтрующий противогаз.

Фильтрующий противогаз предназначен для защиты органов дыхания, глаз, кожи лица от воздействия ОВ, РВ, БС, (АХОВ), а также различных вредных примесей, присутствующих в воздухе.

В настоящее время имеются фильтрующие гражданские противогазы различной модификации и промышленные противогазы.

Для защиты населения наибольшее распространение получили фильтрующие противогазы: для взрослого населения – ГП-5 (ГП-5М), ГП-7 (ГП-7В); для детей – ПДФ-Ш, ПДФ-Д, ПДФ-2Ш, ПДФ-2Д, КЗД.

Гражданский противогаз (ГП-5). В состав комплекта входят два основных элемента: фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5 и лицевая часть ШМ-62у. Шлем-маска имеет 5 ростов (0, 1, 2, 3, 4). Кроме того, противогаз комплектуется сумкой, наружными утеплительными манжетами (НМУ-1) и коробкой с незапотевающими пленками (рис. 9.1) [2]. У него нет соединительной трубки.



Рис. 7.1 Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-5):

1 – фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5; 2 - коробка с незапотевающими пленками; 3 – лицевая часть ШМ-62у; 4 – сумка

Внутри фильтрующе-поглощающей коробки ГП-5 расположены противоаэрозольный фильтр и шихта. Лицевая часть ШМ-62у представляет собой шлем-маску, изготовленную на основе резины из натурального или синтетического каучука. В шлем-маску вмонтированы очковый узел и клапанная коробка. Клапанная коробка имеет один вдыхательный и два выдыхательных клапана и служит для распределения потоков воздуха. Незапотевающие пленки изготавливаются из целлюлозы и бывают односторонние (НП) и двусторонние (НПН). Они устанавливаются с внутренней стороны стекол противогаза желатиновым покрытием к глазам и фиксируются прижимными кольцами. Желатин равномерно впитывает конденсированную влагу, тем самым сохраняя прозрачность пленки.

Комплект из 6 пленок упакован в металлическую коробку. Утеплительные манжеты используются только зимой при температуре ниже – 10 °С. Манжета надевается на обойму очков с внешней стороны. Пространство между стеклами манжет и очков предохраняет очки шлем- маски от замерзания.

Гражданский противогаз (ГП-5М). В комплект противогаза входит шлем-маска (ШМ-66Му) с мембранной коробкой для переговорного устройства. В лицевой части сделаны сквозные вырезы для ушных раковин, что обеспечивает нормальную слышимость.

Подгонка противогаза начинается с определения требуемого роста лицевой части. Рост лицевой части типа ШМ-62у, ШМ-66Му определяется по величине вертикального обхвата головы путем ее измерения по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляют до 0,5 см. До 63 см берут нулевой рост, от 63,5 до 65,5 см – первый, от 66 до 68 см – второй, от 68,5 до 70,5 см – третий, от 71 см и более – четвертый.

Перед применением противогаз следует проверить на исправность и герметичность. Осматривая лицевую часть, следует определить ее целостность, обратив внимание на стекла очкового узла. После этого нуж- но проверить клапанную коробку, состояние клапанов. Они не должны быть покороблены, засорены или порваны. На фильтрующе-поглощающей коробке не должно быть вмятин, проколов, в горловине – повреждений. Обращается внимание на то, чтобы в коробке не пересыпались зерна поглотителя.

Наиболее совершенными в настоящее время являются противогазы ГП-7 и ГП-7В. Их основными отличиями являются: более совершенная конструкция и форма шлем-маски, обеспечивающая возможность безопасного приема воды, жидких лекарств, других жидкостей в зараженной зоне без снятия маски. Наличие в комплекте фильтрующе-поглощающих коробок обеспечивает защиту от конкретных видов твердых химических веществ (ТХВ), а также увеличенные сроки работоспособности. Ростовка лицевой части предусматривает три размера. Как и другие типы противогазов, они состоят из фильтрующе- поглощающей коробки и лицевой части.

Гражданский противогаз (ГП-7). В комплект противогаза входят фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к, лицевая часть в виде маски МГП, сумка, защитный трикотажный чехол, коробка с незапотевающими пленками, утеплительные манжеты. Его масса в комплекте без сумки – около 900 г (фильтрующе-поглощающая коробка – 250 г, лицевая часть – 600 г).

Фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к по конструкции аналогична коробке ГП-5, но с улучшенными характеристиками, уменьшено ее сопротивление, что облегчает дыхание. Лицевая часть МГП представляет собой маску объемного типа с «независимым» обтюратором, с наголовником (предназначен для закрепления лицевой части) в виде резиновой пластины с пятью лямками (лобная, две височные, две щечные), с очковым узлом, переговорным устройством (мембраной), узлами клапана вдоха и выдоха, прижимными кольцами для закрепления незапотевающих пленок (рис. 9.2) [2]. «Независимый» обтюратор представляет собой полосу тонкой резины и служит для создания надежной герметизации лицевой части на голове. При этом механическое воздействие лицевой части на голову очень незначительно. На каждой лямке с интервалом в 1 см нанесены упоры ступенчатого типа, которые предназначены для надежного закрепления их в пряжках. У каждого упора имеется цифра, указывающая его порядковый номер. Это позволяет точно фиксировать нужное положение лямок при подгонке маски. Нумерация цифр идет от свободного конца лямки к затылочной пластине. Гидрофобный трикотажный чехол надевается на фильтрующе-поглощающую коробку и предохраняет ее от заражения, снега, пыли и влаги.

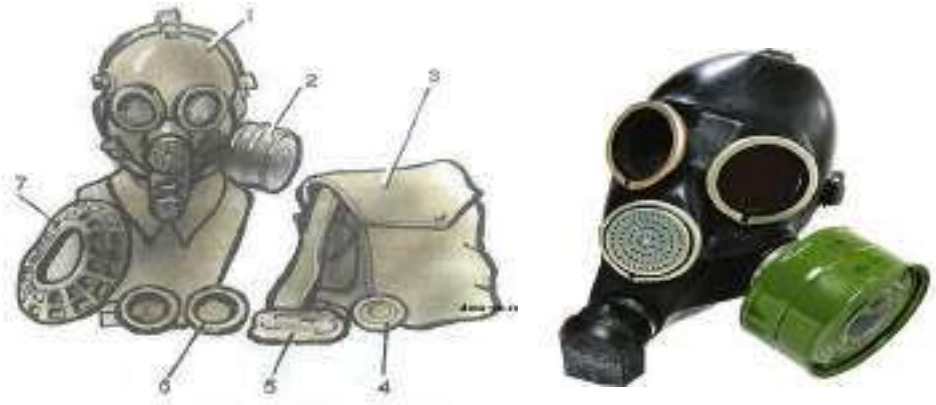


Рис. 7.2. Противогаз ГП-7:

1 – лицевая часть; *2* – фильтрующе-поглощающая коробка; *3* – сумка; *4* – коробка с незапотевающими пленками; *5* – трикотажный чехол; *6* – утеплительные манжеты

Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ) – это одна из самых последних и совершенных моделей противогазов для населения. В реальных условиях он обеспечивают высокую защиту от паров отравляющих веществ нервнопаралитического действия (типа зарин, зоман и др.), общеядовитого действия (хлорциан, синильная кислота и др.), радиоактивных веществ (радионуклидов йода и его органических соедине- ний (типа йодистый метил и др.)); от капель отравляющих веществ кожно- нарывного действия (иприт и др.), бактериальных, аварийных химически опасных веществ (АХОВ). ГП-7 имеет малое сопротивление дыханию, обеспечивает надежную герметизацию и небольшое давление лицевой час- ти на голову. Благодаря этому им могут пользоваться люди старше 60 лет и больные с легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основа- нии результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы.

Правила определения размера противогаза.

Для определения размера противогаза нужно знать горизонталь- ный и вертикальный обхват головы. Горизонтальный обхват измеряется по замкнутой линии, которая проходит спереди по надбровным дугам, сбоку чуть выше (на 2–3 см) ушной раковины и сзади по наиболее выступающей части головы. А вертикальный обхват можно определить посредством из- мерения длины вертикальной линии, проходящей через подбородок, щеки и макушку. Полученные измерения следует округлить так, чтобы послед- няя цифра была 0 или 5. Затем нужно сложить оба результата и посмот- реть, какой размер противогаза вам нужен [3]:

- менее 1190 мм – первый размер;
- от 1195 до 1210 мм – второй размер;
- от 1215 до 1235 мм – третий размер;
- от 1240 до 1260 мм – четвертый размер;
- от 1265 до 1285 мм – пятый размер;

- от 1290 до 1310 мм – шестой размер.

Надевается противогаз после сигнала «Химическая тревога» по команде «Газы», либо по своей инициативе. Вынув противогаз из специальной сумки, следует взять шлем-маску за его нижнюю часть так, чтобы большие пальцы рук находились снаружи, а остальные были внутри. Далее нужно приложить нижнюю часть шлема-маски под подбородок и натянуть его на голову резким движением рук вверх.

Учитывая то, что операции, которые описаны выше, придется проводить вслепую, нужно достаточно долго тренироваться. Хотя все зависит от человека и степени его обучаемости. Хорошо попрактиковавшись, можно приблизиться к армейским нормативам на надевание противогаза – около 7–10 с. Наличие у противогаза переговорного устройства (мембра- ны) обеспечивает четкое понимание передаваемой речи, значительно облегчает пользование средствами связи (телефон, радио).

Гражданские противогазы ГП-7В, ГП-7ВМ, УЗС-ВК, КЗД-6, фильтр ДОТ, фильтр ВК, ДПГ-3 (рис. 7.3). ГП-7В отличается от ГП-7 тем, что в нем лицевая часть МГП-В имеет устройство для приема воды, пред- ставляющее собой резиновую трубку с мундштуком и ниппелем.

ГП-7ВМ отличается от ГП-7В тем, что маска М-80 имеет очковый узел в виде трапециевидных изогнутых стекол, обеспечивающих возможность работы с оптическими приборами.

Гражданский фильтрующий противогаз ГП-7 обеспечивает защиту органов дыхания, глаз и кожи лица человека от вредных веществ и приме- сей, находящихся в воздухе. Это проверенная временем и надежная модель противогаза для гражданского населения.






а *б* *в* *г*







д *е* *ж*

Рис. 7.3. Гражданские противогазы:

а – ГП-7(В, ВМ); *б* – УЗС-ВК; *в* – ПДФ-2; г – КЗД-6; *д* – фильтр ДОТ; *е* – фильтр ВК; *ж* – ДПГ-3;

Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основании результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы. Горизонтальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей спереди по надбровным дугам, сбоку на 2–3 см выше края ушной раковины и сзади через наиболее выступающую точку головы. Вертикальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляются с точностью до 5 мм. По сумме двух измерений устанавливают нужный типоразмер (табл. 7.0). [4].

Правильно подобранная шлем-маска (маска) должна плотно прилегать к лицу и исключать возможность проникновения наружного воздуха в органы дыхания, минуя фильтрующе-поглощающую коробку.

Таблица 7.0

Типоразмеры противогазов

Рост лицевой части		1		2		3		
Положение упоров лямок	ГП-7, ГП-7В	4-8-8	3-7-8	3-7-8	3-6-7	3-6-7	3-5-6	3-4-5
	ГП-7ВМ	4-8-6	3-7-6	3-7-6	3-6-5	3-6-5	3-5-4	3-4-3
Сумма горизонтального и вертикального обхвата головы		До 1185	1190–1210	121–1235	1240–1260	1265–1285	1290–1310	1310 и более

*Примечание. П*оложение лямок наголовника устанавливают при подгонке противогаза.

Противогаз УЗС-ВК – аварийно-спасательное средство многоразового действия, применяется для защиты органов дыхания человека от вредных веществ, может использоваться во всех климатических зонах.

Противогаз ПДФ-2 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и лица детей (старше 1,5 года) от отравляющих веществ (ОВ), опасных биологических веществ (ОБВ), радиоактивной пыли (РП).

Камера защитная детская (КЗД-6) предназначена для защиты детей в возрасте до 1,5 года от отравляющих веществ, радиоактивной пыли и бактериальных средств. Детская защитная камера похожа на обычную сумку, поэтому переносить ребенка в ней очень удобно.

Дополнительный патрон (ДПГ-3) предназначен для использования в комплекте с ГП-7, ГП-7В и детскими противогазами, для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека от сильнодействующих ядовитых веществ: аммиака, диметиламина, нитробензола.

Фильтр ДОТ соответствует новым ГОСТам, гармонизированным с европейскими стандартами EN141, EN143. Он значительно эффективнее по сравнению с противогазовыми коробками, выпускаемыми по старым ГОСТа, за счет уникальных поглотителей от отравляющих веществ, опас- ных биологических веществ, радиоактивной пыли, сильнодействующих ядовитых веществ.

Фильтр ВК предназначен для очистки вдыхаемого воздуха от органических газов и паров с температурой кипения выше 65 ^{o}C (циклогек- сан, бензол, ксилол, толуол, бензин, керосин, галоидоорганические соеди- нения (хлорпикрин, хлорацетофенон и т. п.), нитросоединения бензола).

Промышленные противогазы. Существует несколько марок промышленных фильтрующих противогазов, которые являются индивидуальным средством защиты органов дыхания и зрения рабочих различных отраслей промышленности, сельского хозяйства от воздействия

вредных веществ (газы, пары, пыль, дым и туман), присутствующих в воздухе.

Запрещается применять промышленные противогазы при недостатке кислорода в воздухе (менее 18 %), например при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях.

Не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низкокипящих жидкостей, плохо сорбирующихся органических веществ, например метана, этилена, ацетилена. Не рекомендуется работать в таких противогазах, если состав газов и паров вредных веществ неизвестен (Рис. 7.4).



ППФМ-92 ПФМГ-96 ПФСГ-98 ППФ-95

Рис. 7.4. Промышленные противогазы

Противогазы ППФМ-92, ПФМГ-96, ПФСГ-98 предназначены для защиты органов дыхания, глаз и лица человека от вредных газо- и парооб- разных веществ и аэрозолей, присутствующих в воздухе рабочей зоны. ППФ-95 предназначены для защиты органов дыхания, зрения и лица рабо- чих различных отраслей промышленности и сельского хозяйства от воз- действия вредных газов, паров, пыли, дыма и тумана, присутствующих в воздухе. Фильтрующие противогазы надежны в атмосфере, содержащей не менее 18 % кислорода.

Промышленный противогаз состоит из снаряженной коробки, лицевой части (шлем-маски) с соединительной трубкой и сумки. Фильтрующая коробка служит для очистки воздуха, вдыхаемого человеком, от ядовитых веществ и вредных примесей. В зависимости от состава этих примесей она может содержать один или несколько специальных поглотителей или сочетание поглотителя с аэрозольным фильтром. При этом коробки строго специализированы по составу поглотителей, а поэтому отличаются друг от

друга окраской и маркировкой. Шлем-маски промышленных противогазов изготавливаются пяти ростов – 0, 1, 2, 3, 4. Чтобы подобрать шлем-маску, надо мягкой сантиметровой линейкой произвести два измерения головы. Вначале определить длину круговой линии, проходящей по подбородку, щекам и через высшую точку головы (макушку). Затем измерить длину полуокружности, проходящей от отверстия одного уха к отверстию другого по лбу через надбровные дуги. Результаты двух обмеров суммируют и находят требуемый рост шлем-маски.

При сумме до 93 см размер нулевой, от 93 до 95 см – первый, от 95 до 99 см – второй, от 99 до 103 см – третий, от 103 и выше – четвертый [4].

Противогазы комплектуют коробками двух размеров (большая и малая) и трех типов: без аэрозольного фильтра, с аэрозольным фильтром (на коробке белая вертикальная полоса), без аэрозольного фильтра с уменьшенным сопротивлением дыханию (имеет индекс 8 в маркировке). В зависимости от вида вредного вещества выпускают коробки следующих марок: А, В, Г, Е, КД, СО, М (табл. 9.2) [5].

Коробки марок А, В, Г, Е, КД изготавливаются как с аэрозольными фильтрами, так и без них; коробка БКФ – только с аэрозольными фильтрами; коробки СО и М – без аэрозольных фильтров. Белая вертикальная полоса на коробке означает, что она оснащена аэрозольным фильтром.

Таблица 7.1

Характеристика промышленных противогазов

Марка противогаза	Маркировка и окраска	Соединения, от которых защищают ПП
А	Коричневая	Пары органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, галоидоорганические соединения, нитросоединения бензола и его гомологи, тетроэтилсвинец, фосфор- и хлорорганические ядохимикаты)

Продолжение табл. 7.1

Марка противогаза	Маркировка и окраска	Соединения, от которых защищают ПП
В	Желтая	Кислые газы и пары (диоксида серы, гидрид серы, хлор, циан гидрида, окислы азота, хлориды водорода, фосген), фосфор- и хлорорганические ядохимикаты
Г	Черно-желтая	Пары ртути и ртутьорганическе ядохимикаты на основе этилмеркурхлорида
Е	Черная	Гидрид мышьяка и гидрид фосфора
К	Зеленая	Аммиак, а также пыль, дым, туман
КД	Серая, с бе- лой поло- сой	Аммиак и сероводород
БКФ	Защитная, с белой полосой	Кислые газы и пары, пары органических веществ, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пыль, дым, туман
СО	Белая	Оксид углерода
М	Красная	Оксид углерода в присутствии паров органических ве- ществ, кислые газы, аммиак, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пары органических соединений (бензин, керо- син, ацетон, бензол, ксилол, сероуглерод, толуол, спирты, эфиры, анилин, соединения бензола и его гомологи)
П-2У	Красная с белой поло- сой	Пары карбонилов никеля и железа, оксид углерода и со-путствующие аэрозоли
Б	Синяя	Бороводороды: диборан, пентаборан, этилентаборан, ди-этилдекаборан и их аэрозоли
УМ	Защитная	Пары и аэрозоли гептила, амил, самин, нитромеланж, амидол
ГФ	Голубая	Газообразный гексафторид урана, фтор, фтористый водо- род, радиоактивные аэрозоли

Пользование противогазом. Подобрав шлем-маску, ее обязательно

примеряют. Новую лицевую часть предварительно необходимо протереть снаружи и внутри чистой тряпочкой или тампоном ваты, смоченным в воде, а клапаны выдоха продуть. Шлем-маску, бывшую в употреблении, следует отсоединить от коробки, протереть двухпроцентным раствором формалина или промыть водой с мылом и просушить.

При сборке противогаза шлем-маску берут в левую руку за клапанную коробку, а правой рукой ввинчивают до отказа фильтрующе- поглощающую коробку навинтованной горловиной в патрубок клапанной коробки шлем-маски.

При переводе противогаза в «боевое» положение необходимо:

– снять головной убор и зажать его между коленями или положить рядом;

– убрать волосы со лба и висков, женщинам следует гладко

– зачесать волосы назад, заколки и украшения снять (их попадание под обтюратор приведет к нарушению герметичности);

– вынуть шлем-маску из сумки, взять ее обеими руками за утолщенные края у нижней части так, чтобы большие пальцы рук были с наружной стороны, а остальные – внутри. Подвести шлем-маску к подбородку и резким движением рук вверх и назад натянуть ее на голову так, чтобы не было складок, а очки пришлись против глаз (ГП-5, ГП-5М);

– для правильного надевания ГП-7 надо взять лицевую часть обеими руками за щечные лямки так, чтобы большие пальцы захватывали их изнутри. Задержать дыхание, закрыть глаза. Затем зафиксировать подбородок в нижнем углублении обтюратора и движением рук вверх и назад натянуть наголовник на голову и подтянуть до упора щечные лямки;

– сделать полный выдох (для удаления зараженного воздуха из-под шлем-маски, если он туда попал в момент надевания), открыть глаза и возобновить дыхание;

– надеть головной убор, застегнуть сумку и закрепить ее на туловище.

Дополнительные патроны

В результате развития химической и нефтехимической промышленности

в производстве увеличено применение химических веществ. Многие из них по своим свойствам вредны для здоровья людей. Их называют сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ).

С целью расширения возможностей гражданских противогазов по защите от СДЯВ для них введены дополнительные патроны (ДПГ-1 и ДПГ-3).

ДПГ-1 в комплекте с противогазом защищает от двуокиси азота, метила хлористого, окиси углерода и окиси этилена. ДПГ-3 в комплекте с противогазом защищает от аммиака, хлора, диметиламина, нитробензола, сероводорода, сероуглерода, синильной кислоты, тетраэтилсвинца, фенола, фурфурола, хлористого водорода.

Внутри патрона ДПГ-1 два слоя шихты – специальный поглотитель и гопкалит. В ДПГ-3 только один слой поглотителя. Чтобы защитить шихту от увлажнения при хранении, горловины должны быть постоянно закрытыми: наружная – с навинченным колпачком с прокладкой, внутренняя – с ввернутой заглушкой [6].

Изолирующие противогазы. Изолирующие противогазы (ИП) являются специальными средствами защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от любых вредных примесей, находящихся в воздухе независимо от их свойств и концентраций. Они используются также в тех случаях, когда невозможно применение фильтрующих противогазов, например при наличии в воздухе очень высоких концентраций отравляющих веществ или любой вредной примеси, кислорода менее 16 %, а также при работе под водой на небольшой глубине. Виды противогазов представлены на Рис. 7.5.



ИП-4М ИП-6 ПДА-3М

Рис. 9.5. Изолирующие противогазы

Изолирующие противогазы используют в случае, когда фильтрующие противогазы не обеспечивают должной степени защиты, или когда в воздухе недостаточно кислорода. Источником кислорода в таком противогазе служит патрон, снаряженный специальным веществом. Для нужд населения выпускают ИП-4М, ИП-4МК, ИП-5, ИП-6, ИП-7, ПДА- 3М.

Действие изолирующих противогазов основано на использовании химически связанного кислорода. Они имеют замкнутую маятниковую схему дыхания: выдыхаемый воздух попадает в регенеративный патрон, вещество которое содержится в нем поглощает углекислый газ и влагу, а взамен выделяет необходимый для дыхания кислород. Затем дыхательная смесь попадает в дыхательный мешок. При вдохе газовая смесь из дыхательного мешка снова проходит через регенеративный патрон, дополнительно очищается и поступает для дыхания. Материалы, из которых изготовлены противогазы, не оказывают отрицательного воздействия на организм. Применение незапотевающих пленок, а при отрицательных температурах и утеплительных манжет сохраняет прозрачность стекол в течение всего времени работы в противогазе при любой физической нагрузке. Грантируется высокая эксплуатационная безопасность.

ИП-4М, ИП-4МК используют при авариях, стихийных бедствиях. ИП-5, ИП-6 предназначены для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека в непригодной для дыхания атмосфере независимо от состава и концентрации вредных веществ в воздухе, а также при недостатке или отсутствии кислорода. Портативный дыхательный аппарат (ПДА-3М) предназначен для экстренной защиты органов дыхания, зрения и кожи лица человека в непригодной для дыхания атмосфере при эвакуации из опасной зоны, выполнении аварийных работ, а также в ожидании помощи [5].

По принципу действия изолирующие противогазы делятся на две группы: ИП-5); КИП-8).

- противогазы на основе химически связанного кислорода (ИП-4,

- противогазы на основе сжатого кислорода или воздуха (КИП-7, Исходя из принципа защитного действия, основанного на полной изоляции органов дыхания от окружающей среды, время пребывания в изолирующем противогазе зависит не от физико-химических свойств ОВ,РВ, БС и их концентраций, а от запаса кислорода и характера выполняемой работы.

Противогазы шланговые изолирующие презназначены для защиты органов дыхания, глаз и кожи человека от любых вредных примесей в воздухе независимо от их концентрации, а также для работы в условиях недостатка кислорода в воздухе рабочей зоны. Комплектуются возду- ходводящим шлангом длиной 10 или 20 м на барабане или в сумке.

Респираторы.

Респираторы представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли (рис. 7.6).

Респираторы делятся на два типа. Первый – это респираторы, у которых полумаска и фильтрующий элемент одновременно служат и лицевой частью. Второй – это респираторы, которые очищают вдыхаемый воздух в фильтрующих патронах, присоединяемых к полумаске.



Рис. 7.6. Респираторы:

а – «Кама»; б – «Снежок»; в – У-2к; г – РП-КМ; д – Ф-62Ш; е – «Ас- тра 2»; ж – РПГ-67; з – РУ-6 Ом

Респираторы по назначению делят на следующие виды [5]:

противоаэрозольные – для защиты органов дыхания от пыли, дыма, тумана, содержащих токсичные, бактериальные и другие опасные элементы, за счет пропускания вдыхаемого воздуха через фильтр из специального материала (респираторы «Лепесток», «Кама», «Снежок-П», У-2к, «Астра-2», Ф-62ш, РПА-1 и др.). Для фильтров в таких респираторах ис- пользуют материалы типа ФП (фильтр Петрянова), обладающие высокой эластичностью, механической прочностью, большой пылеемкостью, стой- костью к химическим агрессивным веществам и прекрасными фильтрую- щими свойствами;

противогазовые – для защиты от паров и газов за счет фильтрования вдыхаемого воздуха через фильтрпатроны различных марок, различающихся составом адсорбирующего материала. При этом фильтр-патрон каждой марки защищает от газов только определенного вида (РПГ-67);

универсальные – одновременно защищают от аэрозолей и отдель- ных видов газов и паров. Респираторы имеют противоаэрозольный фильтр и сменные противогазовые патроны разных марок (РУ-60м) или противо- газовые фильтры из ионообменного волокнистого материала («Снежок- ГП», «Лепесток-Г»).

По конструктивному оформлению различают респираторы двух типов:

фильтрующие маски – их фильтрующий элемент одновременно служит лицевой частью;

патронные – самостоятельно выполненные лицевая часть и фильтрующий элемент.

По характеру вентилирования подмасочного пространства респи- раторы делят на бесклапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух прохо- дит через фильтрующий элемент) и клапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух движется по различным каналам благодаря системе клапанов вдоха и выдоха).

В зависимости от срока службы различают респираторы одноразо- вого (типа «Лепесток», «Кама», У-2к и т. п.) и многоразового пользования, в которых предусмотрена возможность замены фильтров или их много- кратная регенерация (Ф-62ш, «Астра-2», РУ-60м и др.).

Респираторы ШБ-1, «Лепесток-5», «Лепесток-40» и «Лепесток-200» одинаковы и представляют собой сплошную легкую полумаску- фильтр из материала ФПП (фильтрующее полотно Петрянова). В нерабо- чем состоянии респиратор имеет вид круга. Каркасность его в рабочем со- стоянии обеспечивают пластмассовая распорка и алюминиевая пластина. Плотное прилегание респиратора к лицу достигается при помощи резино- вого шнура, вшитого в периметр круга, а также благодаря электростатиче- скому заряду материала ФПП, который образует полосу обтюрации. На го- лове респиратор крепят четырьмя шнурами.

Противоаэрозольные респираторы. В качестве фильтров в респираторах используют тонковолокнистые фильтровальные материалы. Наибольшее распространение получили полимерные фильтровальные материалы типа ФП (фильтр Петрянова) благодаря их хорошей эластичности, большой пылеемкости, а главное, высоким фильтрующим свойствам. Важной отличительной особенностью материалов ФП, изготовленных из перхлорвинила и других полимеров, обладающих изоляционными свойствами, является то, что они несут электростатические заряды, которые резко повышают эффективность улавливания аэрозолей и пыли.

Респиратор противопылевый У-2К (в гражданской обороне Р-2) обеспечивает защиту органов дыхания от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, радиоактивной и другой пыли, от некоторых бактериальных средств, дустов и порошкообразных удобрений, не выделяющих токсичные газы и пары. Использовать респиратор целесообразно при кратковременных работах небольшой интенсивности и запыленности воздуха. Не рекомендуется применять, когда в атмосфере сильная влага.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, наружный фильтр которой изготовлен из полиуретанового поропласта зеленого цвета, а внутренняя его часть – из тонкой воздухонепроницаемой полиэтиленовой пленки, в которую вмонтированы два клапана вдоха (рис. 9.7). Клапан выдоха размещен в передней части полумаски и защищен экраном. Между поропластом и полиэтиленовой пленкой расположен второй фильтрующий слой из материала ФП. Для плотного прилегания респиратора к лицу в области переносицы имеется носовой зажим – фигурная алюминиевая пластина. Респиратор крепится при помощи регулируемого оголовья.



Рис. 7.7. Респираторы У-2К (Р-2)

Респираторы У-2К изготавливаются трех ростов, которые обозначаются на внутренней подбородочной части полумаски. Определение роста производится путем измерения высоты лица человека, т. е. расстояния между точкой наибольшего углубления переносицы и самой нижней точкой подбородка. При величине измерения от 99 до 109 мм берут первый рост, от 109 до 119 мм – второй, от 119 и выше – третий.

Принцип действия респиратора основан на том, что при вдохе воздух последовательно проходит через фильтрующий полиуретановый слой маски, где очищается от грубодисперсной пыли, а затем через фильтрующий полимерный материал (ФП), в котором происходит очистка воздуха от тонкодисперсной пыли. После очистки вдыхаемый воздух через клапаны вдоха попадает в подмасочное пространство и в органы дыхания.

При выдохе воздух из подмасочного пространства выходит через клапан выдоха наружу.

Чтобы подогнать респиратор У-2К (Р-2), нужно:

- вынуть его из полиэтиленового мешочка и проверить его исправность, надеть полумаску на лицо так, чтобы подбородок и нос разместились внутри нее, одна нерастягивающаяся тесьма оголовья располагалась бы на теменной части головы, а другая – на затылочной;
- с помощью пряжек, имеющихся на тесемках, отрегулировать их длину (для чего следует снять полумаску) таким образом, чтобы надетая полумаска плотно прилегала к лицу;
- на подогнанной надетой полумаске прижать концы носового зажима к носу.

Для проверки плотности прилегания респиратора к лицу необходимо плотно закрыть отверстия предохранительного экрана клапана выдоха ладо- нью и сделать легкий выдох. Если при этом по линии прилегания полумаски к лицу воздух не выходит, а лишь несколько раздувает респиратор, значит, он надет герметично. Если воздух проходит в области носа, то надо плотнее прижать концы носового зажима.

После снятия респиратора необходимо удалить пыль с наружной части полумаски с помощью щетки или вытряхиванием. Внутреннюю поверхность необходимо протереть и просушить, после чего респиратор необходимо вложить в полиэтиленовый пакет, который закрывается кольцом. Противоаэрозольный респиратор Ф-62Ш (однопатронный) – это средство индивидуальной защиты органов дыхания человека от различных видов промышленных пылей, он не защищает от газов, паров вредных ве- ществ, аэрозолей органических соединений. Предназначен для защиты от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, табачной пыли, пыли порошкообразных удобрений и интоксицидов, а также других видов пыли, не выделяющих токсичных газов. Широко применяется шахтерами. Респиратор противоаэрозольный ФА-2002

предназначен для защиты лица, глаз, органов дыхания от аэрозолей различной природы (пыль, дым, туман) при их суммарной концентрации не более 15 ПДК и при концентрации кислорода не менее 17 % (Рис. 7.8).



Ф-62Ш



ФА-2002

Рис. 7.8. Респираторы противоаэрозольные Ф-62Ш и ФА-2002

Универсальные респираторы

Газопылезащитные респираторы занимают как бы промежуточное положение между респираторами противопылевыми и противогазами. Они легче, проще и удобнее в использовании, чем противогаз. Однако защищают только органы дыхания при концентрации вредных веществ не более 10–15 ПДК. Глаза, лицо остаются открытыми. Вместе с тем такие респираторы во многих случаях довольно надежно предохраняют человека в газовой и пылегазовой среде.

Респиратор газопылезащитный РУ-60М (рис. 7.9) защищает органы дыхания от воздействия вредных веществ, присутствующих в воздухе одновременно в виде паров, газов и аэрозолей (пыли, дыма, тумана).



Рис. 7.9. Респиратор газопылезащитный (РУ-60М)

Запрещается применять эти респираторы для защиты от высокотоксичных веществ типа синильной кислоты, мышьяковистого, фосфористого, цианистого водорода, тетраэтилсвинца, низкомолекулярных углеводородов (метан, этан), а также от веществ, которые в парогазообразном состоянии могут проникнуть в организм через неповрежденную

кожу. Респиратор РУ-60М состоит из резиновой полумаски, обтюратора, поглощающих патронов (марки А, В, КД, Г), пластмассовых манжет с клапанами вдоха, клапана выдоха с предохранительным экраном и оголовья. С этими респираторами разрешается работать в средах, где концентрация пыли не более 100 мг/м^3.

Противогазовые респираторы. Респиратор противогазовый (РПГ-

67) – это средство индивидуальной защиты, применяется на предприятиях химической, металлургической и в других отраслях производства при концентрациях вредных веществ, не превышаю-

щих 10–15 ПДК.

Газодымозащитный комплект. Статистика показывает, что пожары с большим количеством человеческих жертв чаще всего встречаются в гостиницах, театрах, универсамах, ресторанах, вечерних клубах, учебных заведениях, на предприятиях, использующих легковоспламеняю- щиеся материалы.

Помещения быстро заполняются окисью углерода и другими токсическими газами. Люди гибнут от отравлений. Чтобы защитить органы дыхания и глаза от ядовитых газов, а голову человека от огня при выходе из горящего помещения, создан специальный газодымозащитный комплект (Рис. 9.10).



Рис. 9.10 Газодымозащитный комплект

Газодымозащитный комплект (ГДЗК) состоит из огнестойкого капюшона с прозрачной смотровой пленкой. В нижней части расположена эластичная манжета.

Внутри капюшона находится резиновая полумаска, в которой закреплен фильтрующе-сорбирующий патрон с клапаном вдоха. ГДЗК имеет регулируемое оголовье. При надевании следует широко растянуть эластичную манжету и накинуть капюшон на голову так, чтобы

манжета плотно облегала шею, при этом длинные волосы заправляются под капюшон. Очки можно не снимать. ГДЗК обеспечивает защиту от окиси углерода и цианистого водорода не менее 15 мин. Сопротивление при вдохе при 30 л/мин – не более 149 Па (15 мм вод. ст). Масса 800 г. Комплект хранится в картонной коробке в пакете из трехслойной полиэтиленовой пленки.

Капюшон «Феникс» предназначен для самостоятельной эвакуации из мест возможного отравления химически опасными и вредными вещест- вами. Защищает от продуктов горения, аэрозолей, паров и газов, опасных химических веществ, образующихся при аварийных ситуациях (Рис. 9.11).

Самоспасатели СИП-1, СПИ-20, СПФ, «Экстремал ПРО» (Рис. 9.11) предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания, токсичной и задымленной газовой среды. Применяются при экстренной эвакуации людей в случае террористических актов, а также с мест пожара в общественных зданиях, на транспорте, из жилых домов и т. п.



а *б* *в* *г*

Рис. 9.11. Самоспасатели:

а – СИП-1; б – СПИ-20; в – СПФ; г – капюшон «Феникс»; д – «Экстремал ПРО».

Самоспасатель противопожарный СИП-1 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и головы при самостоятельной эвакуации из помещений (гостиниц, высотных зданий, вагонов) во время пожара или при других аварийных ситуациях, от любых вредных веществ независимо от их концентрации и при недостатке кислорода в воздухе.

Порядок выполнения работы

1. Записать название и цель работы.
2. Законспектировать виды и назначение противогазов в виде табл. 7.3.

Таблица 7.3

Виды и назначение противогазов

Наименование и марка	Назначение, вид веществ, от которых защищает	Комплектация	Примечание*
Фильтрующие противогазы			
Гражданские			
ГП-5			
…			

… т. д.			

*В примечании указать, для каких возрастных групп предназначен, особенности мар- ки и т. п.

3. Указать правила пользования противогазами.

4. Измерить при помощи гибкого сантиметра лицевую часть головы и подобрать для себя размер противогаза ГП-5 (ГП-7) по росту.

5. Измерить при помощи гибкого сантиметра высоту своего лица и подобрать размер респиратора У-2К.

6. Показать отчет преподавателю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М.: Высш. шк., 2009. – 616 с.

2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : учеб. пособие для вузов / В. А. Акимов [и др.]. – М. : Высш. шк., 2008. – 592 с.

3. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрез- вычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов / Я. Д. Вишняков [и др.]. – М. : Академия, 2008. – 304 с.

4. Емельянов В. М., Коханов В. Н., Некрасов П. А. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов. – М. : Академический проект : Трикста, 2005. – 480 с.

5. Вознесенский В. В. Средства защиты органов дыхания и кожи. Противога- зы, респираторы и защитная одежда, основы их эксплуатации : учеб. пособие. – М. : Воен. знания, 2010. – 80 с.

6. Семенов С. Н., Лысенко В. П. Проведение занятий по гражданской обороне : метод. пособие. – М. : Высш. шк., 1990. – 96 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ

Наименование работы: Действия населения при ЧС военного характера.

Цель: изучить действия населения при ЧС военного характера при угрозе применения радиационного, химического или биологического оружия, определить применяемые средства индивидуальной защиты, обосновать выбор защитных сооружений.

Время: 4 часа

Материально-техническое обеспечение: инструкционная карта, ручка, противогаз, респиратор, ватно-марлевая повязка

Методика выполнения

Задание:

1. Изучить индивидуальные средства защиты населения.

2. Изучить виды укрытий и правила поведения в убежищах и укрытиях.

3. Изучить применение СИЗ при угрозе применения химического и биологического оружия.

4. Отчет о работе оформить в виде плана-конспекта.

5. Заполнить таблицу.

№	ЧС	Опасность	Поражающие факторы	Основные средства защиты

Ядерное оружие – самое страшное оружие современности. Поражение людей при его применении зависит от того, где они находились в момент ядерного взрыва. Наиболее эффективным средством защиты от всех поражающих факторов ядерного оружия являются убежища (укрытия). Находясь в убежищах (укрытиях), необходимо постоянно держать в готовности к немедленному использованию средства индивидуальной защиты. Средства

индивидуальной защиты подразделяют на средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), средства индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК). К средствам защиты органов дыхания человека относятся противогазы (фильтрующие (рис.8.1.) и изолирующие (рис.2.)) и респираторы (рис.3.), а также простейшие средства защиты – противопыльные тканевые маски (ПТМ-1) (рис.4.) и ватно-марлевые повязки (рис.5.), изготовляемые обычно силами самого населения.



Рис. 8.1 Фильтрующий противогаз

1-фильтрующе-поглощающая коробка; 2-лицевая часть противогаза; 3-очковой узел; 4-шихга (обеспечивает поглощение паров и газов, и токсичных в-в); 5-ПАФ (противоаэрозольный фильтр); 6-клапанная коробка.



Рис.8.2. Изолирующий противогаз

1-лицевая часть, 2-очковый узел, 3-соеденительная трубка, 4-регенераторный патрон, 5-пусковое устройство патрона, 6-дыхательный мешок, 7-каркас, 8-устройство для переговоров.

Порядок надевания противогаза:

1. По команде «Газы!» задержите дыхание, не вдыхая воздух.

2. Закрыть глаза.

3. Достать противогаз из противогазной сумки, левой рукой доставая противогаз, а правой держа сумку снизу.

4. Вынуть пробку-заглушку из противогазной коробки.

5. Перед надеванием противогаза расположить большие пальцы рук снаружи, а остальные внутри.

6. Приложить нижнюю часть шлем-маски на подбородок.

7. Резко натянуть противогаз на голову снизу-вверх.

8. Выдохнуть.

9. Необходимо, чтобы после не образовалось складок, очковый узел должен быть расположен на уровне глаз.

10. Перевести сумку на бок.

Снятие:

1. По команде «Отбой!» брать за фильтровальную коробку и, потянув сверху-вниз, снять его.

2. Убрать противогаз в противогазную сумку.

3. Застегнуть пуговицы.

Таблица 8.0

Подбор размера противогаза

Обхват головы	Размер противогаза
До 63	0
63,5-65,5	1
66-68	2
68,5-70,5	3
71 и более	4

В качестве защиты органов дыхания от радиоактивной пыли и различных вредных аэрозолей могут быть использованы респираторы. Они просты в применении, малогабаритны и рассчитаны на массовое применение. Широко используются при выполнении работ, связанных с пылеобразованием.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, снабженную двумя клапанами вдоха, клапаном выхода (с предохранительным экраном),

оголовьем, состоящим из эластичных растягивающихся (и не растягивающихся) тесемок, и носовым зажимом. Работать в нем можно до 12 ч

Респираторы Р-2 изготовляются трех ростов -1,2 и 3-го, которые обозначаются внутренней подбородочной части полумаски.

Простейшими средствами защиты органов дыхания человека от радиоактивной пыли и биологических средств (при действиях во вторичном облаке) являются противопыльная тканевая маска ПТМ-1 (рис.8.3).



Рис.8.3. Противопыльная тканевая маска

1-корпус маски, 2-смотровые отверстия, 3-крепления, 4-резиновая тесьма, 5-поперечная резинка, 6-завязки.

И ватно-марлевая повязка (рис.8.4.) От ОВ (отравляющих веществ) они не защищают. Их изготавливает преимущественно само население. Маска состоит из корпуса и крепления. Корпус шьется из двух одинаковых по форме тканевых фильтрующих половинок, собранных на 4-5 слоев. На нем имеются смотровые отверстия со вставленными стеклами. Крепится маска на голове при помощи вставленной резинки и двух завязок.

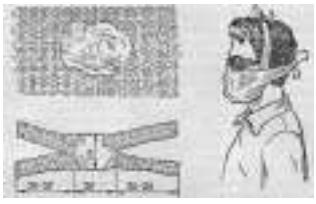


Рис.8.4. Ватно-марлевая повязка

Ватно-марлевая повязка изготовляется из куска марли размером 100 х50 см и ваты. На марлю накладывают слой ваты толщиной 2-3 см, длинной 30 см, шириной 20 см. Марлю с обеих сторон загибают и накладывают на вату. Концы марли разрезают на 30-35 см с каждой стороны, чтобы образовались две пары завязок. Марлевые повязки делают из 10-12 слоев марли. Они шьются также в

виде маски, закрывающей лицо или только подбородок, нос и рот. Для защиты глаз используются противопыльные очки.



Рис.8.5.Защитные очки

К средствам индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), в первую очередь, относятся защитные очки, предохраняющие от пыли, твердых частиц, химически неагрессивных жидкостей и газов, от слепящего яркого света, ультрафиолетового, инфракрасного излучения и от сочетания излучений указанных видов с воздействия летящих твердых частиц, а так же очкизащищающие от лазерного излучения и других опасных факторов.

К **средствам индивидуальной защиты кожи (СИЗК)** относят защитную одежду фильтрующего и изолирующего типа. К изолирующим средствам защиты кожи относятся общевойсковой комплексный защитный костюм (ОКЗК), общевойсковой защитный комплекс (ОЗК) (рис.8.6.), легкий защитный костюм (Л-1) , защитный комбинезон или костюм.



Рис. 7. Общевойсковой защитный комплект: 1 — защитный плащ; 2, 3 — защитные перчатки; 4 — защитные чулки

Рис. 8. Легкий защитный костюм Л-1: 1 — рубаха с капюшоном; 2 — брюки с защитными чулками; 3 — подшлемник; 4 — перчатки

Комплект защитной фильтрующей одежды

Рис. 8.6 Защитный костюм

Общевойсковой комплексный защитный костюм (ОЗК) предназначен для комплексной защиты от светового излучения и радиоактивной пыли, паров и аэрозолей ОВ и биологических аэрозолей. Он состоит из пропитанных специальным составом куртки, брюк, защитного белья, головного убора, подшлемника.

Простейшие средства защиты кожи применяются при отсутствии табельных средств. Может быть использована прежде всего производственная одежда (спецовка) – куртка и брюки, комбинезоны, халаты с капюшоном, сшитые из брезента, огнезащитной или прорезиненной ткани, грубого сукна. Они способны не только защищать от попадания на кожу людей радиоактивных веществ и биологических средств, но и не пропускать в течение некоторого времени капельножидких отравляющих веществ.

Обычная одежда, обработанная специальной пропиткой, может защищать и от паров отравляющих веществ. В качестве пропитки используют моющие средства или мыльно-масляную эмульсию. Основные представители неионогенных моющих средств – ОП-7 и ОП-10 (ОП-7иОП-10 - вспомогательные вещества, представляющие собой продукты обработки смеси моно- и диалкилфенолов окисью этилена. Вспомогательные вещества ОП-7 и ОП-10 относятся к неионогенным поверхностно-активным веществам. Применяются в качестве смачивающих, эмульсирующих, стабилизирующих поверхностно-активных веществ. Хорошо растворимы в воде). Синтетические моющие средства в чистом виде используются редко и служат исходным материалом для приготовления моющих средств, которые состоят из моющего вещества, активных добавок (соли фосфорной кислоты, сульфат натрия, метасиликат натрия и др.) и веществ, предохраняющих кожу (карбоксиметилцеллюлоза, дермоланы – высокомолекулярные циклические соединения, содержащие группы SO_2,NH_4,далгоны – конденсированные фосфаты).

Придать повседневной одежде защитные от отравляющих веществ свойства можно, пропитав ее раствором, который может быть приготовлен в домашних условиях. 2,5-3 л раствора, необходимого для пропитки одного комплекта одежды, можно получить если растворить 250-300 г измельченного хозяйственного мыла в 2-3 л горячей воды (60-70 ° С), добавить в раствор 0,5 л минерального (машинного) и другого масла и, подогревая,перемешивать раствор до получения однородной мыльно-масляной эмульсии. Одежду помещают в большую емкость (бак, ведро) и заливают раствором. Пропитанная одежда отжимается и просушивается (утюжке не подлежит).

В летную жаркую погоду необходимо соблюдать установленные сроки работы в защитной одежде. Зимой для предупреждения обмораживания следует надевать ее на ватник, использовать подшлемник, теплые портянки, в резиновые сапоги подкладывать теплые стельки, защитные перчатки одевать поверх обычных шерстяных или фланелевых. Обычно длительность пребывания людей в убежищах зависит от степени радиоактивного заражения местности. Если убежище находится в зоне заражения с уровнями радиации от 8 до 80 Р/ччерез один час после ядерного взрыва, то время пребывания в нем укрываемых людей составит от нескольких часов до одних суток (рис.8.7) .



Рис.8. 7. Ватно-марлевая повязка

В зоне заражения с уровнями радиации от 80 до 240 Р/ч нахождение людей в защитном сооружении увеличивается до 3 сут. В зоне заражения с уровнем радиации 240 Р/ч и выше это время составит 3 сут. и более. По истечении указанных сроков из убежищ (укрытий) можно перейти в жилые помещения. В течение последующих 1-4 сут. (в зависимости от уровней радиации в зонах

заражения) из таких помещений можно периодически выходить наружу, но не более чем на 3-4 ч в сутки.

В условиях сухой и ветреной погоды, когда возможно пылеобразование, при выходе из помещений следует использовать СИЗОД. Чтобы благополучно пережить указанные сроки пребывания в убежищах, необходимо иметь запасы продуктов питания (не менее чем на 4 сут. (крупы, сахар и соль, галеты, сухари, консервы, макаронные изделия, мука, сухофрукты, шоколад, подсолнечное масло, мед, варенье. уксус, вода)), питьевой воды (из расчета 3 л на человека в сутки), а также предметы первой необходимости и медикаменты.

Если в результате ядерного взрыва убежище (укрытие) окажется поврежденным, принимают меры к быстрому выходу из него, надев СИЗОД. Если основным и ли запасным выходом воспользоваться невозможно, приступают к расчистке одного из заваленных выходов или к проделыванию выхода. После выхода из очага ядерного поражения (зоны радиоактивного заражения) необходимо провести частичную дезактивацию и санитарную обработку, т.е. удалить радиоактивную пыль. При частичной дезактивации следует осторожно снять одежду, ни в коем случае не снимая СИЗОД. Встав спиной к ветру, вытряхнуть ее, развесить одежду на перекладине или веревке и обмести с нее пыль сверху вниз с помощью щетки или веника. Одежду можно выколачивать и палкой.

После этого следует продезактивировать обувь: протереть тряпками и ветошью, смоченными водой, очистить веником или щеткой. Резиновую обувь можно мыть. Противогаз дезактивируют в особой последовательности. Фильтрующе-поглощающую коробку вынимают из сумки, сумку тщательно вытряхивают. Затем тампоном, смоченным мыльной воде, моющим раствором или жидкостью из противохимического пакета обрабатывают фильтрующе-поглощающую коробку, соединительную трубку и наружную поверхность шлема-маски (маски). Лишь после этого противогаз снимают.

Противопыльные тканевые маски при дезактивации тщательно вытряхивают, чистят щетками, при возможности полощут или стирают в воде. Зараженные ватно-марлевые повязки сжигают. При частичной санитарной обработке открытые участки тела: руки, лицо, шею, глаза обмывают незараженной водой. Нос, рот и горло полощут. Важно, чтобы при обмывке лица зараженная вода не попала в глаза, рот и нос. При недостатке воды обработку проводят путем многократного протирания участков тела тампонами из марли (ваты, пакли, ветоши), смоченными незараженной водой. Протирание следует проводить сверху вниз. каждый раз переворачивая тампон чистой стороной. Зимой может использоваться незараженный снег.

Летом санитарную обработку можно организовать в реке или другом проточном водоеме. Частичная дезактивация и санитарная обработка, проводимые в одноразовом порядке, не всегда гарантируют полное удаление радиоактивной пыли. Потому после их проведения обязательно проводится дозиметрический контроль. Если заражение одежды и тела окажется выше допустимой нормы, частичные дезактивацию и санитарную обработку повторяют. В необходимых случаях проводится полная санитарная обработка. Своевременно проведенные частичные дезактивация и санитарная обработка могут полностью предотвратить или сильно снизить степень поражения людей радиоактивными веществами.

Если люди во время ядерного взрыва находятся вне убежища укрытия, следует использовать естественные ближайшие укрытия (рис.10). Если таких укрытий нет, надо повернуться к взрыву спиной, лечь на землю лицом вниз, руки спрятать под себя. Через 15-20 с. после взрыва, когда пройдет ударная волна, следует встать и немедленно надеть противогаз, респиратор или какое-либо другое СИЗОД. В случае отсутствия специальных средств следует закрыть рот и нос платком, шарфом или плотным материалом.

Задача состоит в том, чтобы исключить попадание внутрь организма радиоактивных веществ. Их поражающее действие бывает значительным в

течение длительного времени, поскольку выведение их из организма происходит медленно. Далее необходимо стряхнуть осевшую на одежду и обувь пыль, надеть имеющиеся средства защиты кожи.

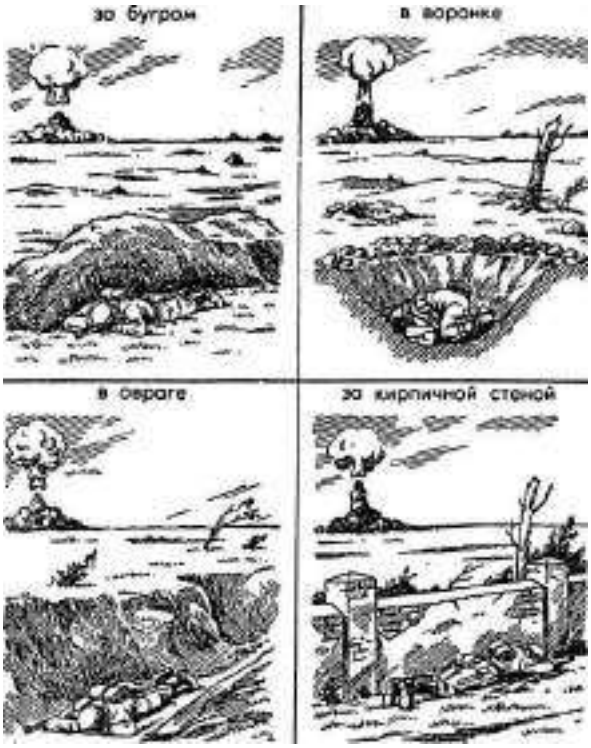


Рис 8.8 Естественные укрытия при внезапном ядерном взрыве

Для этого можно использовать имеющиеся одежду и обувь. Затем следует побыстрее покинуть очаг поражения или укрыться в ближайшем защитном сооружении.

Оставаться на зараженной радиоактивными веществами местности вне убежищ (укрытий), несмотря на использование средств индивидуальной защиты, опасно. Это сопряжено с возможностью облучения и, как следствие, развития лучевой болезни. В целях уменьшения возможности поражения радиоактивными веществами в зонах заражения запрещается принимать пищу, пить и курить. Приготовление пиши должно вестись на незараженной местности или, в крайнем случае, на местности, где уровень радиации не превышает 1 Р/ч. При выходе из очага поражения необходимо учитывать, что в результате ядерных взрывов разрушаются здания, сети коммунального хозяйства. При этом отдельные элементы зданий могут обрушиться через

некоторое время после взрыва. Продвигаться надо посередине улицы, стараясь возможно быстрее попасть в безопасное место. Нельзя трогать электропровода. Направление движения из очага поражения следует выбирать, ориентируясь на знаки ограждения, расставленные разведкой гражданской обороны. Они ведут всторону снижения уровней радиации. Двигаясь по зараженной территории, надо стараться не поднимать пыли, обходить лужи, не создавать брызг.

В результате применения химического оружия возникают очаги химического поражения-территории, в пределах которой в результате воздействия химического оружия произошли массовые поражения людей и сельскохозяйственных животных. Размеры очага зависят от масштаба и способа применения БТХВ (боевые токсичные химические вещества - это химические соединения, которые способны поражать людей и животных на больших площадях, проникать в различные сооружения, заражать местность и водоемы), его типа метеорологических условий, рельефа местности. Особенно опасны стойкие БТХВ нервнопаралитического действия. Их пары распространяются по ветру на довольно большое расстояние (15-25 км и более). Поэтому люди и животные могут быть поражены ими не только в районе применения химических боеприпасов, но и далеко за его пределами. Длительность поражающего действия БТХВ тем меньше, чем сильнее ветер и восходящие потоки воздуха. В лесах, парках, оврагах, на узких улицах они сохраняются дольше, чем на открытой местности. Современные отравляющие вещества обладают чрезвычайно высокой токсичностью.

При обнаружении признаков применения противником отравляющих веществ, далее ОВ (по сигналу «Химическая тревога») надо срочно надеть противогаз, а в случае необходимости - средства защиты кожи. Если поблизости имеется убежище, нужно укрыться в нем. Перед тем как войти в убежище, следует снять использованные средства защиты кожи и верхнюю одежду и оставить их в тамбуре убежища. Эта мера предосторожности исключает занос ОВ в убежище. Противогаз снимают после входа в убежище.

При пользовании укрытием, например, подвалом, не следует забывать, что оно м служить защитой лишь от попадания на кожные покровы и одежду капельножидких ОВ. Однако оно не защищает от паров или аэрозолей отравляющих веществ, находящихся в воздухе. Находясь в таких укрытиях, при наружном заражении обязательно надо воспользоваться противогазом. Находиться в убежище (укрытии) следует до получения распоряжения на выход из него. Когда такое распоряжение поступит, необходимо надеть требуемые средства индивидуальной защиты - противогазы и средства защиты кожи и выйти за пределы очага поражения по направлениям, обозначенным специальными указателями. Если нет ни указателей, ни постов, то двигаться следует перпендикулярно направлению ветра.

На зараженной ОВ территории надо двигаться быстро, но не пыль (брызги). Нельзя прислоняться к зданиям и прикасаться к окружающим предметам. Не следует наступать на видимые капли и мазки ОВ. На зараженной территории запрещается снимать противогазы и другие средства защиты. Особо осторожно нужно двигаться через парки, сады, огороды и поля. На листьях и ветках растений могут находиться осевшие капли ОВ, при прикосновении к ним можно заразить одежду и обувь, что может привести к поражению.

По возможности следует избегать движения оврагами и лощинами, через луга и болота, в этих местах возможен длительный застой паров ОВ. В городах пары ОВ могут застаиваться в замкнутых кварталах, парках, а также в подъездах и на чердаках домов. Зараженное облако в городе распространяется на наибольшие расстояния по улицам,тоннелям, трубопроводам.

ОВ на кожных покровах, одежде, обуви или средствах индивидуальной защиты необходимо немедленно снять их тампонами из марли или ваты; если таких тампонов нет, капли ОВ можно снять тампонами из бумаги или ветоши. Пораженные места следует обработать раствором из противохимического пакета или тщательно промыть теплой водой с мылом. После выхода из очага

химического поражения немедленно проводится полная санитарная обработка. Если это невозможно, проводятся частичные дегазация и санитарная обработка.

Очагом биологического поражения считаются территорииподвергшиеся непосредственному воздействию бактериальных (биологических) средств, создающих источник распространения инфекционных заболеваний. Заражение людей и животных происходит в результате вдыхания зараженного воздуха, попадания микробов или токсинов на слизистую оболочку и поврежденную кожу, употребления в пищу зараженных продуктов питания и воды.

Причиной заражения могут быть укусы зараженных насекомых и клещей, соприкосновения с зараженными предметами, ранения осколками боеприпасов, снаряженных БС (биологические средства поражения - общее название болезнетворных микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, предназначенных для использования в системах биологического оружия с целью поражения людей, животных и растений). Заражение возможно также в результате непосредственного общения с больными людьми (животными). Ряд заболеваний быстро передается от больных людей к здоровым и вызывает эпидемии (чума, холера, тиф, грипп и др.). К основным средствам защиты населения от биологического оружия относятся вакциносывороточные препараты, антибиотики, сульфамидные и другие лекарственные вещества, используемые для специальной и экстренной профилактики инфекционных болезней.

Употребимы такие средства индивидуальной и коллективной защиты. Своевременное и правильное применение средств индивидуальной защиты и защитных сооружений предохранит от попадания БС в органы дыхания, на кожные покровы и одежду. Необходимо строгое соблюдение правил личной гигиены и санитарно-гигиенических требований к питанию и водоснабжению населения. Приготовление и прием питии должны исключать возможность ее заражения бактериальными средствами. Посуду необходимо мыть дезинфицирующими растворами или обрабатывать кипячением. В случае

применения противником биологического оружия возможно возникновение значительного количества инфекционных заболеваний.

Основными формами борьбы с эпидемиями являются обсервация и карантин. Делается это в тех случаях, когда примененные возбудители болезней относятся к особо опасным (чума, холера и др.). Карантинный режим предусматривает полную изоляцию очага поражения от окружающего населения. Это наиболее эффективный способ противодействия распространению инфекционных заболеваний. На внешних границах зоны карантина устанавливается вооруженная охрана, выход людей, вывод животных и вывоз имущества запрещаются. Транзитный проезд транспорта через очаги поражения запрещается. Объекты экономики переходят на особый режим работы со строгим выполнением противоэпидемических требований. Рабочие смены разбиваются на отдельные группы как можно более малочисленные по составу. Контакт между ними сокращается до минимума. Питание и отдых рабочих и служащих организуются по группам в специально отведенных для этого помещениях. Работа учебных заведений, зрелищных учреждений, рынков и т.д. прекращается. Людям не разрешается без крайней необходимости выходить их своих квартир. Продукты питания, вода и предметы первой необходимости доставляются им специальными командами.

При выполнении срочных работ вне зданий люди должны быть обязательно в средствах индивидуальной защиты. Если установленный вид возбудителя не относится к группе особо опасных, вместо карантина применяется обсервация. Она предусматривает медицинское наблюдение за очагом поражения и проведение необходимых лечебно-профилактических мероприятий. Изоляционно-ограничительные меры при обсервации менее строгие: организуются дезинфекция, дезинсекция и дератизация.

Дезинфекция имеет целью обеззараживание объектов внешней среды, которые необходимы для нормальной деятельности и безопасного нахождения людей. Для дезинфекции применяются растворы хлорной извести и хлорамина,

лизол, формалин, могут использоваться горячая вода (с мылом или содой) и пар.

Дезинсекция и дератизация-это мероприятия, связанные соответственно с уничтожением насекомых и истреблением грызунов, которые являются переносчиками инфекционных заболеваний. Для уничтожения насекомых применяют физические (кипячение, проглаживание накаленным утюгом и др.), химические (применение дезинсектирующих средств) и комбинированные способы.

Истребление грызунов в большинстве случаев проводят с помощью механических приспособлений (ловушек различных типов) и химических препаратов. После проведения дезинфекции, дезинсекции и дератизации проводится полная санитарная обработка лиц, принимавших участие в осуществлении названных мероприятий. При необходимости организуется санитарная обработка и остального населения.

Контрольные вопросы

1. Перечислите СИЗОД.

2. Перечислите СИЗ кожи.

3. Назовите порядок изготовления ВМП.

4. При каких опасностях используются индивидуальные средства защиты?

5. Что является основным средством защиты при угрозе применения ядерного оружия?

6. Что относится к основным средством защиты населения от биологического оружия?

7.Какие индивидуальные средства защиты применяются при химической угрозе?

8. Какие действия предполагает санитарная обработка?

9. В чем отличие дезинфекции от дезинсекции?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.Косолапова Н.В. Основы безопасности жизнедеятельности: учебник / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. – 3-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013. – 320 с.: ил.

2. Безопасности жизнедеятельности: учебник / Е.А. Арустамов. – 9-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013 с.: ис.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Авторы: Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

Одобрены на заседании кафедры

Безопасности горного производства
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Елохин В.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 8 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

Горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА……4
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ……5
ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ОПАСНОСТЕЙ ……5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НОРМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ……5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ……5
ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ТРАВМАТИЗМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ……5
УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ……5
СОЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА РАБОТНИКОВ……5
НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОХРАНЫ ТРУДА……5
ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА……6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ……7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……11
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……12

ВВЕДЕНИЕ

Современный человек живет в мире различного рода опасностей, т.е. явлений, процессов, объектов, постоянно угрожающих его здоровью и самой жизни. Не проходит и дня, чтобы газеты, радио и телевидение не принесли тревожные сообщения об очередной аварии, катастрофе, стихийном бедствии, социальном конфликте или криминальном происшествии, повлекших за собой гибель людей и громадный материальный ущерб.

По мнению специалистов, одной из причин создавшейся ситуации является недостаточный уровень образования – обучения и воспитания – человека в области обеспечения безопасной деятельности. Только постоянное формирование в людях разумного отношения к опасностям, пропаганда обязательности выполнения требований безопасности может гарантировать им нормальные условия жизни и деятельности.

В курсе БЖД излагаются теория и практика защиты человека от опасных и вредных факторов природного и антропогенного происхождения в сфере деятельности.

Данный курс предназначен для формирования у будущих специалистов сознательного и ответственного отношения к вопросам безопасности, для привития им теоретических знаний и практических навыков, необходимых для создания безопасных и безвредных условий деятельности в системе «человек – среда», проектирования новой безопасной техники и безопасных технологий, прогнозирования и принятия грамотных решений в условиях нормальных и чрезвычайных ситуаций.

В процессе изучения курса БЖД студенту предстоит решить следующие задачи: усвоить теоретические основы БЖД; ознакомиться с естественной системой защиты человека от опасностей; изучить систему искусственной защиты в условиях нормальных (штатных) и чрезвычайных (экстремальных) ситуаций; ознакомиться с проблемами заболеваемости и травматизма на производстве; изучить вопросы управления безопасностью деятельности.

Успешное изучение курса студентами возможно при наличии соответствующей учебной литературы. Предлагаемое вниманию студентов и преподавателей учебное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой курса БЖД для студентов всех направлений и специальностей.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачет. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы

2. По учебникам освойте каждый структурный элемент темы.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя

4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основные понятия и определения. Характеристика форм трудовой деятельности. Опасности среды обитания. Основные положения теории риска. Системный анализ безопасности. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности.

ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ОПАСНОСТЕЙ

Анатомо-физиологическая характеристика человека. Анализаторы человека. Защитные механизмы организма.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НОРМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Гелиофизические и метеорологические факторы. Производственная пыль. Механические опасности. Опасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Механические колебания и волны. Электробезопасность. Электромагнитные излучения. Световой климат. Ионизирующие излучения. Световой климат. Ионизирующие излучения. Химические опасности. Биологические опасности. Психологические опасности. Экологические опасности. Социальные опасности. Санитарно-гигиенические требования к устройству и содержанию предприятий.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Общая характеристика чрезвычайных ситуаций. Стихийные бедствия. Аварии на особо опасных объектах экономики. Аварии на объектах горной промышленности и подземных геологоразведочных работ. Чрезвычайные ситуации, связанные с применением современных средств поражения. Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Устойчивость функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И ТРАВМАТИЗМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Заболеваемость. Травматизм. Методы анализа травматизма.

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Правовые основы обеспечения безопасности деятельности. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий труда. Время отдыха. Подготовка работников к безопасному труду. Система управления охраной труда на предприятии. Экономические аспекты охраны труда.

СОЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА РАБОТНИКОВ

НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОХРАНЫ ТРУДА ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА

• КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные термины теории безопасности деятельности, дайте их определения.
2. Охарактеризуйте основные формы трудовой деятельности.
3. Что понимают под опасностью среды обитания? Как классифицируют опасности?
4. Сформулируйте аксиому о потенциальной опасности деятельности
5. В чем состоит идентификация (распознавание) опасности?
6. Что такое квантификация опасностей?
7. Назовите методы анализа безопасности деятельности.
8. Приведите примеры расчета производственного риска.
9. В чем заключается концепция приемлемого риска?
10. Что такое управление риском?
11. Охарактеризуйте системный анализ безопасности деятельности.
12. Перечислите принципы, методы и средства обеспечения безопасности.
13. Изложите сущность естественной системы защиты человека от опасностей.
14. Дайте анатомо-физиологическую характеристику человека.
15. Какова роль анализаторов человека в обеспечении безопасности его деятельности?
16. Опишите зрительный, слуховой и обонятельный анализаторы.
17. Опишите вестибулярный, кинестетический и кожный анализаторы.
18. Что понимают под защитными механизмами человеческого организма?
19. Охарактеризуйте действие гелиофизических и метеорологических факторов на человека.
20. Какое действие оказывают высокие и низкие температуры, повышенная и пониженная влажность на организм человека?
21. Как действуют на организм человека вредные газы и пары?
22. В чем заключается вредное действие производственной пыли на организм? Как ведется борьба с пылью?
23. Назовите средства индивидуальной защиты работающих от пыли.
24. Как классифицируют механические опасности?
25. Перечислите методы и средства защиты от механических опасностей.
26. Укажите, как обеспечивается безопасность при эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
27. Охарактеризуйте действие инфразвука и ультразвука на организм и меры защиты от них.
28. Объясните действие шума на организм. Перечислите методы и средства коллективной и индивидуальной защиты от шума.

29. Как борются с вибрацией на горных предприятиях?
30. Объясните действие электрического тока на организм человека.
31. Укажите опасности, связанные с применением электрического тока на горных предприятиях.
32. Назовите основные меры безопасности при эксплуатации электроустановок.
33. Перечислите средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током.
34. В чем состоит молниезащита зданий и сооружений?
35. Назовите способы защиты работающих от воздействия электрических и электромагнитных полей.
36. Укажите меры защиты от инфракрасного, ультрафиолетового и лазерного излучений.
37. Как влияет освещение на условия труда? Перечислите виды освещения.
38. Укажите средства нормализации освещения производственных помещений, рабочих мест и горных выработок.
39. Охарактеризуйте виды ионизирующих излучений.
40. Назовите общие принципы защиты от ионизирующих излучений.
41. Охарактеризуйте методы и средства защиты от ионизирующих излучений.
42. Перечислите химические опасности (вредные вещества) и укажите меры защиты от них.
43. Назовите биологические опасности и меры защиты от них.
44. Что понимают под психологическими опасностями?
45. Какие естественные факторы воздействуют на биосферу Земли?
46. В чем заключается антропогенное воздействие на природу?
47. Назовите методы и средства обеспечения экологической безопасности на горных предприятиях.
48. Какие санитарно-гигиенические требования предъявляются к устройству и содержанию предприятий?
49. Что такое чрезвычайная ситуация?
50. Перечислите признаки, характеризующие чрезвычайные ситуации.
51. Как классифицируют чрезвычайные ситуации по причинам возникновения?
52. Охарактеризуйте стихийные бедствия. Укажите мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий стихийных бедствий.
53. Перечислите виды аварий на особо опасных объектах экономики (народного хозяйства). В чем заключается профилактика возникновения аварий на таких объектах?
54. Какие аварии происходят на объектах горной промышленности? Укажите методы профилактики и ликвидации таких аварий.
55. Охарактеризуйте чрезвычайные ситуации, связанные с применением современных средств поражения.

56. Перечислите основные принципы и способы защиты населения от чрезвычайных ситуаций.
57. Какие действия надлежит выполнить населению при стихийных бедствиях и авариях?
58. Укажите действия населения при возникновении угрозы нападения противника.
59. Какие действия должно выполнять население в очагах поражения и после выхода из них?
60. Какие факторы влияют на устойчивость функционирования объектов экономики?
61. Перечислите основные мероприятия по повышению устойчивости функционирования объектов экономики.
62. Назовите принципы организации и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСиДНР) в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени
63. Какие приемы и способы проведения АСиДНР используются в очагах поражения?
64. Перечислите меры безопасности при проведении АСиДНР
65. По каким признакам классифицируют травмы и несчастные случаи на производстве?
66. Перечислите причины травматизма.
67. Укажите причины несчастных случаев на шахтах.
68. Опишите порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве.
69. В чем заключается профилактика травматизма?
70. Какие методы используются при анализе травматизма?
71. Как расследуются профессиональные заболевания?
72. Кто назначает комиссию по расследованию профессионального заболевания?
73. Каким образом определяется окончательный диагноз острого профессионального заболевания?
74. Назовите меры профилактики профессиональных заболеваний.
75. Назовите меры профилактики производственного травматизма.
76. Изложите правовые основы обеспечения безопасности деятельности.
77. Какие обязанности возложены на администрацию предприятия по обеспечению охраны труда?
78. Перечислите виды подготовки работников к безопасному труду.
79. Что понимают под системой управления охраной труда на предприятиях?
80. Назовите основные нормативные документы, обеспечивающие безопасность деятельности.
81. Какова продолжительность ежедневной работы?
82. Какова профессиональная подготовка работников к безопасному труду?

83. Опишите систему управления охраной труда.
84. Назовите фонды охраны труда.
85. Чем обусловливается эффективность мероприятий по охране труда?
86. Опишите медицинское обслуживание работников.
87. Какие существуют льготы и компенсации за вредные и опасные условия труда?
88. Поясните суть обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.
89. Назовите обязательные принципы обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.
90. Кто имеет право на получение страховых выплат в случае смерти застрахованного?
91. Как осуществляются страховые выплаты по социальному страхованию?
92. Как начисляется пособие по временной нетрудоспособности?
93. Каков порядок привлечения к дисциплинарной ответственности?
94. Кто может привлекать к дисциплинарной ответственности.
95. Кто может привлекать к административной ответственности?
96. В каких случаях привлекают к уголовной ответственности?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В среде обитания человека постоянно присутствуют естественные, техногенные и антропогенные опасности.

Полностью устранить негативное влияние естественных опасностей человечеству до настоящего времени не удается. Реальные успехи в защите человека от стихийных явлений сводятся к определению наиболее вероятных зон их действия и ликвидации возникающих последствий.

Мир техногенных опасностей вполне познаваем, и у человека есть достаточно способов и средств для защиты.

Антропогенные опасности во многом обусловлены недостаточным вниманием человека к проблеме безопасности, склонностью к риску и пренебрежению опасностью. Часто это связано с ограниченными знаниями человека о мире опасностей и негативных последствиях их проявления. Воздействие антропогенных опасностей может быть сведено к минимуму за счет обучения населения и работающих основам безопасности жизнедеятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Безопасность жизнедеятельности [Текст]: учебное пособие / В.В. Токмаков, Ю.Ф. Килин, А.М. Кузнецов, Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный горный университет. - 4-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 272 с.

Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие В.А. Подоков, В.В. Токмаков, В.М. Куликов ; под ред. В.В. Токмакова ; Уральский государственный горный университет. - 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург : УГГУ, 2007. - 314 с.

Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник. 5-е изд., исправл. и доп. – М : Изд-во «Юрай», 2015. – 702с.

Безопасность жизнедеятельности: энциклопедический словарь / под ред. проф. Русака О. Н. – СПб.: Инф-изд. агент «Лик», 2003.

Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / К. З. Упаков, Н. О. Каледина, Б. Ф. Кирин, М. А. Сребный / под ред. К. З. Упакова. М.: Изд-во МГГУ, 2000. 430 с

Воронов Е. Т., Резник Ю. Н., Бондарь Н. А. Безопасность жизнедеятельности. Теоретические основы БЖД. Охрана труда: учебное пособие. Чита: Изд-во ЧитГУ, 2010. – 390 с.

Занько Н. К., Малаян К. Р., Русак О. Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник. М.: Лань, 2012. 672 с.

Сибикин А. Н. Управление безопасностью труда: учебное пособие. – М.: Изд-во МГГУ, 2014. – 266 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Шулиманов Д.Ф.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Екатеринбург
2019

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..3
Содержание контрольной работы…….....3
Выполнение работы над ошибками……...……....9
Критерии оценивания контрольной работы ……9
Образец титульного листа …….……...10

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен 1 вариант контрольной работы.

Содержание контрольной работы

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни

		Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости

	повышению работоспособности, потому что:	Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения. Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения

		Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма
21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4,2 ,3, 1

27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное действие

		Г) предпочтения учителя
42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

Образец оформления титульного листа



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

Екатеринбург

2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрена на заседании кафедры
Физической культуры
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Шулиманов Д.Ф.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 14 от 03.04.2019 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)

Екатеринбург
2019

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению теста ……..…….....3
Содержание теста…….....3
Содержание опроса…….....9
Выполнение работы над ошибками……...……..11

Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

Требования к оформлению теста

Задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в тесте.

Выполненный тест необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если тест выполнен без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен, тест, вопросы для проведения опроса.

Содержание теста

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений

		Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения.

		Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма

21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4,2 ,3, 1
27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы

		Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя

42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Критерии оценивания теста

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат теста

Тест оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

1. Определение понятий в области физической культуры
2. Понятие «здоровье» и основные его компоненты
3. Факторы, определяющие здоровье человека.
4. Образ жизни и его составляющие.
5. Разумное чередование труда и отдыха, как компонент ЗОЖ.
6. Рациональное питание и ЗОЖ.
7. Отказ от вредных привычек и соблюдение правил личной и общественной гигиены.
8. Двигательная активность — как компонент ЗОЖ.
9. Выполнение мероприятий по закаливанию организма.
10. Физическое самовоспитание и самосовершенствование как необходимое условие реализации мероприятий ЗОЖ.
11. Врачебный контроль как обязательная процедура для занимающихся физической культурой.
12. Самоконтроль — необходимая форма контроля человека за физическим состоянием.
13. Методика самоконтроля физического развития.
14. Самостоятельное измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений.
15. Проведение функциональных проб для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы.
16. Проведение функциональных проб для оценки деятельности дыхательной системы.
17. Самоконтроль уровня развития физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости, силы и выносливости
18. Ведение дневника самоконтроля.
19. Цель и задачи физического воспитания в вузе.
20. Специфические функции физической культуры.
21. Социальная роль и значение спорта.
22. Этапы становления физической культуры личности студента.
23. Понятия физическая культура, физическое воспитание, физическое развитие, физическое совершенство.

24. Реабилитационная физическая культура, виды, краткая характеристика.
25. Разделы учебной программы дисциплины «Физическая культура».
26. Комплектование учебных отделений студентов для организации и проведения занятий по физическому воспитанию.
27. Преимущества спортивно-ориентированной программы дисциплины «Физическая культура» для студентов.
28. Особенности комплектования студентов с различным характером заболеваний в специальном учебном отделении.
29. Зачетные требования по учебной дисциплине «Физическая культура».
30. Формирование двигательного навыка.
31. Устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов.
32. Мотивация и направленность самостоятельных занятий.
33. Утренняя гигиеническая гимнастика.
34. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
35. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
36. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
37. Особенности самостоятельных занятий женщин.
38. Мотивация и направленность самостоятельных занятий. Утренняя гигиеническая гимнастика.
39. Физические упражнения в течение учебного дня: физкультминутки, физкультпаузы.
40. Самостоятельные тренировочные занятия: структура, требования к организации и проведению.
41. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
42. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
43. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
44. Особенности самостоятельных занятий женщин.
45. Роль физической культуры в профессиональной деятельности бакалавра и специалиста.
46. Производственная физическая культура, ее цели и задачи.
47. Методические основы производственной физической культуры.
48. Производственная физическая культура в рабочее время.
49. Физическая культура и спорт в свободное время.
50. Профилактика профессиональных заболеваний и травматизма средствами физической культуры.
51. Понятие ППФП, её цель, задачи. Прикладные знания, умения и навыки.
52. Прикладные психические качества.
53. Прикладные специальные качества.
54. Факторы, определяющие содержание ППФП: формы труда, условия труда.
55. Факторы, определяющие содержание ППФП: характер труда, режим труда и отдыха.
56. Дополнительные факторы, определяющие содержание ППФП.
57. Средства ППФП.
58. Организация и формы ППФП в вузе.
59. Понятия общей и специальной физической подготовки.
60. Отличия понятий спортивная подготовка и спортивная тренировка.
61. Стороны подготовки спортсмена.
62. Средства спортивной подготовки.
63. Структура отдельного тренировочного занятия.
64. Роль подготовительной части занятия в тренировочном процессе.
65. Понятие «физическая нагрузка», эффект ее воздействия на организм.
66. Внешние признаки утомления.
67. Виды и параметры физических нагрузок.
68. Интенсивность физических нагрузок.
69. Психофизиологическая характеристика умственной деятельности.
70. Работоспособность: понятие, факторы, периоды
71. Физические упражнения в течение учебного дня для поддержания работоспособности.
72. Бег как самое эффективное средство восстановления и повышения работоспособности.
73. Плавание и работоспособность.
74. Методические принципы физического воспитания, сущность и значение.
75. Принципы сознательности и активности, наглядности в процессе физического воспитания.
76. Принципы доступности и индивидуализации, систематичности и динамичности.
77. Средства физической культуры.
78. Общепедагогические методы физического воспитания.
79. Методы обучения технике двигательного действия.
80. Этапы обучения двигательного действия.
81. Методы развития физических качеств: равномерный, повторный, интервальный.
82. Метод круговой тренировки, игровой и соревновательный методы.
83. Сила как физическое качество, общая характеристика силовых упражнений.
84. Методы развития силы.
85. Выносливость — виды выносливости, особенности развития выносливости.

86. Развитие физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости.
87. Понятие «спорт». Его принципиальное отличие от других видов занятий физическими упражнениями.
88. Массовый спорт: понятие, цель, задачи.
89. Спорт высших достижений: понятие, цель, задачи.
90. Студенческий спорт, его организационные особенности.
91. Студенческие спортивные соревнования.
92. Студенческие спортивные организации.
93. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «ГТО» (Готов к труду и обороне).

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенного теста необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данного теста. Тесты, тесты являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Физической культуры	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Шулиманов Д.Ф.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 14 от 03.04.2019 г.	Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..3
Содержание контрольной работы…….....3
Выполнение работы над ошибками……...……..10
Критерии оценивания контрольной работы ……...10
Образец титульного листа …….……...11

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Элективные курсы по физической культуре и спорту» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «элективные курсы по физической культуре и спорту» представлено 2 варианта контрольной работы.

Содержание контрольной работы

Вопросы для групповой дискуссии

1 .Что можно отнести к средствам физического воспитания?
2. Влияние климатогеографического фактора на здоровье и работоспособность человека
3. Чем отличается спорт от физической культуры?
4. Что мы относим к материальным ценностям физической культуры, а что – к духовным?
5. В чем состоит взаимосвязь физической и умственной деятельности человека?
6. Причины возникновения таких явлений как гипокинезия и гиподинамия
7. Для чего нужна адаптивная физическая культура?
8. При выборе вида спорта на какие аспекты и характеристики необходимо обратить основное внимание.

Контрольная работа №1

Вариант 1

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. Часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности – это:

а) физическая культура; б) спорт; в) туризм; г) физическое развитие.

2. Физическое воспитание – это:

а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;

б) приобщение человека к физической культуре;

в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;

г) процесс формирования определенных физических и психических качеств.

3. Чем спорт отличается от физической культуры:

а) наличием специального оборудования; б) присутствием зрителей; в) наличием соревновательного момента; г) большой физической нагрузкой.

4 Какой из ниже перечисленных принципов не относится к основным принципам физического воспитания:

а) сознательности и активности; б) наглядности; в) последовательности;

г) систематичности;

5 Под физическим развитием понимается:

а) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни;

б) размеры мускулатуры, форма тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность;

в) процесс совершенствования физических качеств, при выполнении физических упражнений;

г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;

б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;

в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;

г) все перечисленное.

2. Состояние здоровья обусловлено:

а) резервными возможностями организма; б) образом жизни;

в) уровнем здравоохранения; г) отсутствием болезней.

3. Что не относятся к внешним факторам, влияющим на человека:

а) природные факторы; б) факторы социальной среды; в) генетические факторы;

г) биологические факторы.

4. Сколько времени необходимо нормальному человеку для ночного сна:

а) 5 – 6 часов; б) 6 – 7 часов; в) 7 – 8 часов; г) 8 – 9 часов.

5. К активному отдыху относится:

а) сон; б) отдых сидя; в) занятия двигательной деятельностью; г) умственная деятельность.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическими упражнениями называются:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;

б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;

в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;

г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Занятия физическими упражнениями отличаются от трудовых действий:

а) интенсивностью; б) задачами; в) местом проведения; г) все ответы верны.

3. Физические упражнения являются:

а) принципом физического воспитания; б) методом физического воспитания;

в) средством физического воспитания; г) функцией физического воспитания.

4. Что не относится к методам физического воспитания:

а) игровой; б) регламентированного упражнения; в) словесный и сенсорный;

г) самостоятельный.

5. Метод в физической культуре – это

а) основное положение, определяющее содержание учебного процесса по физической культуре;

б) руководящее положение, раскрывающее принципы физической культуры;

в) конкретная причина, заставляющая человека выполнять физические упражнения;

г) способ применения физических упражнений.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Физическая подготовка – это:

а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;

б) приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;

в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;

г) процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

2. К основным физическим качествам относятся:

а) рост, вес, объем бицепсов, становая сила; б) бег, прыжки, метания, лазания;
в) сила, выносливость, быстрота, ловкость, гибкость; г) взрывная сила, прыгучесть, меткость.

3. Различают гибкость:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) простую и сложную.

4. Какие виды спорта развивают преимущественно выносливость:

а) спортивные единоборства; б) циклические; в) спортивные игры; г) ациклические.

5. Скоростно-силовые качества преимущественно развиваются:

а) в тяжелой атлетике; б) в акробатике; в) в конькобежном спорте; г) в лыжном спорте.

Вариант 2

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. На что преимущественно влияют занятия по физической культуре:

а) на интеллектуальные способности;
б) на удовлетворение социальных потребностей;
в) на воспитание лидерских качеств;
г) на полноценное физическое развитие.

2. Физическая культура – это:

а) часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности;
б) часть наука о природе двигательной деятельности человека
в) вид воспитательного процесса, специфика которого заключена в обучении двигательным актам и управлением развитием и совершенствованием физических качеств человека;
г) процесс физического образования и воспитания, выражающий высокую степень развития индивидуальных физических способностей.

3. Что не относиться к компонентам физической культуры:

а) физическое развитие; б) спорт высших достижений; в) оздоровительно-реабилитационная физическая культура;
г) гигиеническая физическая культура.

4. Выбрать правильное определение термина «Физическое развитие»:

а) физическое развитие – это педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
б) физическое развитие – это приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
в) физическое развитие – это биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
г) физическое развитие – это процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

5. Теоретический материал учебного предмета «Физическая культура и спорт» в высших учебных заведениях включает в себя:

а) фундаментальные знания общетеоретического характера;
б) инструктивно-методические знания;
в) знания о правилах выполнения двигательных действий;
г) все вышеперечисленное.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Что понимается под закаливанием:

а) купание в холодной воде и хождение босиком;
б) приспособление организма к воздействиям внешней среды;
в) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми;
г) укрепление здоровья.

2. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
г) все перечисленное.

3. Какое понятие не относится к двигательной активности человека:

а) гипоксия; б) гиподинамия; в) гипокинезия; г) гипердинамия.

4. Какая из перечисленных функций не относится к функции кожи:

а) защита внутренней среды организма; б) теплорегуляция; в) выделение из организма продуктов обмена веществ;
г) звукоизоляция.

5. Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому что:

а) обеспечивает ритмичность работы организма;

б) позволяет правильно планировать дела в течение дня;
в) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня;
г) позволяет избегать неоправданных физических напряжений.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическое упражнение - это:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Положительное влияние физических упражнений на развитие функциональных возможностей организма будет зависеть:

а) от технической и физической подготовленности занимающихся;
б) от особенностей реакций систем организма в ответ на выполняемые упражнения;
г) от состояния здоровья и самочувствия занимающихся во время выполнения упражнений;
г) от величины физической нагрузки и степени напряжения в работе определенных мышечных групп.

3. Что не относиться к средствам физического воспитания:

а) физические упражнения;
б) подвижные игры;
в) соревнования;
в) спортивные игры.

4. Что относится к методическим принципам физического воспитания:

а) сознательность и активность;
б) наглядность и доступность;
в) систематичность и динамичность;
г) все вышеперечисленное.

5. Регулярные занятия физическими упражнениями способствует повышению работоспособности, потому что:

а) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости;
б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации;
в) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения;
г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнять больший объем физической работы за отведенный отрезок времени.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Степень владения техникой действий, при которой повышена концентрация внимания на составные операции (части), наблюдается нестабильное решение двигательной задачи – это

а) двигательное умение; в) массовый спорт; в) двигательный навык;
г) спорт высших достижений.

2. Для воспитания быстроты используются:

а) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции;
б) подвижные и спортивные игры;
в) упражнения на быстроту реакции и частоту движений;
г) двигательные упражнения, выполняемые с максимальной скоростью.

3. Различают два вида выносливости:

а) абсолютная и относительная; б) общая и специальная; в) активная и пассивная;
г) динамическую и статическую.

4. Процесс воспитания физических качеств, обеспечивающих преимущественное развитие тех двигательных способностей, которые необходимы для конкретной спортивной дисциплины - это

а) общая физическая подготовка; б) двигательное умение; в) специальная физическая подготовка; г) двигательный навык.

5. Различают силу:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) статическую и динамическую.

Контрольная работа №2

Вариант 1

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. В комплекс утренней гимнастики следует включать:

а) упражнения с отягощением; б) упражнения статического характера;
в) упражнения на гибкость и дыхательные упражнения; г) упражнения на выносливость.
2. К объективным показателям самоконтроля относится:
а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.
3. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:
а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.
4. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:
а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. Регулярные занятия доступным видом спорта, участия в соревнованиях с целью укрепления здоровья, коррекции физического развития и телосложения, активного отдыха, достижение физического совершенствования – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

2. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает гибкость и ловкость:

а) фехтование;
б) баскетбол;
в) фигурное катание;
г) художественная гимнастика.

3. Количество игроков одной команды в волейболе на площадке:

а) 7; б) 6; в) 5; г) 8.

4. Как осуществляется контроль за влиянием физических нагрузок на организм во время занятий физическими упражнениями:

а) по частоте дыхания;
б) по частоте сердечно-сосудистых сокращений;
в) по объему выполненной работы.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Степень владения техникой действия, при которой управление движением происходит автоматически, и действия отличаются надежностью – это:

а) двигательное умение;
б) массовый спорт;
в) двигательный навык;
г) спорт высших достижений.

2. Как дозируются упражнения на гибкость:

а) до появления пота;
б) до снижения амплитуды движений;
в) по 12-16 циклов движений;
г) до появления болевых ощущений.

3. При воспитании силы применяются специальные упражнения с отягощениями. Их отличительная особенность заключается в том, что:

а) в качестве отягощения используется собственный вес человека;
б) они выполняются до утомления;
в) они вызывают значительное напряжение мышц;
г) они выполняются медленно.

4. В каком из перечисленных видов спорта преимущественно развивается выносливость:

а) в фигурном катании;
б) в пауэрлифтинге;
в) в художественной гимнастике;
г) в лыжном спорте.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:

а) обеспечивают усиленную работу мышц;
б) обеспечивают выполнение большого объема мышечной работы с разной интенсивностью;
в) обеспечивают усиленную работу систем дыхания и кровообращения;
г) обеспечивают усиленную работу системы энергообеспечения.

2. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;
б) сменить вид деятельности;
в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

3. При нагрузке средней интенсивности частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин;
б) 130 – 150 уд/мин;
в) 150 – 170 уд/мин;
г) более 170 уд/мин

4. Что называется «разминкой», проводимой в подготовительной части занятия:

а) чередование легких и трудных общеразвивающих упражнений;
б) чередование беговых и общеразвивающих упражнений;
в) подготовка организма к предстоящей работе;
г) чередование беговых упражнений и ходьбы.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

Специально направленное и избирательное использование средств физической культуры и спорта для подготовки человека к определенной профессиональной деятельности – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) производственная физическая культура;
г) массовый спорт.

1. ППФП строится на основе и в единстве с:

а) физической подготовкой; б) технической подготовкой; в) тактической подготовкой;
г) психологической подготовкой.

3. Какая из нижеперечисленных задач не является задачей ППФП:

а) развитие физических способностей, специфических для данной профессии;
б) формирование профессионально-прикладных сенсорных умений и навыков;
в) сообщение специальных знаний для успешного освоения практических навыков трудовой деятельности;
г) повышение функциональной устойчивости организма к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды.

4. Что не является формой занятий по ППФП:

а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Вариант 2

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. Определение повседневных изменений в подготовке занимающихся – это:

а) педагогический поэтапный контроль;
б) педагогический текущий контроль;
в) педагогический оперативный контроль;
г) педагогический двигательный контроль.

1. В комплекс утренней гимнастики не рекомендуется включать:

а) упражнения на гибкость;
б) дыхательные упражнения;
в) упражнения с отягощением;
г) упражнения для всех групп мышц.

2. Самостоятельные тренировочные занятия не рекомендуется выполнять:

а) за час до приема пищи;
б) после сна натощак;
в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда;
г) за 3 часа до отхода ко сну.

4. Дневник самоконтроля нужен для:

а) коррекции содержания и методики занятий физическими упражнениями;
б) контроля родителей;
в) лично спортсмену;
г) лично тренеру.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. К циклическим видам спорта не относится:

а) волейбол;
б) стайерский бег;
в) плавание;

г) спортивная ходьба.

2. Какой из перечисленных видов спорта преимущественно развивает координацию движений:

а) спортивная гимнастика;
б) лыжный спорт;
в) триатлон;
г) атлетическая гимнастика.

3. Систематическая плановая многолетняя подготовка и участие в соревнованиях в избранном виде спорта с целью достижения максимальных спортивных результатов – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

4. Какие упражнения включаются в разминку почти во всех видах спорта:

а) упражнения на развитие выносливости;
б) упражнения на развитие гибкости и координации движений;
в) бег и общеразвивающие упражнения.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Какая из представленных способностей не относится к группе координационных:

а) способность сохранять равновесие;
б) способность точно дозировать величину мышечных усилий;
в) способность быстро реагировать на стартовый сигнал;
г) способность точно воспроизводить движения в пространстве.

2. Почему на занятиях по «физической культуре» выделяют подготовительную, основную и заключительную части:

а) так удобнее распределять различные по характеру упражнения;
б) выделение частей занятий связано с необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся;
в) выделение частей в занятии требует Министерство науки и образования;
г) перед занятием, как правило, ставятся 3 задачи, и каждая часть предназначена для них.

3. Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:

а) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий;
б) степень преодолеваемых при их выполнении трудностей;
в) утомлением, возникающим в результате их выполнения;
г) частотой сердечных сокращений.

4. Назовите количество игроков на волейбольной площадке:

а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. К объективным показателям самоконтроля относится:

а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.

2. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

3. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

4. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;
б) сменить вид деятельности;
в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

1. Система методически обоснованных физических упражнений, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой и профессиональной дееспособности – это:

а) физкультурная пауза;
б) производственная физическая культура;
в) спорт высших достижений;
г) массовый спорт.

2. Профессионально-прикладная физическая подготовка - это

а) специализированный вид физического воспитания, осуществляемый в соответствии с особенностями и требованиями данной профессии;
б) система профессиональных мероприятий, осуществляемая в соответствии с особенностями данной профессии;

в) процесс формирования специализированных знаний, умений и навыков;
г) целенаправленное воздействие на развитие физических качеств человека посредством нормированных нагрузок.
3. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает координационные способности монтажников-высотников:
а) фехтование; б) баскетбол; в) мото-спорт; г) гимнастика.
4. Что не является формой занятий по ППФП:
а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 40 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

20-40 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-19 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

Образец оформления титульного листа



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

Екатеринбург
2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Физической культуры	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Шулиманов Д.Ф.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 14 от 03.04.2019 г.	Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом ……..3
1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий ……...3
1.1.1. Утренняя физическая гимнастика……3
1.1.2. Упражнения в течение учебного дня……4
1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия……..4
1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий……5
1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин……6
1.2 Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма……..7
1.2.1 Оценка физического развития……...9
1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)..……10
2. Другие виды самостоятельной работы
2.1 Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности…….……12
2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 м)……12
2.1.2 Техника выполнения упражнения……...12
2.1.3 Методы самостоятельной тренировки…….....13
2.1.4. Средства тренировки быстроты……..13
2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива……...14
2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин …….……...15
2.2.1. Техника выполнения упражнения……..15
2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин……..……...15
2.3.1. Техника выполнения упражнения……..15
2.3.2. Методы развития силы……16
2.4. Тест на общую выносливость (бег 2000 и 3000 м)……..17
2.4.1. Техника бега на длинные дистанции……..17
2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения Самостоятельных тренировок……..18
3.Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности……...…….….....21

1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом

1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий

Планирование самостоятельных занятий осуществляется студентами при консультации преподавателей и должно быть направлено на достижение единой цели – сохранение хорошего здоровья, поддержание высокого уровня физической и умственной работоспособности, достижение поставленной задачи.

Существуют три формы самостоятельных занятий:

1. Утренняя физическая гимнастика (УФГ).

2. Упражнения в течение учебного (рабочего) дня.

3. Самостоятельные тренировочные занятия.

1.1.1. Утренняя физическая гимнастика

Выполняется ежедневно. В комплекс УФГ следует включать упражнения для всех групп мышц, упражнения на гибкость и дыхание, бег, бег (прыжковые упражнения).

Не рекомендуется выполнять:

- упражнения статического характера;

- со значительными отягощениями;

- упражнения на выносливость.

При выполнении УФГ рекомендуется придерживаться определенной последовательности выполнения упражнений:

- медленный бег, ходьба (2-3 мин.);

- потягивающие упражнения в сочетании с глубоким дыханием;

- упражнение на гибкость и подвижность для мышц рук, шеи, туловища и ног;

- силовые упражнения без отягощений или с небольшими отягощениями для рук, туловища, ног (сгибание-разгибание рук в упоре лежа, упражнения с легкими гантелями, с эспандерами);

- различные наклоны в положении стоя, сидя, лежа, приседания на од-ной и двух ногах и др.;

- легкие прыжки или подскоки (например, со скалкой) – 20-30 с.;

- упражнения на расслабление с глубоким дыханием.

При составлении комплексов УФГ рекомендуется физиологическую нагрузку на организм повышать постепенно, с максимумом во второй половине комплекса. К концу выполнения комплекса нагрузка снижается и организм приводится в спокойное состояние.

Между сериями из 2-3 упражнений (а при силовых – после каждого) выполняется упражнение на расслабление или медленный бег (20-30с.).

УФГ должна сочетаться с самомассажем и закаливанием организма. Сразу же после выполнения комплекса УФГ рекомендуется сделать самомассаж основных мышечных групп ног, туловища, рук (5-7 мин.) и выполнить водные процедуры с учетом правил и принципов закаливания.

1.1.2. Упражнения в течение учебного дня

Выполняются в перерывах между учебными и самостоятельными занятиями.

Они обеспечивают предупреждение наступающего утомления, способствуют поддержанию высокой работоспособности на длительное время без перенапряжения.

При выполнении этих упражнений следует придерживаться следующих правил:

1. Проводить в хорошо проветренных помещениях или на открытом воздухе.

2. Растягивать и расслаблять мышцы, испытывающие статическую нагрузку.

3. Нагружать неработающие мышцы.

1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия

Можно проводить индивидуально или в группе из 3-5 человек и более. Групповая тренировка более эффективна, чем индивидуальная. Заниматься рекомендуется 3-4 раза в неделю по 1,5 -2 часа. Заниматься менее двух раз в неделю нецелесообразно, т.к. это не способствует повышению уровня тренированности организма. Тренировочные занятия должны носить комплексный характер, т.е. способствовать развитию всего комплекса физических качеств, а также укреплению здоровья и повышению общей работоспособности организма.

Каждое самостоятельное тренировочное занятие состоит из трех частей:

1. Подготовительная часть (разминка) (15-20 мин. для одночасового занятия): ходьба (2-3 мин.), медленный бег (8-10 мин.), общеразвивающие упражнения на все группы мышц, соблюдая последовательность «сверху вниз», затем выполняются специально-подготовительные упражнения, выбор которых зависит от содержания основной части.

2. В основной части (30-40 мин.) изучаются спортивная техника и тактика, осуществляется тренировка развития физических, волевых качеств. При выполнении упражнений в основной части занятия необходимо придерживаться следующей последовательности:

После разминки выполняются упражнения, направленные на изучение и совершенствование техники, и упражнения на быстроту, затем упражнения для развития силы и в конце основной части занятия – для развития выносливости.

3. В заключительной части (5-10 мин.) выполняются медленный бег (3-8 мин.), переходящий в ходьбу (2-6 мин.), упражнения на расслабление в сочетании с глубоким дыханием, которые обеспечивают постепенное снижение тренировочной нагрузки и приведение организма в сравнительно спокойное состояние.

1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий

Методические принципы, которыми необходимо руководствоваться при проведении самостоятельных тренировочных занятий, следующие:

- принцип сознательности и активности предполагает углубленное изучение занимающимися теории и методики спортивной тренировки, осознанное отношение к тренировочному процессу, понимание целей и задач занятий, рациональное применение средств и методов тренировки в каждом занятии, учет объема и интенсивности выполняемых упражнений и физических нагрузок, умение анализировать и оценивать итоги тренировочных занятий;

- принцип систематичности требует непрерывности тренировочного процесса, рационального чередования физических нагрузок и отдыха, преемственности и последовательности тренировочных нагрузок от занятия к занятию. Эпизодические занятия или занятия с большими перерывами (более 4-5 дней) неэффективны и приводят к снижению достигнутого уровня тренированности;

- принцип доступности и индивидуализации обязывает планировать и включать в каждое тренировочное занятие физические упражнения, по своей сложности и интенсивности доступные для выполнения занимающимися. При определении содержания тренировочных занятий необходимо соблюдать правила: от простого – к сложному, от легкого – к трудному, от известного – к неизвестному, а также осуществлять учет индивидуальных особенностей занимающихся: пол, возраст, физическую подготовленность, уровень здоровья, волевые качества, трудолюбие, тип высшей нервной деятельности и т.п. Подбор упражнений, объем и интенсивность тренировочных нагрузок нужно осуществлять в соответствии с силами и возможностями организма занимающихся;

- принцип динамичности и постепенности определяет необходимость повышения требований к занимающимся, применение новых, более сложных физических упражнений, увеличение тренировочных нагрузок по объему и интенсивности. Переход к более высоким тренировочным нагрузкам должен проходить постепенно с учетом функциональных возможностей и индивидуальных особенностей занимающихся.

Если в тренировочных занятиях был перерыв по причине болезни, то начинать занятия следует после разрешения врача при строгом соблюдении принципа постепенности. Вначале тренировочные нагрузки значительно снижаются и постепенно доводятся до занимающегося в тренировочном плане уровня.

Все выше перечисленные принципы находятся в тесной взаимосвязи. Это различные стороны единого, целостного повышения функциональных возможностей занимающихся.

1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин

Организм женщины имеет анатомо-физиологические особенности, которые необходимо учитывать при проведении самостоятельных занятий физическими упражнениями или спортивной тренировки. В отличие от мужского, у женского организма менее прочное строение костей, ниже общее развитие мускулатуры тела, более широкий тазовый пояс и мощнее мускулатура тазового дна. Для здоровья женщины большое значение имеет развитие мышц брюшного пресса, спины и тазового дна. От их развития зависит нормальное положение внутренних органов. Особенно важно развитие мышц тазового дна.

Одной из причин недостаточного развития этих мышц у студенток и работниц умственного труда является малоподвижный образ жизни. При положении сидя мышцы тазового дна не противодействуют внутрибрюшному давлению и растягиваются от тяжести лежащих над ними органов. В связи с этим мышцы теряют свою эластичность и прочность, что может привести к нежелательным изменениям положения внутренних органов и к ухудшению их функциональной деятельности.

Ряд характерных для организма женщины особенностей имеется и в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и других систем. Все это выражается более продолжительным периодом восстановления организма после физической нагрузки, а также более быстрой потерей состояния тренированности при прекращении тренировок.

Особенности женского организма должны строго учитываться в организации, содержании, методике проведения самостоятельных занятий. Подбор физических упражнений, их характер и интенсивность должны соответствовать физической подготовленности, возрасту, индивидуальным возможностям студенток. Необходимо исключать случаи форсирования тренировок для того, чтобы быстро достичь высоких результатов. Разминку следует проводить более тщательно и более продолжительно, чем при занятиях мужчин. Рекомендуется остерегаться резких сотрясений, мгновенных напряжений и усилий, например, при занятиях прыжками и в упражнениях с отягощением. Полезны упражнения, в положении сидя, и лежа на спине с подниманием, отведением, приведением и круговыми движениями ног, с подниманием ног и таза до положения «березка», различного рода приседания.

Даже для хорошо физически подготовленных студенток рекомендуется исключить упражнения, вызывающие повышение внутрибрюшного давления и затрудняющие деятельность органов брюшной полости и малого таза. К таким упражнениям относятся прыжки в глубину, поднимание больших тяжестей и другие, сопровождающиеся задержкой дыхания и натуживанием.

При выполнении упражнений на силу и быстроту движений следует более постепенно увеличивать тренировочную нагрузку, более плавно доводить ее до оптимальных пределов, чем при занятиях мужчин.

Упражнения с отягощениями применяются с небольшими весами, сериями по 8-12 движений с вовлечением в работу различных мышечных групп. В интервалах между сериями выполняются упражнения на расслабление с глубоким дыханием и другие упражнения, обеспечивающие активный отдых.

Функциональные возможности аппарата кровообращения и дыхания у девушек и женщин значительно ниже, чем у юношей и мужчин, поэтому нагрузка на выносливость для девушек и женщин должна быть меньше по объему и повышаться на более продолжительном отрезке времени.

Женщинам при занятиях физическими упражнениями и спортом следует особенно внимательно осуществлять самоконтроль. Необходимо наблюдать за влиянием занятий на течение овариально-менструального цикла и характер его изменения. Во всех случаях неблагоприятных отклонений необходимо обращаться к врачу.

Женщинам противопоказаны физические нагрузки, спортивная тренировка и участие в спортивных соревнованиях в период беременности. После родов к занятиям физическими упражнениями и спортом рекомендуется приступать не ранее чем через 8-10 месяцев.

1.2. Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма

Данные самоконтроля записываются в дневник, они помогают контролировать и регулировать правильность подбора средств, методику проведения учебно-тренировочных занятий. У отдельных занимающихся количество показателей самоконтроля в дневнике и порядок записи могут быть различными, но одинаково важно для всех правильно оценивать отдельные показатели, лаконично фиксировать их в дневнике.

В дневнике самоконтроля рекомендуется регулярно регистрировать:

- субъективные данные (самочувствие, сон, аппетит, болевые ощущения);

- объективные данные (частота сердечных сокращений (ЧСС), масса тела, тренировочные нагрузки, нарушения режима, спортивные результаты).

Субъективные данные:

Самочувствие - отмечается как хорошее, удовлетворительное или плохое. При плохом самочувствии фиксируется характер необычных ощущений.

Сон - отмечается продолжительность и глубина сна, его нарушения (трудное засыпание, беспокойный сон, бессонница, недосыпание и др.).

Аппетит - Отмечается как хороший, удовлетворительный, пониженный и плохой. Различные отклонения состояния здоровья быстро отражаются, поэтому его ухудшение, как правило, является результатом переутомления или заболевания.

Болевые ощущения - фиксируются по месту их локализации, характеру (острые, тупые, режущие и т.п.) и силе проявления.

Объективные данные:

ЧСС – важный показатель состояния организма. Его рекомендуется подсчитывать регулярно, в одно и то же время суток, в покое. Лучше всего утром, лежа, после пробуждения, а также до тренировки (за 3-5 мин) и сразу после спортивной тренировки.

Нормальными считаются следующие показатели ЧСС в покое:

- мужчины (тренированные/не тренированные) 50-60/70-80;

- женщины (тренированные/не тренированные) 60-70/75-85.

С увеличением тренированности ЧСС понижается.

Интенсивность физической нагрузки также определяться по ЧСС, которая измеряется сразу после выполнения упражнений.

При занятиях физическими упражнениями рекомендуется придерживаться следующей градации интенсивности:

- малая интенсивность – ЧСС до 130 уд/мин. При этой интенсивности эффективного воспитания выносливости не происходит, однако создаются предпосылки для этого, расширяется сеть кровеносных сосудов в скелетных мышцах и в сердечной мышце (целесообразно применять при выполнении разминки);

- средняя интенсивность от 130 до 150 уд/мин.;

- большая интенсивность – ЧСС от 150 до 180 уд/мин. В этой тренировочной зоне интенсивности к аэробным механизмам подключаются анаэробные механизмы энергообеспечения, когда энергия образуется при распаде энергетических веществ в условиях недостатка кислорода;

- предельная интенсивность – ЧСС 180 уд/мин. и больше. В этой зоне интенсивности совершенствуются анаэробные механизмы энергообеспечения.

Существенным моментом при использовании ЧСС для дозирования нагрузки является ее зависимость от возраста.

Известно, что по мере старения уменьшается возможность усиления сердечной деятельности за счет учащения сокращения сердца во время мышечной работы. Оптимальную ЧСС с учетом возраста при продолжительных упражнениях можно определить по формулам:

- для начинающих: ЧСС (оптимальная) = 170 – возраст (в годах)

- для занимающихся регулярно в течении 1-2 лет:

- ЧСС (оптимальная) = 180 – возраст (в годах)

Зависимость максимальной величины ЧСС от возраста при тренировке на выносливость можно определить по формуле:

- ЧСС (максимальная) = 220 – возраст (в годах)

Например, для занимающихся в возрасте 18 лет максимальная ЧСС будет равна 220-18=202 уд/мин.

Важным показателем приспособленности организма к нагрузкам является скорость восстановления ЧСС сразу после окончания нагрузки. Для этого определяется ЧСС в первые 10 секунд после окончания нагрузки, пересчитывается на 1 мин. и принимается за 100%. Хорошей реакцией восстановления считается:

- снижение через 1 мин. на 20%;

- через 3 мин. – на 30%;

- через 5 мин. – на 50%,

- через 10 мин. – на 70 – 75%. (отдых в виде медленной ходьбы).

Масса тела должна определяться периодически (1-2 раза в месяц) утром натощак, на одних и тех же весах. В первом периоде тренировки масса обычно снижается, а затем стабилизируется и в дальнейшем за счет прироста мышечной массы несколько увеличивается. При резком снижении массы тела следует обратиться к врачу.

Тренировочные нагрузки в дневник самоконтроля записываются коротко, вместе с другими показателями самоконтроля они дают возможность объяснить различные отклонения в состоянии организма.

Спортивные результаты показывают, правильно ли применяются средства и методы тренировочных занятий. Их анализ может выявить дополнительные резервы для роста физической подготовленности и спортивного мастерства.

В процессе занятий физическими упражнениями рекомендуется периодически оценивать уровень своего физического развития и физической (функциональной) подготовленности.

1.2.1. Оценка физического развития

Проводится с помощью антропометрических измерений: рост стоя и сидя, масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких (ЖЁЛ) и сила кисти сильнейшей руки, которые дают возможность определить:

- уровень и особенности физического развития;

- степень его соответствия полу и возрасту;

- имеющиеся отклонения;

- улучшение физического развития под воздействием занятий физическими упражнениями.

Применяются следующие антропометрические индексы:

- Весо-ростовой показатель

- ВРП= масса тела (грамм.)/длина тела (см.)

Хорошая оценка:

- для женщин 360-405 г/см.;

- для мужчин 380-415 г/см.

Индекс Брока

Оптимальная масса тела для людей ростом от 155 до 165 см. равна длине тела в сантиметрах минус 100. При росте 165-175 см. вычитают 105, при росте более 175 см. – 110.

Силовой показатель (СП)

Показывает соотношение между массой тела и мышечной силой. Обычно, чем больше мышечная масса, тем больше сила. Силовой показатель определяется по формуле и выражается в процентах:

$$\frac{\text{сила (кг)}}{\text{общая масса тела (кг)}} \times 100$$

Для сильнейшей руки:

- для мужчин - 65-80%

- для женщин - 48-50%.

1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)

Определение резервных возможностей организма

Осуществляется с помощью физиологических проб сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС) систем.

Общее требования:

1. Проводить в одно и то же время суток.

2. Не ранее чем через 2 часа после приема пищи.

3. При температуре 18-20 градусов, влажности менее 60%.

Функциональная проба с приседанием

Проверяемый отдыхает стоя 3 мин., на 4-й мин. подсчитывается ЧСС за 15 с. с пересчетом на 1 мин. (исходная частота). Далее выполняется 20 приседаний за 40 с., поднимая руки вперед. Сразу после приседаний подсчитывается ЧСС в течение первых 15 с. с пересчетом на 1 мин. Определяется увеличение ЧСС после приседаний сравнительно с исходной в процентах.

Оценка:

- отлично – до 20%;

- хорошо – 20-40%;

- удовлетворительно – 40-65%;

- плохо – 66-75%;

- более 75%.

Ортостатическая проба

Применяется для оценки сосудистого тонуса.

Отдых 5 минут в положении лежа, подсчитывают ЧСС в положении лежа за 1 мин. (исходная ЧСС), после чего занимающийся встает, и снова подсчитывает пульс за 1 мин.

Оценка:

- «хорошо» - не более 11 ударов (чем меньше разница, тем лучше);

- «удовлетворительно» - от 12 до 18 ударов (потливость);

- «неудовлетворительно» - более 19 ударов (потливость, шум в ушах).

Проба Штанге (задержка дыхания на вдохе),

проба Генча (задержка дыхания на вдохе)

Оценивается устойчивость организма к недостатку кислорода, а также общий уровень тренированности.

После 5 мин. отдыха сидя, сделать 2-3 глубоких вдоха и выдоха, затем сделать полный вдох (выдох) и задержать дыхание. Отмечается время от момента задержания дыхания до ее прекращения.

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	90 сек	80 сек
Хорошо	80-89 сек	70-79 сек
Удовлетворительно	50-79 сек	40-69 сек
Неудовлетворительно	50 и ниже	40 и ниже

Проба Генча

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	45 сек	35 сек
Хорошо	40-44 сек	30-34 сек
Удовлетворительно	30-39 сек	20-29 сек
Неудовлетворительно	30 и ниже	20 и ниже

С нарастанием тренированности время задержания дыхания возрастает, при снижении или отсутствии тренированности – снижается.

Самоконтроль прививает занимающимся грамотное и осмысленное отношение к своему здоровью и к знаниям физической культурой и спортом, имеет большое воспитательное значение.

2. Другие виды самостоятельной работы

2.1. Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности

2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 метров)

Нормативы:

- у студенток нормативы в беге на 100 метров следующие: 15.7 сек - 5 очков; 16,0 - 4; 17,0 -3; 17,9 - 2; 18,7 - 1.

- студенты должны показать результаты в следующих пределах: 13,2 сек - 5 очков; 13,8 - 4; 14,0 - 3; 14,3 - 2; 14,6 - 1.

2.1.2. Техника выполнения упражнения

При анализе бега на 100 м. принято выделять следующие основные фазы:

- старт и стартовый разгон;

- бег по дистанции;

- финиширование.

Старт и стартовый разгон

Существует два вида старта: низкий и высокий. Экспериментальные данные показывают, что новичкам и спортсменам 2-го разряда лучше применять высокий старт. Такая закономерность наблюдается до результата 11,4-11,6 с. и объясняется технической сложностью низкого старта. Поэтому следует ограничиться только овладением техникой высокого старта.

По команде «На старт» занимающийся подходит к стартовой линии, ставит сильнейшую (толчковую ногу) вплотную к линии, маховая нога располагается на 1,5-2 стопы назад на носок, расстояние между ними 15-20 см. Туловище выпрямлено, руки опущены, вес тела распределяется равномерно на обе ноги.

По команде «Внимание» вес тела переносится на впереди согнутую стоящую ногу, разноименная рука вперед. Проекция плеч находится за стартовой линией на расстоянии 5-8 см. Взгляд направлен вперед - вниз.

По команде «Марш» бегун мощно разгибает толчковую ногу и стремится максимально быстро вынести маховую ногу вперед с постановкой ее сверху вниз на дорожку. Руки работают максимально активно, плечевой пояс не закрепощен, кисти расслаблены. Стартовый разгон характеризуется постепенным увеличением длины шагов, уменьшением наклона туловища и приближением стоп к средней линии.

Бег по дистанции

Перед бегущим стоит задача удержать развитую горизонтальную скорость до финиша. Этому будет способствовать сохранение длины и частоты шагов.

Во время бега маховая нога ставится с носка спереди проекции общего центра тяжести тела (ОЦТТ) сверху вниз. Взаимодействие маховой ноги с грунтом называется передним толчком. Задний толчок выполняется мощным разгибанием бедра и сгибанием стопы. Голова держится прямо. Руки согнуты (угол сгибания в локтевых суставах примерно 90 град.).

При движении руки вперед кисть поднимается до уровня плеч. Назад рука отводится до «отказа» и угол сгибания в локтевом суставе увеличивается. Пальцы рук слегка согнуты.

Финиширование

Наклон туловища увеличивается. На последних метрах дистанции необходимо стремиться не потерять свободы движений и пробегать финиш без снижения скорости.

2.1.3. Методы самостоятельной тренировки

- Повторный метод - повторное выполнение упражнений с около-предельной и предельной скоростью. Отдых продолжается до восстановления. Упражнения повторяются до тех пор, пока скорость не начнет снижаться.

- Переменный метод - когда пробегаются дистанции, например, с варьированием скорости и ускорения. Цель - исключить стабилизацию скорости («скоростной барьер»).

- Соревновательный метод - предполагает выполнение упражнений на быстроту в условиях соревнований. Эмоциональный подъем на соревнованиях способствует мобилизации на максимальные проявления быстроты, позволяет выйти на новый рубеж скорости.

2.1.4. Средства тренировки быстроты

Частоту движений, а вместе с ней и быстроту циклических движений развивают с помощью упражнений, которые можно выполнять с максимальной скоростью, а также с помощью скоростно-силовых упражнений для ациклических движений. При этом упражнения должны отвечать следующим требованиям:

- техника упражнений должна обеспечивать выполнение движений на предельных скоростях;

- упражнения должны быть хорошо освоены, чтобы не требовалось волевого усилия для их выполнения;

- продолжительность упражнений должна быть такой, чтобы скорость не снижалась вследствие утомления - 20-22 с.

Основным средством отработки бега по дистанции является бег с максимальной скоростью. Такой бег выполняется 5-6 раз по 30-40 метров. В тренировке можно чередовать бег в обычных, облегченных (с горки, угол 4-5 град.) и затрудненных (в горку или с сопротивлением) условиях.

Для развития скоростной выносливости рекомендуется пробегать большую дистанцию (120-150 м), когда очередная пробежка начинается при пульсе 120 уд/мин.

Для тренировки в беге на 100 метров следует использовать кроссы (6 км, 30 мин), повторный бег на отрезках 200 м в 3/4 силы. Спортивные игры (баскетбол, футбол) также приносят пользу в развитии быстроты.

Можно рекомендовать и упрощенную методику, обеспечивающую минимально необходимый уровень подготовленности:

- повторный метод - в одном занятии 3-4 пробегания по 20-30 метров с максимальной скоростью и интервалами отдыха для восстановления пульса до 110-120 уд/мин;

- переменный метод - пробегание 2-х отрезков по 30 метров с максимальной скоростью и последующим переходом на спокойный бег 150--200 метров. Выполняется 3-4 подхода.

Для ощутимого сдвига в подготовленности такие тренировки рекомендуется проводить 3-4 раза в неделю.

2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива

При подготовке к сдаче бега на 100 метров следует учитывать общие требования по питанию при занятиях физическими упражнениями:

1. По времени - прием пищи не менее чем за 2-3 часа.

2. По составу - не есть тяжелой пищи (мясо, яйца, масло, молочные продукты, жирную, долго перевариваемую пищу).

Не рекомендуется выходить на старт с переполненным желудком.

Непосредственно перед сдачей норматива необходимо провести разминку с использованием специальных упражнений:

1. Бег с высоким подниманием бедра.

2. Бег с «захлестыванием» голеней назад.

3. Семенящий бег.

4. Прыжки с ноги на ногу (шаги).

5. Бег в упоре стоя у гимнастической стенки.

6. Бег с ускорением с высокого старта с подачей стартовых команд (2-3 ускорения по 10-15 метров).

Разминка заканчивается за 10 минут до старта.

Непосредственно перед стартом нельзя отдыхать лежа, сидя, необходимо постоянно находиться в движении (прохаживаться, выполнять упражнения на растяжку). Частота сердечных сокращений непосредственно перед стартом должна быть 110 – 120 уд/мин.

Психологическая подготовка заключается в мысленном «прокручивании» в голове этапов преодоления дистанции: старта, стартового разбега, бега по дистанции, финиширования с концентрацией внимания на технике выполнения каждого этапа.

При выполнении теста не разрешается:

- наступать на линию старта (стартовая линия входит в дистанцию);

- перебегать на соседние дорожки.

2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин

(поднимание (сед) и опускание туловища из положения лежа, ноги закреплены, руки за головой)

Нормативы: 60 раз - 5 очков, 50 - 4, 40 - 3, 30 - 2, 20 - 1.

Это упражнение используется для оценки развития мышц живота (брюшного пресса).

О мышцах брюшного пресса следует сказать особо. Эта группа мышц участвует в большинстве движений. Она создает хороший «мышечный корсет», охватывающий брюшную полость и способствующий нормальному функционированию внутренних органов, что положительно влияет на состояние здоровья.

2.2.1. Техника выполнения упражнения

И.п. (исходное положение) – лежа на спине, ноги согнуты в коленях, стопы прижаты к полу, руки в замок за головой, локти разведены.

Это силовое упражнение состоит из 4-х фаз:

- поднимание туловища;

- фиксация его в вертикальном положении;

- опускание;

- пауза в горизонтальном положении.

Голова держится прямо, локти в стороны, дыхание ритмично.

2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин (подтягивание на перекладине)

Учебной программой по физической культуре предусмотрено тестирование студентов для определения уровня их силового развития. Нормативы следующие: 15 раз - 5 очков, 12 - 4, 9 - 3, 7 - 2, 5 - 1;

2.3.1. Техника выполнения упражнения

Каждый цикл подтягивания в висе на перекладине включает:

- исходное положение - вис на вытянутых руках хватом сверху (большими пальцами внутрь);

- подъем до пересечения подбородком линии перекладины;

- опускание в исходное положение.

При выполнении теста разрешается сгибание, разведение ног, запрещаются рывковые движения туловищем и руками, хлестовые движения ногами. Выполнение засчитывается только при полном выпрямлении рук в локтевых суставах.

Наиболее экономично подтягивание при хвате рук на ширине плеч. Если кисти рук расположены ближе друг к другу, то положение тела становится менее устойчивым и отклонения

придется компенсировать за счет дополнительных мышечных усилий, что будет увеличивать энерготраты и снижать результат. Возрастают энерготраты и при широком хвате (шире плеч). Это связано с тем, что для фиксации лопаток при широком хвате требуется большая, чем при хвате на ширине плеч, сила мышц, приближающих лопатки к позвоночному столбу.

Опускание в вис (в исходное положение) после подтягивания должно выполняться спокойно. Дыхание не задерживается.

2.3.2. Методы развития силы

На практике распространены следующие методы силовой подготовки:

- метод максимальных усилий;

- метод повторных усилий;

- метод динамических усилий.

Согласно методу максимальных усилий выполнение упражнений организуется таким образом, чтобы занимающийся смог подтянуться 1-3 раза в одном подходе (при условии, что он способен самостоятельно подтянуться как минимум 2-3 раза). Такое достигается за счет применения дополнительного внешнего отягощения. Делается 5-6 подходов с перерывами 2-4 минуты.

По методу повторных усилий подтягивания в одном подходе выполняются до «отказа». Если занимающийся имеет максимальный индивидуальный показатель 10-15 подтягиваний и более, то следует применять отягощение весом 30-70% от максимального. Например, занимающийся может подтянуться 1 раз с максимальным отягощением 10 кг. Значит, для тренировки по методу повторных усилий следует подобрать вес отягощения 3-7 кг. Выполняется 3-6 подходов с отдыхом между ними 2-4 мин.

Разнообразить упражнения можно, применяя метод динамических усилий. Если занимающийся легко выполняет 10-15 подтягиваний, то следует применять отягощения до 30% от максимального. В одном подходе 10-15 повторений. Темп - максимально быстрый. Всего 3-6 подходов. Во время отдыха следует добиваться наиболее полного восстановления, чтобы в следующем подходе выполнить упражнение без существенной потери скорости.

Сравнивая динамический и статический методы развития силы, необходимо отметить следующее:

- При динамическом режиме работы мышц происходит достаточное кровоснабжение. Мышца функционирует как насос - при расслаблении наполняется кровью и получает кислород и питательные вещества.

- Во время статического усилия мышца постоянно напряжена и непрерывно давит на кровеносные сосуды. В результате она не получает кислород и питательные вещества. Это ограничивает продолжительность работы мышц.

2.4. Тест на общую выносливость - бег 2000 и 3000 метров

Нормативы:

- студентки - бег 2000 метров - 10 мин.15 сек. - 5 очков; 10.50 - 4; 11.15 - 3; 11.50 - 2; 12.15 - 1;

- студенты - бег 3000 метров - 12.00 - 5; 12.35 - 4; 13.10 - 3; 13.50 - 2; 14.00 - 1.

2.4.1. Техника бега на длинные дистанции

Бег на средние и длинные дистанции начинается с высокого старта. По команде «На старт!» бегун ставит у линии более сильную ногу, а другую отставляет назад на носок (на 30 – 50 см), немного сгибает ноги, туловище наклоняет вперед и тяжесть тела переносит на впереди стоящую ногу. По команде «Марш!» бегун начинает бег, делая первые шаги в большом наклоне, который постепенно уменьшается. Длина шагов увеличивается, бег ускоряется, бегун набирает скорость и в короткое время переходит к свободному бегу на дистанции. Бег на дистанции. Во время бега на дистанции туловище вертикально или слегка наклонено вперед (5-7°). Небольшой наклон туловища вперед позволяет лучше использовать силы отталкивания и быстрее продвигаться вперед. Слишком большой наклон приводит к «падающему» бегу, при котором труднее выносить вперед согнутую ногу, в связи с чем уменьшается длина шага, а следовательно, и скорость бега. Кроме того, при большом наклоне постоянно напряжены мышцы, удерживающие туловище от увеличивающегося наклона. Отсутствие наклона ухудшает условия отталкивания, однако улучшает возможность выноса вперед согнутой в коленном суставе свободной ноги. При правильном положении туловища создаются благоприятные условия для работы мышц и внутренних органов. Наклон туловища у бегунов изменяется в пределах 2-3°: увеличивается к моменту отталкивания и уменьшается в полетной фазе. Положение головы существенно влияет на положение туловища. Надо держать голову прямо и смотреть вперед. В фазе отталкивания таз подается вперед, что является важной особенностью техники бега на длинные дистанции и позволяет полнее использовать силу реакции опоры. В технике бега на длинные дистанции важнее всего движения ног. Нога, немного согнутая, ставится на грунт упруго и эластично с передней части стопы, а затем касается его всей стопой. Постановка ноги на переднюю часть стопы позволяет эффективнее использовать эластические свойства мышц голени, активно участвующие в отталкивании. Следы стоп на дорожке у бегунов находятся на одной линии, носки почти не разворачиваются в стороны. Эффективное отталкивание характеризуется выпрямлением ноги во всех суставах. Угол отталкивания в беге на средние дистанции примерно равен 50-55°. При правильном отталкивании таз подан вперед, голень маховой согнутой ноги параллельна бедру толчковой ноги. Быстрый вынос маховой ноги вперед облегчает отталкивание. Бегуны на длинные дистанции меньше поднимают бедро маховой ноги вверх, чем бегуны на средние и короткие дистанции. Длина шага на длинные дистанции не

постоянна даже у одних и тех же бегунов. Колебания зависят от наступившего утомления, неравномерности пробегания отдельных участков дистанции, качества беговой дорожки, ветра и состояния бегуна. Обычно шаг с сильнейшей ноги на несколько сантиметров больше, чем шаг со слабейшей ноги. Длина шага равна 160 – 215 см. Повышение скорости бега за счет увеличения длины шага ограничено, так как слишком длинный шаг требует очень больших затрат сил. Кроме того, длина шага в основном зависит от индивидуальных данных бегуна. Поэтому скорость бега повышают за счет увеличения частоты шагов, которая зависит от тренированности бегуна. Движения плечевого пояса и рук связаны с движениями ног. Выполнять их надо легко, не напряженно. Это во многом зависит от умения расслаблять мышцы плечевого пояса. Движения рук помогают бегуну сохранять равновесие тела во время бега. Амплитуда движения рук зависит от скорости бега. Кисти при движении вперед не пересекают средней линии тела и поднимаются примерно до уровня ключицы. При движении рук назад кисти доходят до задней линии туловища (если смотреть на бегуна сбоку). Руки двигаются маятникообразно, пальцы рук свободно сложены, предплечья не напряжены, плечи не поднимаются вверх. При финишировании, длина которого зависит от дистанции и оставшихся сил бегуна, движения руками делаются быстрее, наклон тела увеличивается, а угол отталкивания уменьшается. Спортсмен переходит на скоростной бег, при котором скорость повышается главным образом за счет увеличения частоты шагов. К концу дистанции вследствие утомления некоторые бегуны наклоняют туловище назад. Такое положение туловища не способствует эффективности бега, так как усилия отталкивания направляются больше вверх. Техника бега на вираже имеет некоторые особенности: туловище немного наклонено влево, к бровке, правая рука движется несколько размашистей левой, причем правый локоть дальше отводится в сторону, а правая стопа ставится с некоторым поворотом внутрь. Ритм дыхания зависит от индивидуальных особенностей и скорости бега (с увеличением скорости бега увеличивается и частота дыхания). Бегун не должен задерживать дыхание. Дышать следует одновременно через нос и полуоткрытый рот, при этом важно следить за полным выдохом.

2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения самостоятельных тренировок

В некоторых случаях тренировка может стать причиной различных осложнений, включая травмы опорно-двигательного аппарата.

Основная причина травматизма опорно-двигательного аппарата - перенапряжение. Слишком быстрое увеличение тренировочных нагрузок является чрезмерным для детренированных мышц, связок и суставов. К дополнительным факторам, способствующим повреждению опорно-двигательного аппарата, можно отнести:

- бег по твердому грунту;
- избыточную массу тела;

- обувь, не пригодную для бега;

-грубые ошибки в технике.

Следовательно, меры по профилактике травм должны быть направлены на устранение или ослабление воздействия этих факторов:

- Во время кроссового бега часто болит в правом боку (печень), либо в левом боку (селезенка). Печень важный орган в жизнедеятельности нашего организма (синтез жиров и углеводов, обмен белков и витаминов) является кровяным депо. Так вот в результате переполнения кровью печени возникают колики. Глубокое дыхание снижает приток крови к правому предсердию, уменьшает болевые ощущения. Бег не надо прекращать, необходимо снизить скорость передвижения и стараться дышать глубже.

- В процессе тренировок после значительного перерыва (отдыха) или при резком увеличении нагрузок могут появляться боли в мышцах, как правило, на другой день. Во время физической работы в организме образуются продукты распада, часть которых выводится из организма через мочевыделительную систему, а другая часть, в том числе, молочная кислота задерживается в мышечных тканях. Чтобы избавиться от нее, необходимо мышцу непосредственно после физической нагрузки заставить растянуться (с помощью упражнений на растяжение), а на следующий день выполнять какую-либо физическую работу, т.е. сокращаться. Эти меры помогут ускорить вывод молочной кислоты из мышц. Боли могут длиться несколько дней и если не предпринимать никаких мер, мышца теряет эластичность, становиться твердой. В этом случае могут помочь: массаж, банные процедуры, применение согревающих мазей и гелей.

- При выполнении напряженной физической работы длительное время, например, кроссовый бег, возникают такие состояния, которые получили название «мертвая точка» и «второе дыхание». Уже через некоторое время бега в организме начинаются изменения, которые заставляют нас прекратить мышечную деятельность. Такое временное снижение работоспособности получило название «мертвая точка». Механизм возникновения такого состояния недостаточно изучен. Предполагают, что он обусловлен временным нарушением деятельности скелетных мышц и органов, обеспечивающих доставку кислорода в организм. Эти нарушения приводят к изменениям в работе нервных центров, что, в свою очередь, приводит к нарушениям в работе отдельных физиологических систем. Время возникновения и продолжительность этого состояния зависит от многих факторов, в частности от длительности и интенсивности физической нагрузки (например, при беге на 5-10 км и более возникает через 5-6 мин бега), от тренированности. Чем лучше тренирован человек, тем позже возникает это состояние и протекает менее тяжело (почти незаметно). Преодоление этого состояния требует значительного волевого усилия. В процессе проведения учебных и тренировочных занятий необходимо приучать себя преодолевать это неприятное ощущение, возникающее при

кислородной недостаточности и накоплении продуктов кислотно-щелочного распада при обмене веществ. Наступлению «второго дыхания» способствуют усиленные дыхательные упражнения, глубокие выдохи, освобождающие организм от накопившейся углекислоты, что способствует наступлению кислотно-щелочного баланса в организме. Преодолеть состояние «мертвой точки» можно, если снизить интенсивность физической нагрузки, но это нежелательно, т.к. не будет адаптации организма к такого рода деятельности.

- При занятиях физическими упражнениями могут возникнуть отклонения в деятельности сердца - учащенное сердцебиение. Оно может быть следствием стенокардии, ссоры, неурядицы в быту, семье, боязни, страха, дистрофий миокарда. Возникновение болей - сигнал опасности, в этих случаях необходимо прекратить занятия и обратиться к врачу.

- Существует состояние, называемое гравитационным шоком. Часто возникает при внезапной остановки после относительно интенсивного бега (чаще после финиша) в связи с прекращением действия «мышечного насоса». Большая масса крови застаивается в раскрытых капиллярах и венах мышц нижних конечностей, на периферии. Возникает анемия (обескровливание) мозга, недостаточное снабжение его кислородом. Появляется резкое побледнение, слабость, головокружение, тошнота, потеря сознания, исчезновение пульса. Пострадавшего необходимо уложить на спину, поднять вверх ноги (выше головы), обеспечив отток венозной крови к сердцу, улучшив снабжение головного мозга кислородом, поднести к носу ватку смоченную нашатырным спиртом. Основная профилактика гравитационного шока - исключение внезапной остановки, постепенное замедление бега.

- Гипогликемическое состояние - следствие недостаточного количества в организме сахара, нарушение углеводного обмена в результате длительной физической нагрузки. Ощущается сильный голод, головокружение, иногда потеря сознания. Профилактика – легко усваиваемые углеводы до начала длительной физической нагрузки (немного сахара, меда и т.п.) или специальные питательные смеси.

- Солнечный и тепловой удары - возникают при длительной работе под действием солнечных лучей на обнаженную голову или тело. Тепловой удар - остро развивающееся болезненное состояние, обусловленное перегреванием организма. Его признаками являются: усталость, головная боль, слабость, боли в ногах, спине, тошнота, шум в ушах, повышение температуры, потемнение в глазах, ухудшение дыхания (прерывистое), потеря сознания.

Первая помощь: пострадавшего поместить в прохладное место, снять одежду, приподнять голову, охладить область сердца (холодный компресс), напоить. Дать понюхать нашатырный спирт, сердечные средства. При нарушении дыхания сделать искусственное дыхание.

При обморожениях на охлажденном участке вначале чувствуется легкое пощипывание, затем чувствительность теряется. Особенно поддаются ему пальцы рук, ног, нос, уши. Если

произошло обморожение нельзя растирать пораженные места снегом, это только повредит кожу. Необходимо поместить обмороженный участок в тепло не растирать, а согревать при комнатной температуре. Обмороженные места смазать жиром (вазелином).

3. Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности

Выполнение контрольных нормативов требует от студента мобилизации всех своих сил и здесь следует принимать во внимание и учитывать все что может повлиять на конечный результат, в том числе характер учебно-познавательной деятельности предшествующий зачетному занятию.

В течение учебного дня, занимаясь то одним видом учебно-познавательной деятельности, то другим, обучающиеся должны переключаться с выполнения одного вида задач на другой, и каждый раз проходит какое-то время, пока будет достигнуто оптимальное соответствие состояния личности и организма обучающегося к условиям проведения определенного вида учебно-познавательной деятельности – период адаптации.

Можно говорить о том, что к каждому учебному занятию кроме практической и теоретической подготовленности, определенного уровня умений и навыков по предмету, от студентов требуется некоторая психофизиологическая и физическая готовность. В этом случае под ней подразумевается готовность психических, физиологических и обеспечивающих двигательные действия систем человека к выполнению определенного рода учебно-познавательной деятельности.

Многообразие видов учебно-познавательной деятельности определяет многообразие психофизиологических и физических состояний обучающихся. Под психофизиологическим и физическим состоянием предлагается понимать целостные психофизиологические и физические реакции обучаемого на внешние и внутренние факторы, направленные на достижение полезного результата.

Параметром психофизиологического и физического состояния является величина, характеризующая какую-либо из реакций организма обучаемого на внешние или внутренние факторы.

Уровень психофизиологической и физической готовности к предстоящему занятию, зависит от индивидуальных особенностей личности обучаемого и определенных внешних факторов, воздействующих на него на предыдущем занятии. Эти факторы можно разделить на три вида:

- санитарно-гигиенические условия;
- временные условия;

- организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности.

К санитарно-гигиеническим условиям относятся температура и влажность воздуха, освещенность, содержание кислорода в воздухе, эргономичность учебных мест, запыленность, загазованность места проведения занятия. К временным условиям относятся: время дня, день недели, месяц семестра, время года, а также время, прошедшее после последнего приема пищи.

Вышеперечисленные факторы оказывают существенное влияние на психофизиологическую и физическую готовность. Второй фактор заставляет учитывать объективные закономерности колебания уровня работоспособности студентов в течение учебного дня, учебной недели, семестра. Как известно, в течение учебного дня объективно наблюдается два периода подъема работоспособности: один в первой половине дня, второй – в послеобеденное время. Каждому периоду характерны три фазы: врабатывание, повышенная работоспособность, снижение работоспособности. В течение недели те же фазы распределяются следующим образом: понедельник, вторник – врабатывание; среда, четверг – повышенная работоспособность; пятница, суббота – снижение работоспособности. Исследования показали, что и семестровый цикл разделяется на те же фазы.

Влияние фактора «организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности» в данном случае рассматривается, как влияние особенностей психофизиологической и физической деятельности обучаемых на предыдущем занятии на их психофизиологическую и физическую готовность к последующему виду учебно-познавательной деятельности, в нашем случае к зачету. Психофизиологическая деятельность характеризуется напряженностью и характером мыслительной деятельности, а также нервно-эмоциональной напряженностью учебной деятельности.

Физическая деятельность характеризуется интенсивностью, видом мышечных действий и работой обеспечивающих эту деятельность физиологических систем. Мышечные действия могут носить статический и динамический характер: поддержание рабочей позы «сидя», «стоя», выполнение чертежной, письменной работы, настройка и обслуживание аппаратуры, выполнение гимнастических упражнений и т.п. При этом используются, в той или иной степени, основные физические качества: сила, быстрота, выносливость, ловкость.

Влияние всех вышеперечисленных факторов преломляется через индивидуальные особенности личности, такие как типологические свойства нервной системы и темперамента, возрастные, морфологические, биохимические особенности организма, уровень физической подготовленности, состояние здоровья и другие, выливаясь, в итоге, в психофизиологическую и физическую готовность студента к предстоящему виду учебно-познавательной деятельности.

Следует отметить, что особенно явно эти проблемы проявляются при чередовании занятий по общенаучным, общеинженерным и специальным дисциплинам с практическими

занятиями по физической культуре. В этом случае происходит смена видов деятельности, в одном из которых доминирующую роль играет умственная работа с пониженной двигательной активностью и сохранением определенной рабочей позы, в другом – разнообразная активная двигательная деятельность с сопровождающей ее мыслительной работой.

Методика проведения занятий предусматривает проведение вводной (подготовительной) части для организации обучающихся, приведения их в состояние готовности к решению задач основной части, в нашем случае к сдаче контрольного норматива, и заключительной – для подведения итогов, приведения организма в относительно спокойное состояние (для занятий по физической культуре), но при проведении этих частей занятий, как правило, не учитывается характер предыдущей и последующей деятельности студентов. Неучтение этого факта отрицательно влияет на скорость адаптации к виду учебно-познавательной деятельности, что особенно наглядно проявляется при чередовании практических занятий по физической культуре с занятиями по общеинженерным и специальным дисциплинам.

Складывается противоречие между имеющим место в практике обучения несоответствием уровня психофизиологической и физической готовности обучающихся, объективно складывающейся в ходе проведения предшествующего занятия, видом учебно-познавательной деятельности последующего занятия и неучтением этого факта в общепринятых методиках проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий, в том числе, по дисциплине «физическая культура»

Это противоречие можно устранить, обеспечив управление процессом адаптации студентов к смене видов учебно-познавательной деятельности в ходе проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий.

Для каждой темы занятия по физической культуре в зависимости от педагогической ситуации, складывающейся из контекстной пары - вид предшествующего и вид последующего занятия, можно установить наиболее предпочтительные адаптирующие, предметно-ориентированные варианты проведения подготовительной и заключительной частей, оперативно поддерживающие достаточно высокий уровень психофизиологической и физической готовности при чередовании этих занятий с занятиями по другим дисциплинам.

Видится актуальной задача управления процессом адаптации обучаемых к смене видов учебно-познавательной деятельности с целью сокращения времени врабатывания и повышения эффективности как занятий, так и сдачи контрольных нормативов. Для решения этой задачи представляется наиболее целесообразным использовать проведение подготовительной (разминки) и заключительной частей занятий с адаптирующим, предметно-ориентированным содержанием.

В этом случае под управлением адаптацией следует понимать процесс педагогического воздействия с целью установления оптимального соответствия личности обучаемого и условий осуществления учебной деятельности в ходе осуществления им познавательной деятельности, которое позволяет индивидууму более эффективно удовлетворять актуальные познавательные потребности, и реализовывать связанные с ними значимые цели.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация №4 «Маркшейдерское дело»

квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Автор: Соколова О.Г., к.э.н.

Одобрена на заседании кафедры

Экономики и менеджмента
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Мочалова Л.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 8 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019 г
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..……6

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……9

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..….12

ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА С ПРЕЗЕНТАЦИЕЙ…….……..16

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……21

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……...……23

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……24

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знании должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;

- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа - лекционные, практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к участию в деловых играх и дискуссиях, выполнение письменных домашних заданий, Контрольных работ (рефератов и т.п.) и курсовых работ (проектов), докладов и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Экономика и менеджмент горного производства*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы* и сдаче *экзамена*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Экономика и менеджмент горного производства*» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т. ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т. ч. подготовка доклада с презентацией);
- подготовка к тестированию;
- выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (практико-ориентированного задания);
- подготовка контрольной работы (реферата);
- подготовка к экзамену.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема 1. Понятие экономики

1. Экономика – основные понятия, сущность.
2. Что является объектом изучения макроэкономики?
3. Что является объектом изучения микроэкономики?
4. Что является объектом и предметом в экономике?
5. Назовите основные функции экономики.

Тема 2. Предприятие как форма организации производства. Организационные формы горных предприятий

1. Дайте определение предприятия.
2. Перечислите основные задачи предприятия.
3. Назовите основные факторы внутренней среды предприятия.
4. Что понимается под внешней средой предприятия?
5. Назовите основные характеристики внешней среды?
6. Перечислите и дайте характеристику различным организационно-правовым формам предприятий в соответствии с Гражданским кодексом РФ.
7. Приведите характеристику форм объединения предприятий.
8. Что понимают под производственной и организационной структурой предприятия?
9. Какие виды организационных структур относятся к традиционным?
10. Каковы преимущества и недостатки бюрократических (механических) структур?
11. Охарактеризуйте виды дивизиональных структур. Чем определяется выбор той или иной структуры?
12. Дайте краткие определения адаптивных (органических) структур управления.

Тема 3. Основные фонды горных предприятий

1. Дайте определение основных фондов.
2. Назовите признаки классификации основных средств.
3. Каковы виды стоимостной оценки основных средств?
4. Чем обусловлена необходимость переоценки основных средств?
5. Назовите виды воспроизводства основных средств.
6. Дайте определение «амортизация основных средств».
7. Какова взаимосвязь понятий «срок полезного использования» и «норма амортизации»?
8. Какие способы начисления амортизации вы знаете?

9. Назовите показатели, характеризующие наличие, состояние и движение основных средств.

10. Какие показатели характеризуют эффективность использования основных средств?

11. Дайте определение лизинга. Какие виды лизинговой деятельности вы знаете?

12. Дайте определение нематериальных активов, их состав.

Тема 4. Оборотные средства предприятия

1. Дайте понятие оборотных средств.
2. Охарактеризуйте состав и структуру оборотных средств.
3. Как определяется потребность предприятия в оборотных средствах?
4. Приведите показатели кругооборота оборотных средств.
5. Назовите источники формирования и пополнения оборотных средств.
6. Перечислите пути сокращения потребности в оборотных средствах.
7. Как определить оптимальную партию заказа материала?

Тема 5. Трудовые ресурсы горной промышленности. Оплата труда работников горных предприятий

1. Приведите понятие персонала предприятия. В чем отличие промышленно-производственного и непромышленного персонала?
2. Перечислите и охарактеризуйте категории трудящихся промышленно-производственного персонала.
3. Назовите показатели, характеризующие наличие, состояние и движение персонала.
4. Назовите показатели эффективности использования персонала.
5. Перечислите методы определения производительности труда. Их преимущества и недостатки.
6. Перечислите факторы, влияющие на производительность труда на горных предприятиях.
7. Дайте определение сущности трудового дохода и заработной платы в условиях рыночной экономики.
8. В чем отличие номинальной и реальной заработной платы?
9. Перечислите основные элементы тарифной системы и дайте их характеристику.
10. Перечислите основные формы и системы заработной платы, применяемые на горнодобывающих предприятиях, их преимущества и недостатки.
11. Что включает в себя фонд оплаты труда предприятия? Назовите источники его образования.

Тема 6. Себестоимость продукции горного предприятия

1. Дайте определение себестоимости продукции.
2. В чем состоит отличие понятий «бухгалтерские издержки» и «налоговые издержки»?
3. По каким признакам группируются затраты предприятия?
4. Что такое прямые и косвенные затраты?
5. Дайте характеристику экономических элементов затрат?
6. Дайте характеристику затрат по отношению к объему производства, как они изменяются с изменением объема производства?
7. Что представляет собой смета затрат на производство и реализацию продукции?
8. Что такое калькуляция? Какие виды калькуляции вы знаете?
9. Состав цеховых расходов?
10. Как определить экономию от снижения себестоимости продукции?

Тема 7. Прибыль предприятия.

1. Что такое прибыль как экономическая категория?
2. В чем различия между валовой и чистой прибылью?
3. Что такое чистая прибыль?
4. В чем сущность показателя рентабельности?
5. Какие выделяют показатели рентабельности?
6. Каковы направления использования прибыли, остающейся в распоряжении предприятия?

Тема 8. Сущность инвестиционной деятельности горных предприятий

1. Дайте понятие инвестиций.
2. Назовите виды и источники инвестиций.
3. В чем состоит значение временного фактора для оценки эффективности инвестиций?
4. Дайте понятие чистого дисконтированного дохода.
5. Что такое «норма дисконтирования» и как она устанавливается?
6. Охарактеризуйте внутреннюю норму доходности проекта.
7. Как определяется срок окупаемости капитальных вложений?
8. В чем состоит особенность оценки инвестиционных проектов на действующем предприятии?

Тема 9. Основные положения, понятия, определения в менеджменте горного предприятия

1. Эволюция организации и принципов управления.

2. Характеристика системного подхода к управлению, его преимущества и недостатки.

3. Ситуационный подход к управлению. Характеристика факторов внешней и внутренней среды предприятия.

4. Делегирование, ответственность и полномочия в менеджменте.

5. Сущность коммуникаций, виды коммуникаций. Коммуникационный процесс и повышение его эффективности.

6. Характеристика межличностных коммуникаций. Преграды и пути их преодоления.

7. Сущность и смысл контроля как функции управления. Виды контроля. Характеристика процесса контроля. Эффективность контроля.

8. Характеристика методов управления, область применения, эффективность их использования.

9. Модели и методы принятия решений. Алгоритм принятия рационального управленческого решения.

10. Сущность, функции и выгоды стратегического планирования. Характеристика модели стратегического планирования.

11. Эволюция мотивации. Характеристика содержательных и процессуальных теорий мотивации.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Понятие экономики

1. Генезис экономики.
2. Макроэкономика
3. Микроэкономика
4. Объект, предмет, функции экономики

Тема 2. Предприятие как форма организации производства. Организационные формы горных предприятий

1. Определение предприятия.
2. Основные задачи предприятия.
3. Внутренняя среда предприятия.
4. Внешняя среда предприятия
5. Формы объединения предприятий.
6. Производственная структура предприятия
7. Организационная структура предприятия
8. Бюрократические (механические) структуры
9. Дивизиональные структуры
10. Адаптивные (органические) структуры управления.

Тема 3. Основные фонды горных предприятий

1. Основные фонды.
2. Признаки классификации основных средств.
3. Виды стоимостной оценки основных средств
4. Воспроизводство основных средств.
5. Амортизация основных средств.
6. Фондоотдача
7. Фондоемкость
8. Фондовооруженность.
9. Лизинг.
10. Нематериальные активы.

Тема 4. Оборотные средства предприятия

1. Оборотные средства.
2. Состав и структура оборотных средств.
3. Кругооборот оборотных средств.
4. Коэффициент оборачиваемости
5. Длительность оборота.

Тема 5. Трудовые ресурсы горной промышленности. Оплата труда работников горных предприятий

1. Промышленно-производственный персонал
2. Непромышленный персонал
3. Текучесть кадров
4. Эффективность использования персонала.
5. Производительность труда.
6. Трудоемкость.
7. Выработка.
8. Номинальная заработная плата
9. Реальная заработная плата
10. Тарифная система.
11. Основные формы и системы заработной платы.
12. Фонд оплаты труда.

Тема 6. Себестоимость продукции горного предприятия

1. Себестоимость продукции.
2. Бухгалтерские издержки
3. Налоговые издержки
4. Прямые затраты
5. Косвенные затраты
6. Экономические элементы затрат
7. Условно-постоянные затраты
8. Переменные затраты

9. Смета затрат на производство и реализацию продукции
10. Калькуляция

Тема 7. Прибыль предприятия.

1. Прибыль как экономическая категория
2. Валовая прибыль
3. Чистая прибыль
4. Рентабельность производства
5. Рентабельность продукции
6. Рентабельность продаж

Тема 8. Сущность инвестиционной деятельности горных предприятий

1. Инвестиции
2. Источники инвестиций.
3. Чистый дисконтированный доход
4. Норма дисконтирования
5. Внутренняя норма доходности проекта.
6. Срок окупаемости капитальных вложений

Тема 9. Основные положения, понятия, определения в менеджменте горного предприятия

1. Принципы управления.
2. Система
3. Системный подхода к управлению.
4. Ситуационный подход к управлению.
5. Делегирование
6. Ответственность и полномочия в менеджменте.
7. Коммуникации
8. Контроль
9. Методы управления.
10. Управленческое решение.
11. Стратегическое планирование.
12. Мотивация.
13. Лидерство.

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не

механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в

конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА С ПРЕЗЕНТАЦИЕЙ

Одной из форм текущего контроля является доклад с презентацией, который представляет собой продукт самостоятельной работы студента.

Доклад с презентацией - это публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Как правило, в основу доклада ложится анализ литературы по проблеме. Он должен носить характер краткого, но в то же время глубоко аргументированного устного сообщения. В нем студент должен, по возможности, полно осветить различные точки зрения на проблему, выразить собственное мнение, сделать критический анализ теоретического и практического материала.

Подготовка доклада с презентацией является обязательной для обучающихся, если доклад презентацией указан в перечне форм текущего контроля успеваемости в рабочей программе дисциплины.

Доклад должен быть рассчитан на 7-10 минут.

Презентация (от англ. «presentation» - представление) - это набор цветных слайдов на определенную тему, который хранится в файле специального формата с расширением PP.

Целью презентации - донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации, изложенной в докладе, в удобной форме.

Перечень примерных тем докладов с презентацией представлен в рабочей программе дисциплины, он выдается обучающимся заблаговременно вместе с методическими указаниями по подготовке. Темы могут распределяться студентами самостоятельно (по желанию), а также закрепляться преподавателем дисциплины.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления.

Для этого, остановитесь на теме, которая вызывает у Вас больший интерес; определите цель выступления; подумайте, достаточно ли вы знаете по выбранной теме или проблеме и сможете ли найти необходимый материал;

- осуществить сбор материала к выступлению.

Начинайте подготовку к докладу заранее; обращайтесь к справочникам, энциклопедиям, научной литературе по данной проблеме; записывайте необходимую информацию на отдельных листах или тетради;

- организовать работу с литературой.

При подборе литературы по интересующей теме определить конкретную цель поиска: что известно по данной теме? что хотелось бы узнать? для чего нужна эта информация? как ее можно использовать в практической работе?

- во время изучения литературы следует: записывать вопросы, которые возникают по мере ознакомления с источником, а также ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;

- обработать материал.

Учитывайте подготовку и интересы слушателей; излагайте правдивую информацию; все мысли должны быть взаимосвязаны между собой.

При подготовке доклада с презентацией особо необходимо обратить внимание на следующее:

- подготовка доклада начинается с изучения источников, рекомендованных к соответствующему разделу дисциплины, а также специальной литературы для докладчика, список которой можно получить у преподавателя;

- важно также ознакомиться с имеющимися по данной теме монографиями, учебными пособиями, научными информационными статьями, опубликованными в периодической печати.

Относительно небольшой объем текста доклада, лимит времени, отведенного для публичного выступления, обусловливает потребность в тщательном отборе материала, умелом выделении главных положений в содержании доклада, использовании наиболее доказательных фактов и убедительных примеров, исключении повторений и многословия.

Решить эти задачи помогает составление развернутого плана.

План доклада должен содержать следующие главные компоненты: краткое вступление, вопросы и их основные тезисы, заключение, список литературы.

После составления плана можно приступить к написанию текста. Во вступлении важно показать актуальность проблемы, ее практическую значимость. При изложении вопросов темы раскрываются ее основные положения. Материал содержания вопросов полезно располагать в таком порядке: тезис; доказательство тезиса; вывод и т. д.

Тезис - это главное основополагающее утверждение. Он обосновывается путем привлечения необходимых цитат, цифрового материала, ссылок на статьи. При изложении содержания вопросов особое внимание должно быть обращено на раскрытие причинно-следственных связей, логическую последовательность тезисов, а также на формулирование окончательных выводов. Выводы должны быть краткими, точными, достаточно аргументированными всем содержанием доклада.

В процессе подготовки доклада студент может получить консультацию у преподавателя, а в случае необходимости уточнить отдельные положения.

Выступление

При подготовке к докладу перед аудиторией необходимо выбрать способ выступления:

- устное изложение с опорой на конспект (опорой могут также служить заранее подготовленные слайды);
- чтение подготовленного текста.

Чтение заранее написанного текста значительно уменьшает влияние выступления на аудиторию. Запоминание написанного текста заметно сковывает выступающего и привязывает к заранее составленному плану, не давая возможности откликаться на реакцию аудитории.

Короткие фразы легче воспринимаются на слух, чем длинные.

Необходимо избегать сложных предложений, причастных и деепричастных оборотов. Излагая сложный вопрос, нужно постараться передать информацию по частям.

Слова в речи надо произносить четко и понятно, не надо говорить слишком быстро или, наоборот, растягивать слова. Надо произнести четко особенно ударную гласную, что оказывает наибольшее влияние на разборчивость речи.

Пауза в устной речи выполняет ту же роль, что знаки препинания в письменной. После сложных выводов или длинных предложений необходимо сделать паузу, чтобы слушатели могли вдуматься в сказанное или правильно понять сделанные выводы. Если выступающий хочет, чтобы его понимали, то не следует говорить без паузы дольше, чем пять с половиной секунд.

Особое место в выступлении занимает обращение к аудитории. Известно, что обращение к собеседнику по имени создает более доверительный контекст деловой беседы. При публичном выступлении также можно использовать подобные приемы. Так, косвенными обращениями могут служить такие выражения, как «Как Вам известно», «Уверен, что Вас это не оставит равнодушными». Выступающий показывает, что слушатели интересны ему, а это самый простой путь достижения взаимопонимания.

Во время выступления важно постоянно контролировать реакцию слушателей. Внимательность и наблюдательность в сочетании с опытом позволяют оратору уловить настроение публики. Возможно, рассмотрение некоторых вопросов придется сократить или вовсе отказаться от них.

После выступления нужно быть готовым к ответам на возникшие у аудитории вопросы.

Стоит обратить внимание на вербальные и невербальные составляющие общения. Небрежность в жестах недопустима. Жесты могут быть приглашающими, отрицающими, вопросительными, они могут подчеркнуть нюансы выступления.

Презентация

Презентация наглядно сопровождает выступление.

Этапы работы над презентацией могут быть следующими:

- осмыслите тему, выделите вопросы, которые должны быть освещены в рамках данной темы;

• составьте тезисы собранного материала. Подумайте, какая часть информации может быть подкреплена или полностью заменена изображениями, какую информацию можно представить в виде схем;

• подберите иллюстративный материал к презентации: фотографии, рисунки, фрагменты художественных и документальных фильмов, материалы кинохроники, разработайте необходимые схемы;

• подготовленный материал систематизируйте и «упакуйте» в отдельные блоки, которые будут состоять из собственно текста (небольшого по объему), схем, графиков, таблиц и т.д.;

• создайте слайды презентации в соответствии с необходимыми требованиями;

• просмотрите презентацию, оцените ее наглядность, доступность, соответствие языковым нормам.

Требования к оформлению презентации

Компьютерную презентацию, сопровождающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS Power Point.

Презентация как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов. Чаще всего демонстрация презентации проецируется на большом экране, реже – раздается собравшимся как печатный материал.

Количество слайдов должно быть пропорционально содержанию и продолжительности выступления (например, для 5-минутного выступления рекомендуется использовать не более 10 слайдов).

На первом слайде обязательно представляется тема выступления и сведения об авторах.

Следующие слайды можно подготовить, используя две различные стратегии их подготовки:

1-я стратегия: на слайды выносится опорный конспект выступления и ключевые слова с тем, чтобы пользоваться ими как планом для выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- объем текста на слайде – не больше 7 строк;
- маркированный/нумерованный список содержит не более 7 элементов;
- отсутствуют знаки пунктуации в конце строк в маркированных и нумерованных списках;
- значимая информация выделяется с помощью цвета, кегля, эффектов анимации.

Особо внимательно необходимо проверить текст на отсутствие ошибок и опечаток. Основная ошибка при выборе данной стратегии состоит в том, что выступающие заменяют свою речь чтением текста со слайдов.

2-я стратегия: на слайды помещается фактический материал (таблицы, графики, фотографии и пр.), который является уместным и достаточным сред-

ством наглядности, помогает в раскрытии стержневой идеи выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- выбранные средства визуализации информации (таблицы, схемы, графики и т. д.) соответствуют содержанию;
- использованы иллюстрации хорошего качества (высокого разрешения), с четким изображением (как правило, никто из присутствующих не заинтересован вчитываться в текст на ваших слайдах и всматриваться в мелкие иллюстрации).

Максимальное количество графической информации на одном слайде – 2 рисунка (фотографии, схемы и т.д.) с текстовыми комментариями (не более 2 строк к каждому). Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана.

Обычный слайд, без эффектов анимации, должен демонстрироваться на экране не менее 10 - 15 секунд. За меньшее время аудитория не успеет осознать содержание слайда.

Слайд с анимацией в среднем должен находиться на экране не меньше 40 – 60 секунд (без учета времени на случайно возникшее обсуждение). В связи с этим лучше настроить презентацию не на автоматический показ, а на смену слайдов самим докладчиком.

Особо тщательно необходимо отнестись к оформлению презентации. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24 пунктов, для информации - не менее 18.

В презентациях не принято ставить переносы в словах.

Наилучшей цветовой гаммой для презентации являются контрастные цвета фона и текста (белый фон – черный текст; темно-синий фон – светло-желтый текст и т. д.).

Лучше не смешивать разные типы шрифтов в одной презентации.

Рекомендуется не злоупотреблять прописными буквами (они читаются хуже).

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными задания понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответна имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

2. четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;

3. приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Экономика и менеджмент горного производства*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Экономика и менеджмент горного производства*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *экзамене* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *экзамене* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *экзамену* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.04. Горное дело

Специализация *№ 4*
Маркшейдерское дело

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков
и деловой коммуникации
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

к. п. н., доц. Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 6 от 17.04.2019 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)

Екатеринбург
2019

Контрольная работа по дисциплине «Русский язык и культура речи» является оценочным средством по Разделу 2. «Современный русский язык. Типология языковых норм».

Её задания направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию ОПК-2 *(готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности).*

уметь	– узнавать диалектизмы, жаргонизмы, профессионализмы, просторечные слова и давать им верную для конкретной речевой ситуации оценку; – фиксировать в устной речи нарушения акцентологических, орфоэпических норм и исправлять допущенные ошибки; – находить речевые и грамматические ошибки в устной и письменной речи, устранять их; – соблюдать орфографические и пунктуационные нормы в своей письменной речи.
владеть	– навыками работы с ортологическими словарями; – навыками эффективного общения с соблюдением всех языковых и этических норм.

Для выполнения студентам может быть предложена 1) контрольная работа по орфографическим и пунктуационным нормам и 2) контрольная работа на разные типы языковых норм. Можно их рассматривать как две части одной большой контрольной работы по языковым нормам.

Контрольная работа по орфографическим и пунктуационным нормам

В данной контрольной работе студентам предлагается списать текст научного стиля, вставив пропущенные буквы, раскрыв скобки и расставив знаки препинания.

Пример варианта данной контрольной работы:

Контрольная работа по орфографическим и пунктуационным нормам
Вариант 1

<u>Задание</u>: пишите текст, вставив пропущенные буквы, раскрыв скобки и расставив знаки препинания.

Горные п…роды сл…гают поверхность (З, з)емли и уходят (в)глубь на десятки кил…ометров. Их изучением занимает…ся геология. (З, с)десь нужно ут…чнить пр…дмет этой одной из др…внейших естествен…ых наук. Геология в широком смысле слова наука о (З, з)емле. Но это определение слишком общее так как (З, з)емля являет…ся пр…дметом изучения ряда других наук астрономии геодезии (поч…во)ведения географии и т. д. (По)этому прав…льнее сказать что геология изучает верхнюю ч…сть нашей планеты называ…мую з…мной корой и…следуя ее состав стр…ение и процес…ы прот…кающие на ней с момента обр…зования до наш…х дней.

З…мная кора состоит из камней или горных п…род. Од…наковое ли зн…чение имеют эти н…звания? Камень это бытовое или т…хническое понятие и в геологии оно не

прим…няет…ся. Геологи пользуют…ся понятием «горная п…рода». Что(же) представляют собой горные п…роды? Это твердые мя…кие рыхлые и сыпучие мас…ивы из которых с…стоит верхняя об…лоч…ка (З, з)емли т…лщиной до 40-60 кил…ометров. Таким образом горная п…рода (в)отличи… от ж…тейского понимания слова «камень» вовсе (не)об…зательно твердая. (По)этому к горным п…родам относят…ся (не)только гранит извес…няк и другие крепкие п…роды но и пл…стич…ная глина и рыхлый п…сок. От горных п…род нужно отл…чать м…нералы природные химические соед…нения и (само)родные химические эл…менты. Они своего рода «кирпичи» из которых построен…о «(з, с)дание» горной п…роды.

О со…тношении между горными п…родами и м…нералами очень хорошо писал выд…ющийся (петро)граф Ф. Ю. Левинсон-Лессинг *если(бы) можно было сравнивать з…мную кору по сложности ее стр…ения и с…става с (не)которым сложным организмом можно было(бы) ск…зать что горные п…роды это ткани из которых построе(н, нн) наш организм а м…нералы сл…гающие его клетки*.

Перед контрольной работой рекомендуется в качестве тренировки выполнить упражнения с целью повторения основных правил орфографии и пунктуации:

Меленскова Е. С. КУЛЬТУРА РЕЧИ И СТИЛИСТИКА РУССКОГО ЯЗЫКА: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 – «Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 88 с.

Зад. 5-12 стр. 10-19

В случае возникновения трудностей при выполнении упражнений можно обратиться к следующим учебным пособиям:

Культура устной и письменной речи делового человека: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания). Раздел «Трудные случаи орфографии и пунктуации» стр. 135-148.

Миняева В. И. Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с. (и другие издания)

Контрольная работа на разные типы языковых норм

В данную контрольную работу включены задания, нацеленные на проверку владения акцентологическими, орфоэпическими, лексическими и грамматическими (словообразовательными, морфологическими, синтаксическими) нормами.

Пример варианта данной контрольной работы:

Контрольная работа по акцентологическим, орфоэпическим, лексическим и грамматическим нормам
Вариант 1

1. Расставьте ударения в следующих словах:

Асимметрия, важно, диспансер, звонит, ирис, обеспечение, откупорить, пуловер, склады, по средам.

2. Укажите произношение выделенного сочетания:

*Ал**чн**ый, ар**те**рия, двое**чн**ик, **де**дукция, **де**када, кое-**что**, Вера Кузьмини**чн**а, **те**мп,*

***те**ра**пе**вт, шапо**чн**ое знакомство.*

3. Найдите в следующих предложениях нарушения лексических норм. Запишите исправленный вариант:

1. В коллективе бригадир пользовался особым приоритетом. 2. Все герои романа Булгакова имеют свои индивидуальные черты. 3. Студенты долго не могли сдать «хвосты» за первую сессию. 4. Первая премьера этого фильма состоялась на «Четвертом канале». 5. В последнем письме к родителям сын выразил свои мысли более понятливо. 6. В последний раз на экзамене Стасу подфартило как никогда. 7. В моей жизни поступление в университет стало самым памятливым событием. 8. Религия вновь возродилась в нашей стране после распада СССР. 9. Чистота улиц Екатеринбурга в целом не прогрессировала от предпринимаемых администрацией города мер. 10. К четвергу нам задали написать эссе по отечественной истории и две письменные работы по химии и геодезии.

4. Найдите существительные, у которых неправильно определен род. Запишите словосочетания в исправленном виде.

Очередное НЛО, хрустальная бра, симпатичное колли, неудавшийся НЭП, далекое Мехико, упрямая недоросль, современный ТВ, сильный цунами, молодой коллега, серьезная завкафедрой, ответственные жюри, страшная зануда, индийский раджа, освещенное авеню, известная адвокат.

5. Образуйте форму родительного падежа множественного числа от следующих существительных:

Беляши, джинсы, гетры, кочерги, мечты, носки, татары, полотенца, чулки, яблоки, болгары, граммы, цыгане, сани, вафли.

6. Запишите прописью числительные в следующих предложениях:

1. В ходе проверки нарушения техники безопасности были выявлены на 3 545 предприятиях. 2. К августу мы гарантируем доставку товара на сумму 6 247 900 рублей. 3. В этом месяце прививки от гриппа были сделаны 283 сотрудникам и 534 студентам.

7. Найдите и исправьте нарушения грамматических норм в следующих предложениях:

1. Деревья росли по обоим сторонам улицы. 2. Руководство комбината потребовало доложить годовые итоги работы. 3. Выросло целое поколение, для которых Советский Союз является историей. 4. Окончив школу, мне захотелось пойти работать, а не продолжать учебу. 5. ООН принял к рассмотрению предложенный Россией документ. 6. Им руководила жажда к деятельности. 7. Говорят, что много лет потребуются на восстановление заповедника после пожара. 8. К концу соревнований в более лучшем положении оказалась команда «Москва». 9. Алёна не ответила ему, задумчиво следя за игрой волн, колыхая тяжелый баркас. 10. Перед нами новая интересная игрушка для детей из пластмассы.

Комментарии по заданиям.

1. В задании № 1 необходимо расставить ударения в предложенных словах или найти слова, в которых ударение поставлено неверно, и исправить.
2. В задании № 2 необходимо указать произношение выделенных сочетаний или найти слова, в которых неверно указано произношение, и исправить.
3. В задании № 3 проверяется владение лексическими нормами и умение исправлять речевые ошибки.

4. В задании № 4 проверяется умение студента определять род у существительных и аббревиатур: необходимо либо определить род у предложенных слов, либо найти словосочетания, в которых род определен неправильно, и исправить.
5. В задании № 5 проверяется умение студента образовывать две формы существительных: либо форму именительного падежа множественного числа, либо родительного падежа множественного числа. От студента требуется образовать необходимую форму или справить допущенные при образовании определенной формы ошибки.
6. В задании № 6 проверяются различные умения студентов в плане морфологических или синтаксических норм (образование той или иной части речи, склонение числительных, построение словосочетаний по типу управление, построение предложения с деепричастным оборотом и др.).
7. В задании № 7 необходимо найти в предложении допущенную синтаксическую или грамматическую ошибку и записать исправленный вариант.

Перед контрольной работой рекомендуется в качестве тренировки выполнить упражнения, на основе которых данная работа составлена:

Меленскова Е. С. КУЛЬТУРА РЕЧИ И СТИЛИСТИКА РУССКОГО ЯЗЫКА: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 – «Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 88 с.

Зад. 13-15 стр. 19-20 (акцентологические нормы)

Зад. 16-20 стр. 20-23 (орфоэпические нормы)

Зад. 21 стр. 23 (словообразовательные нормы)

Зад. 22-29 стр. 23-26 (лексические нормы)

Зад. 30-40 стр. 27-31 (морфологические нормы)

Зад. 41-44 стр. 31-34 (синтаксические нормы)

При выполнении заданий рекомендуется обращаться к словарям и справочникам. В указанном учебном пособии есть отсылки к необходимой литературе.

Обе контрольных работы выполняются на отдельных листах и сдаются на проверку ведущему преподавателю. Критерии оценивания указаны в КОМ дисциплины «Русский язык и культура речи» для данной специальности и специализации.

Автор-составитель: Меленскова Е. С., кандидат филологических наук, доцент

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.04. Горное дело

Специализация *№ 4*
Маркшейдерское дело

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков
и деловой коммуникации
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

к. п. н., доц. Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 6 от 17.04.2019 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)

Екатеринбург
2019

Методические рекомендации к практическим занятиям

Значительную роль в изучении предмета выполняют практические занятия, которые призваны, прежде всего, закреплять теоретические знания, полученные в ходе лекций, ознакомления с учебной литературой, а также выполнения самостоятельных заданий. Тем самым практические занятия способствуют более качественному усвоению знаний, помогают приобрести навыки самостоятельной работы.

Приступая к подготовке к практическому занятию необходимо изучить соответствующие конспекты лекций по заданной теме, главы учебников или учебных пособий, разобрать примеры, ознакомиться с дополнительной литературой (например, словарями). Конспектирование дополнительных источников также способствует более плодотворному усвоению учебного материала. Следует обращать внимание на основные понятия и классификации, актуальные для темы практического занятия.

Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студента. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения и проследить их логику. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Все это находит свое отражение в процессе выполнения итогового зачетного теста.

Очевидны три структурные части практического занятия: предваряющая (подготовка к занятию), непосредственно само практического занятия (обсуждение вопросов темы в группе, выполнение упражнений по теме) и завершающая часть (последующая работа студентов по устранению обнаружившихся пробелов). Не только само практическое занятие, но и предваряющая, и заключающая части его являются необходимыми звеньями целостной системы усвоения вынесенной на обсуждение темы.

Перед очередным практическим занятием целесообразно выполнить все задания, предназначенные для самостоятельного рассмотрения, изучить лекцию, соответствующую теме практического занятия. В процессе подготовки к практическому занятию закрепляются и уточняются уже известные и осваиваются новые знания. Столкнувшись в ходе подготовки с недостаточно понятными моментами темы, необходимо найти ответы самостоятельно или зафиксировать свои вопросы для постановки и уяснения их на самом практическом занятии.

В начале занятия следует задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении, поскольку всегда сначала студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия.

В ходе практического занятия каждый должен опираться на свои конспекты, сделанные на лекции или по учебникам и учебным пособиям, на самостоятельно выполненные упражнения по данной теме.

В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретается практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь/

Значительную роль в изучении предмета выполняют практические занятия, которые призваны, прежде всего, закреплять теоретические знания, полученные в ходе прослушивания и запоминания лекционного материала, ознакомления с учебной и научной литературой, а также выполнения самостоятельных заданий. Тем самым практические занятия способствуют получению наиболее качественных знаний, помогают приобрести навыки самостоятельной работы. Планы практических занятий состоят из отдельных тем, расположенных в соответствии с рабочей программой изучаемой дисциплины. Каждая тема включает следующие элементы:

- цель проведения занятия;
- теоретические вопросы, необходимые для усвоения темы;
- задания;
- список литературы по теме для подготовки к практическому занятию.

Работа на практических занятиях направлена на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам изучаемой дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений (например, аналитических).

В ходе занятий у студентов формируются практические умения и навыки, отраженный в РУП.

Методические материалы к практическим занятиям

ТЕМА 1. СЛОВАРИ И СПРАВОЧНИКИ ПО КУЛЬТУРЕ РЕЧИ. СИСТЕМА СЛОВАРНЫХ ПОМЕТ

Цель – вспомнить классификацию словарей и проверить у студентов умение работать с ними (лексикографическая грамотность).

Основные понятия темы:

Лексикография – раздел науки о языке, занимающийся теорией и практикой составления словарей.
Энциклопедический словарь – книга, содержащая описание научных понятий и терминов, исторических событий, характеристику персоналий из разных областей или определенной области знания.
Лингвистический словарь – книга, содержащая собрание слов (морфем, фразеологизмов и т. д.), расположенных по определённому принципу (как правило, по алфавиту), и дающая сведения об их значениях, употреблении, происхождении, переводе на другой язык и т. п.
Словарная статья – отдельный текст, посвященный языковой единице (слову, морфеме и т. п.) или их группе (лексической группе, гнезду слов и т. п.).
Помета – применяемое в словарях сокращенное указание на какие-либо характерные признаки слова или его употребления.

Задание 1. *Прочитайте и сравните словарные статьи, взятые из разных словарей. Найдите общую и различающую их дополнительную информацию. Объясните, чем вызвано различие.*

ФАЗА – **1.** В геохимии: совокупность однородных частей системы, одинаковых по термодинамическим свойствам (тем, которые не зависят от количества вещества) и отграниченных от других частей поверхностью раздела. В природных процессах минералообразования могут принимать участие газовая Ф., жидкие Ф. и твердые Ф. – металлы. Системы, состоящие из одной Ф., называются однофазными, или гомогенными (напр., раствор различных солей в воде; кристалл кварца без включений; мономинеральная горная порода); состоящие из нескольких Ф. – многофазными, или гетерогенными (напр., раствор вместе с твердым осадком; кристалл кварца с газово-жидким включением; полиминеральная порода). **2.** В исторической геологии: термин, иногда употребляющийся для обозначения времени, соответствующего длительности накопления отложений, составляющих зону как часть яруса. Термин был условно принят в этом значении VIII сессией МГК в Париже в 1900 г., но не стал общепринятым. При изучении четвертичного периода иногда фазой называют время каждого отдельного оледенения и промежутков между ними (*Геологический толковый словарь*[1]).

ФА́ЗА, -ы, *ж.* [нем. Phase < греч. phasis появление (о небесных светилах)]. **1.** Момент, отдельная стадия в ходе развития и изменения чего-н., а также само положение, форма чего-н. в данный момент; то же, что фазис. *Новая ф. в развитии общества. Луна в первой фазе.* **2.**

[1] Геологический толковый словарь [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.edudic.ru/geo/

физ. Величина, характеризующая состояние какого-н. процесса в каждый момент времени. *Ф. колебания маятника. Газообразная ф. вещества.* **Фа́зовый** – относящийся к фазе (в 1-м и 2-м знач.), фазам. **3.** *эл.* Отдельная группа обмоток генератора. **Фа́зный** – относящийся к фазе, фазам. (Крысин Л. П. Толковый словарь иноязычных слов. М., 2001. С. 810).

ФА́ЗА, -ы, *ж.* **1.** Момент, отдельная стадия в ходе развития и изменения чего-н. (напр. положения планеты, формы или состояния вещества, периодического явления, общественного процесса), а также само положение, форма в этот момент (книжн.). *Первая ф. Луны. Жидкая ф. Газообразная ф. Ф. колебания маятника. Вступить в новую ф. развития.* **2.** Отдельная группа обмоток генератора (спец.). || *прил.* **фа́зовый**, -ая, -ое (к 1 знач.) *и* **фа́зный**, -ая, -ое (ко 2 знач.). ♦ **Фазовые глаголы** – в лингвистике: глаголы со значением начала, продолжения или окончания действия. (Ожегов С. И. и Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. М., 2005. С. 847).

Задание 2. *Познакомьтесь с типами помет, используемых в толковых словарях. Объясните значение всех помет, приведенных в качестве примера.*

ТИПЫ ПОМЕТ ТОЛКОВОГО СЛОВАРЯ

Типы помет	**Примеры помет**	**Значение отсутствия помет**
1. Помета, указывающая на принадлежность к функциональному стилю	*науч., газет., публиц., оф.-дел., разг., книжн.* и др.	Слово межстилевое
2. Помета, указывающая на сферу употребления слова	*обл., прост., жарг.*, *спец.* и др.	Слово общеупотребительное
3. Помета, указывающая на принадлежность к активному / пассивному запасу	*устар., ист., арх.*, *нов.* и др.	Слово принадлежит к активному запасу
4. Помета, указывающая на эмоционально-экспрессивную окраску слова	*ласк., ирон., шутл., унич., бран., пренебр., высок., неодобр.* и др.	Слово нейтральное

Задание 3. *Прочитайте словарные статьи, извлеченные из толкового словаря современного русского языка. Укажите пометы и объясните, что они означают.*

Абориге́н, -а, *м.* (книжн.) – коренной житель страны, местности. || *ж.* **абориге́нка** (разг.)

Грамоте́й, -я, *м.* (устар. и ирон.) – грамотный человек.

Деяние, -я, *ср.* (высок. и спец.) – действие, поступок, свершение.

Жена́тик, -а, *м.* (прост. шутл.) – женатый человек (обычно о молодожене).

Иждиве́нчество, -а, *ср.* (неодобр.) – стремление во всем рассчитывать не на свои силы, а на помощь других, вообще жить за чужой счет.

Карапу́з, -а, *м.* (разг. шутл.) – толстый, пухлый малыш.

Кляча, -и, *ж.* (разг. пренебр.) – плохая (обычно старая) лошадь.

Ле́нчик, -а, *м.* (спец.) – деревянная основа седла.

Мате́рщина, -ы, *ж., собират.* (прост. груб.) – неприличная брань.

Му́шка, -и, *м.* (разг. ласк.) – то же, что медведь.

Небезызве́стный, -ая, -ое; -тен, -тна (обычно ирон.) – достаточно, хорошо известный.

Неулыба, -ы, *м.* и *ж.* (обл. и прост.) – человек, который редко улыбается, неулыбчив.

Новоде́л, -а, *м.* (разг.) – здание, сооружение, построенное на месте уничтоженного, исчезнувшего и воспроизводящее его прежний внешний вид.

Нувори́ш, -а, *м.* (книжн. презр.) – богач, наживший свое состояние на социальных переменах или бедствиях, на разорении других.

Общепи́т, -а, *м.* (офиц.) – сокращение: общественное питание – отрасль народного хозяйства, занимающаяся производством и продажей готовой пищи и полуфабрикатов. || *прил.* **общепи́товский**, -ая, -ое (разг.).

Остоло́п, -а, *м.* (прост. бран.) – глупец, болван.

Отчи́зна, -ы, *ж.* (высок.) – отечество, родина.

Побо́ры, -ов. **1.** Чрезмерные, непосильные налоги или сборы (устар.). **2.** *перен*. Неофициальные сборы средств на что-нибудь (разг. неодобр.).

Предуве́домить, -млю, -мишь; -мленный; *сов.*, *кого-что* (устар. и офиц.) – заранее уведомить.

Риста́лище, -а, *ср.* (стар.) – площадь для гимнастических, конных и других состязаний, а также само такое состязание.

Сва́ра, -ы, *ж.* (прост.) – шумная перебранка, ссора.

Торга́ш, -а, *м.* **1.** То же, что торговец (устар. неодобр.). **2.** *перен*. Человек, который выше всего ставит свою выгоду, корысть, личный интерес (презр.).

Умка, -и, *м.* (обл.) – белый медведь.

Упова́ние, -а, *ср.* (книжн., часто ирон.) – то же, что надежда.

Ха́м, -а, *м.* (презр. и бран.) – грубый, наглый человек.

Задание 4. *Познакомьтесь с пометами, используемыми в орфоэпических словарях, словарях грамматических трудностей и т. п. Какие пометы указывают на императивную норму, а какие на диспозитивную? Запишите их в предложенную ниже таблицу.*

НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЛОВ[2]

Словарь является не просто нормативным, а ставит своей задачей показать литературную норму во всем многообразии ее проявлений. В отличие от большинства нормативных словарей, словарь отражает и такие факты речи, которые считаются неверными с точки зрения литературной нормы. Все запретительные пометы, которые характеризуют неверные варианты, снабжаются значком «восклицательный знак» (!). В Словаре используются ясные и общедоступные способы нормативной оценки вариантов.

1. Равноправные варианты соединяются союзом *и*:

ба́рхатка *и* бархо́тка;

ведёрцев *и* ведёрец.

При этом на первом месте помещается обычно традиционный вариант, более частотный в употреблении.

2. Помета «допустимо» (*и доп.*) свидетельствует о том, что оба варианта соответствуют нормам литературного языка. Естественно, что предпочтителен вариант, помещённый на первом месте. Такая помета используется, как правило, применительно к

[2] Орфоэпический словарь русского языка для школьников / Сост. О. А. Михайлова. Екатеринбург: У-Фактория, 2002. С. 6-8.

новым, входящим в норму вариантам ударения, произношения и грамматическим формам. Например:

бредо́вый *и доп.* бредово́й;

белёсый *и доп.* беле́сый;

ма́шет *и доп.* маха́ет.

3. Помета «допустимо устаревшее» (*доп. устар.*) означает, что второй вариант, хотя и находится в пределах литературной нормы, всё реже встречается в речевой практике, постепенно утрачивается, переходя в пассивный языковой фонд. Например:

ворва́лся *и доп. устар.* ворвался́

вспе́ненный, -ая, -ое, *кратк. ф.* вспе́нен, вспе́нена *и доп. устар.* вспенённый, вспенён, вспенена́

бу́до[чн]ик *и доп. устар.* бу́до[шн]ик.

4. Помета «не рекомендуется» (*не рек.*) применяется в тех случаях, когда отмеченный ею вариант в данное время не признаётся нормативным. Однако его широкое употребление в современной речи и соответствие общим тенденциям языкового развития не исключают возможности признания этого варианта литературной нормой в будущем. Например:

бало́ванный ! *не рек.* ба́лованный;

вручу́т ! *не рек.* вру́чит;

гру́фели, -ей ! *не рек.* грифеля́, -е́й.

5. Помета «не рекомендуется устаревшее» (*не рек. устар.*) означает, что снабжённый ею вариант, ныне находящийся за пределами нормы, представляет собой бывшую норму. Например:

горшо́чек, горшо́чка ! *не рек. устар.* горше́чек;

да́рит ! *не рек. устар.* дару́т.

6. Помета «неправильно» (*неправ.*) служит для предупреждения распространённых речевых ошибок. Например:

вы́боры, вы́боров ! неправ. выбора́, выборо́в;

компромету́ровать, -рую, -рует ! неправ. компроме[н]ту́ровать

Рекомендательные пометы	Запретительные пометы

ТЕМА 2. ОРФОГРАФИЧЕСКИЕ И ПУНКТУАЦИОННЫЕ НОРМЫ

Цель – повторить основные правила орфографии и пунктуации русского языка.

Основные понятия темы:

Орфографические нормы – это правила написания слов.
Пунктуационные нормы – это правила расстановки знаков препинания.

Задание 1. *Повторите правописание гласных (безударных и чередующихся) и согласных в корне слова. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы. Расставьте знаки препинания. Объясните свой выбор.*

Я р…шил в…рнуться д…мой. Быстрыми шагами я прошел зар…сли кустов. У моих ног т…нулась р…внина а дальше ст…ной возвышался мрачный лес. Я осм…трел окрес…ность и спустился с х…лма. Высокая тр…ва на дне д…лины б…лела р…вной скат…ртью. Я вышел на опушку и пошел полем. Трудно было проб…раться по у…кой тр…пинке. Кругом р…сла высокая ро…ь. Н…чная птица промчалась и к…снулась меня св…им крылом. В т…шине глухо разд…вались мои шаги. Но вот на в…чернем небе стали заж…гаться звезды. Забл…стел серп м…л…дого мес…ца. Теперь я узнал д…рогу и предпол…гал что через час буду дома.

Задание 2. *Повторите правописание приставок. Перепишите предложения, вставив пропущенные буквы. Расставьте недостающие знаки препинания при однородных членах предложения.*

Перед самым селом п…р…езжаем речку вброд. На спуске перед церковью ра…ливается море сарафанов мужицких голосов. Народ все пр…бывает мужики в пиджаках ребятишки со свистульками, на ра…пряженных телегах сидят пр…старелые пр…езжие. Над колокольнями белеют верхи палаток, а над ними – облака, и падают вьются стрелами свищут в воздухе стрижи.

Медленно пр…бираясь в ра(с, сс)тупившейся толпе, по…ъезжаем к ограде пр…вязываем лошадей. На дощатом пр…лавке ра…ложены картинки и книги, и мещанин-пр…давец по…совывает календари и книги с з…манчивыми названиями. Всё смех и ржанье лошадей крик бабы, ругающей мужика, (с, з)ливается в один ярмарочный гул. За время работы ярмарки хочется успеть (с, з)делать многое пр…смотреть липового меда п…дешевле п…торговаться в свое удовольствие пр…купить гостинцев родным.

В обед негаданно с…бирается туча, и дождь, по…нимая пыль, барабанит по усыпанной по…солнечной шелухой дороге. Но летний дождь быстро пр…ходит, и яркая радуга, упершись в реку, широким полотенцем ра…кидывается над ярмаркой. С ярмарки народ ра…ъезжается только после обеда. (По И. Соколову-Микитову)

Задание 3. *Повторите правописание Ъ и Ь (учтите разные функции Ь). Перепишите, вставив, где необходимо, пропущенные буквы.*

Пред…юбилейное мероприятие, обжеч…ся огнем, решил удалит…ся проч…, кофе был горяч…, достан…те багаж…, чувствовать гореч… неудач…, выть по-волч…и, любител…ская кинос…емка, должность камен…щика, выйти замуж… осен…ю, береч… здоров…е, сроч…ный заказ, лечить кон…юнктивит, уловить фал…ш… в голосе, трех…этажный павил…он, заменить мед…ю, назнач…те время трех встреч…, с…еш… во время лан…ча, следить за своей реч…ю, купает…ся в реке, оформиш… пен…сию, остав…те антиквару старинную брош…, четырех…ядерный процессор, волосы до плеч…, сер…езный компан…он, умнож…те полученный резул…тат, он хорош… собой, выявить из…ян, декабр…ские морозы, с…агитировать на выборы, коротко стрич…ся, сверх…естественный об…ект, боиш…ся ос…минога, неб…ющаяся вещ…, об…емный текст п…есы, не забуд…те плащ…, невтерпеж… ждать, раз…яренный бык, разрабатывать кар…ер.

Задание 4. *Повторите правописание Н и НН в причастиях, прилагательных и образованных от них формах. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и расставив недостающие знаки препинания при причастных оборотах. Причастные обороты подчеркните.*

Было нестерпимо холодн…о, и даже не верилось, что днем придется жариться в раскален…ом пекле. Среди потрескавшихся от зноя пород обнаруживаются словно бы отполирован…ые плиты гранита. В этом заброшен…ом неповторимом уголке необозримой пустыни существование человека – никогда не прекращающееся сражение с природой. Палатки кочевников соседствуют с домами сложен…ыми из обожжен…ого кирпича.

Снаружи жилище покрывает сетка сплетен…ая из жесткой травы. Узор наносится и на пленку, которой палатка скрепляется изнутри.

Все палатки украшен…ы под цвет камен…ых глыб. Комнаты соединен…ы переходами из плетен…ых циновок. Все разложен…о аккуратн…о, повсюду чистота. Сбоку вышел мужчина в незаменимом традицион…ом облачении. На нем накидка казавшаяся накрахмален…ой. Бросался в глаза и меч повеш…н…ый к поясу.

Геолог подходит к карте разукрашен…ой цветными пометками. Все, что нанесен…о на нее, – плод трудн…ых поисков в горах прокален…ых солнцем. Новые месторождения открывают разведчики недр. (По Б. Фетисову)

Задание 5. *Повторите правописание НЕ и НИ с разными частями речи. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и раскрыв скобки.*

Нет (н…)чего лучше Невского проспекта, по крайней мере в Петербурге. Чем (н…)блестит эта улица – красавица нашей столицы! Я знаю, что (н…)один из бедных чиновных ее жителей (н…)променяет на все блага Невского проспекта. Да и кому же он (н…)приятнен? Здесь единствен…ое место, где показываются люди (н…)по(н…)обходимости, куда загнала их надобность и меркантильный интерес, об…емлющий весь Петербург. Здесь житель Петербургской или Выборгской части, (н…)сколько лет (н…)бывавший у своего приятеля в Песках или у Московской заставы, может быть уверен, что встретится с ним (н…)пр…мен…о.

Можно сказать решительно, что в это время, то есть до двенадцати часов, Невский проспект (н…)составляет (н…)(для)кого цели, он служит только средством: он постепен…о заполняется лицами, имеющими свои занятия, свои заботы, свои досады, но вовсе (н…)думающими о нем. В это время, что бы вы на себя (н…)надели, хотя бы даже вместо шляпы был картуз у вас на голове, хотя воротнички слишком высунулись из вашего галстука, – (н…)кто этого (н…)заметит. (по Н. В. Гоголю)

Задание 6. *Повторите правописание наречий и частиц. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и раскрыв скобки. Вставьте недостающие знаки при деепричастных оборотах. Деепричастия подпишите.*

Лето выдалось знойное и сокрушило все. Земля иссохла, прокалилась до того, что ящерицы (не)боясь (ни)кого прибегали на порог с отчаянно колотящимися глотками, лиш…(бы) куда(нибудь) спрятаться. А коршуны забирались (в)высь и (на)долго умолкали в горящем мареве.

И ребят непоседливых сморила (не)померная жара. Они прятались от нее под стенами домов выглядывая (из)редк… (от)туда на проходящие мимо них пассажирские и товарные поезда. Когда у разъезда составы сбавляли ход, детям казалось, что уж… этот(то) поезд

притормозит и остановится. Они бежали за ним (в)догонку заслоняясь ручонками от солнца и (по)детски наивно надеясь укатить из пекла.

Тяжко было смотреть, с какой завистью и печалью малыши глядели (в)след уходящим в неизвестность, (на)стеж… раскрытым вагонам. Пассажиры выглядывали из открытых окон, то(же) сходили с ума от духоты и мечтали о том, что(бы) (на)утро очутиться там, где прохладные реки и зеленые леса. Вряд(ли) они задумывались о том, что жара может задержаться… (По Ч. Айтматову)

Задание 7. *Повторите правила постановки знаков препинания в сложных предложениях. Перепишите предложения, расставив знаки препинания. Обратите особое внимание на пунктуацию при однородных и обособленных членах предложения. Подчеркните грамматические основы.*

1. Сначала соседи смеялись между собою над высокомерием Троекурова и каждый день ожидали чтоб незваные гости посетили Покровское где было им чем поживиться но наконец принуждены были с ним согласиться и сознаться что и разбойники оказывали ему непонятное уважение. (А. С. Пушкин)
2. Раза три в год Финский залив и покрывающее его серое небо нарядятся в голубой цвет и млеют любуясь друг другом и северный человек едучи из Петербурга в Петергоф не насмотрится на редкое чудо млеет в непривычном зное и все заликует дерево цветок и животное. (И. А. Гончаров)
3. Я писал вам как мы гонимые бурным ветром дрожа от холода пробежали мимо берегов Европы как в первый раз пал на нас у подошвы гор Мадейры ласковый луч солнца и заплескали голубые волны засияли синие небеса как мы жадно бросились к берегу погреться горячим дыханием земли. (И. А. Гончаров)
4. Иногда бывает что облака в беспорядке толпятся на горизонте а солнце прячась за них красит их и небо во всевозможные цвета в багряный оранжевый золотой лиловый грязно-розовый. (А. П. Чехов)
5. Направо темнели холмы налево все небо было запито багровым заревом и трудно было понять был ли то пожар или же собиралась всходить луна. (А. П. Чехов)
6. Живя здесь я реже попадался на глаза отцу и его гостям и мне казалось что если я живу не в настоящей комнате и не каждый день хожу в дом то слова отца что я сижу у него на шее звучат уже как будто не так обидно. (А. П. Чехов)
7. Он пел и от каждого звука его голоса веяло чем-то родным и необозримо широким словно знакомая степь раскрывалась перед нами уходя в бесконечную даль. (И. С. Тургенев)
8. Большая низкая лампа с непрозрачным абажуром стоящая на письменном столе горела ясно но освещала только поверхность стола да часть потолка образуя на нем дрожащее круглое пятно света в остальной комнате все было в полумраке в нем можно было разглядеть только шкаф с книгами большой диван еще кое-какую мебель. (В. Гаршин)
9. Куда ни обращаешь взор всюду как будто встречаешь быстро удаляющийся образ лета которое время от времени оборачивается назад и бросает прощальную меланхолически-задумчивую улыбку. (Д. Григорович)
10. А на него посмотришь и кажется что вся эта земная деятельность для него только лишь забава и ею занят он пока а настоящие его заботы где-то впереди куда порою устремлялись его бойкие но как бы неживые оловянного блеска глаза. (Ф. Сологуб)

11. На седом фоне тумана ближайшие сосны однотонно плоско и неясно вырисовываются своими прямыми и голыми стволами и в их неподвижности среди этой голубой тишины и среди этого холодного тумана чувствуется что-то суровое печальное и покорное. (А. И. Куприн)

ТЕМА 3. АКЦЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – повторить характеристику русского языка, составить собственный акцентологический словарь при выполнении упражнений[3].

Основные понятия темы:

Акцентологические нормы – это правила постановки ударения в слове.
Омонимы – слова, у которых от постановки ударения зависит значение.

Задание 1. *Расставьте ударения в следующих словах. Укажите варианты постановки ударения (например, ста́ртер и стартёр):*

1) Асимметрия, блага, кулинария, столяр, добыча, плато, диоптрия, творог, средства, шофер, туфля, эксперт, кремень, страховщик, нефтепровод, маркетинг, шасси, христианин, рассредоточение, досуг, жалюзи, танцовщица, шарфы, торты, искра, бармен, вероисповедание, квартал, симметрия, диспансер, обеспечение, склады, таможня, щебень, баржа, алкоголь, индустрия, приговор, генезис, договор, свекла, бижутерия, каталог, ходатайство, километр, пережитое, хвоя, полиграфия, ортопедия, пиццерия, стюард, овен, упрочение (*имена существительные*).

2) Асбестовый, совестливый, мизерный, оптовый, мастерски, украинский, втридорога, важно, тотчас, просмотровый, завидно, правы, давнишний, стары, одновременный, красивее, красивейший, равны, семестровый, счастливо, досыта, иначе, поутру, начерно, зубчатый (*имена прилагательные и наречия*).

3) Аранжировать, заржаветь, нормировать, убыстрить, заплесневеть, новорожденный, опошлить, баловать, балованный, расклешенный, дарит, включишь, включенный, копировать, повторишь, понял, звонит, закупорить, начался, начатый, положить, положил, вручит, врученный, доложишь, облегчить, осведомиться, премировать, черпать, ободрить, пломбировать, вогнутый, вскружит, буксировать, скрещенный, разрыхлить, плодоносить, наклоненный, окислить (*глагольные формы*).

Задание 2. *Поясните, как зависит значение от постановки ударения в следующих словах (омонимах):*

Глазки, замок, рожки, выкупать, ирис, характерный, полки, хлопок, мука, вычитать, орган, видение, острота, трусить, свойство, гвоздики, бронировать, кредит, угольный, правило, провидение, полнить, лавровый, электрик.

Например: пла́чу (1 лицо ед. число от глагола «плакать») – плачу́ (1 лицо ед. число от глагола «платить»).

---

[3] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем трудностей при постановке ударения.

Задание 3. *Прочитайте предложения, обращая внимание на постановку ударения в подчёркнутых словах. Составьте по аналогии свои предложения, использовав любые слова из* ***задания 1*** *и / или* ***2****.*

1. В последнем квартале этого года эксперты одной из фирм заключили выгодный договор на прокладку газопровода**,** за что были премированы. 2. Для обеспечения здорового образа жизни исключите из своего рациона арахис, торты и алкоголь, а включите в него творог, свеклу и щавель. 3. В мебельном отделе нашего торгового центра вы можете приобрести красивейшие кухонные гарнитуры по оптовым ценам.

ТЕМА 4. ОРФОЭПИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – повторить правила транскрибирования слов, выявить основные трудности в плане произношения, составить собственный орфоэпический словарь при выполнении упражнений[4].

Основные понятия темы:

Орфоэпические нормы – это правила произношения слов. **Транскрипция** – графическая запись того, как произносится слово (всегда в квадратных скобках).

Задание 1. *Отметьте правильное произношение сочетания ЧН в следующих словах. Распределите слова на три группы:*

[шн]	**[шн]** и **[чн]**	**[чн]**

1) Шуточный, копеечный, отличник, девичник, будничный, булочная, очечник, полуночник, нарочно, прачечная, скучно, скворечник, горчичник, Фоминична, яичница, достаточно, порядочный, горничная, Никитична, двоечник, пустячный, Ильинична, конечно, спичечный, подсвечник, Кузьминична.

2) Шапочный мастер – шапочное знакомство, сердечные капли – друг сердечный, подаренная перечница – чертова перечница.

Задание 2. *Отметьте правильное произношение согласного перед Е в следующих словах. Распределите слова на три группы:*

Твёрдое произношение	**Варианты**	**Мягкое произношение**

Автосервис, дефис, агрессия, дендрарий, бухгалтер, депрессия, гарем, термин, шинель, термос, патент, сессия, тенденция, рейд, газель, дезодорант, фанера, Одесса, академия, бизнесмен, деградация, менеджер, музей, деканат, темперамент, тезис, аксессуары, протекция, бандероль, гипотеза, детектив, кредо, бассейн, экспресс, дедукция, декада, темп, терапевт, дефицит, интервал, дебаты, рельсы, ниппель, компетентный, дезинформация, пресса, цистерна, стратегия, тренинг, сенсорный, сейф, портмоне.

[4] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем трудностей произношения.

Задание 3. *Прочитайте слова, обращая внимание на произношение ударного звука, обозначенного буквой Е:*

1) Острие, поблекший, афера, хребет, оседлый, одноименный, маневренный, опека, жернов, желчь, блеклый, желоб, безнадежный, бытие, повлекший, жердочка, никчемный, гладкошерстный, гашеный, недоуменный.

2) Именительный падеж – падеж скота;

Истекший срок – истекший кровью;

Кричит как оглашенный – оглашенный приговор;

Совершенные пропорции – совершенные поступки;

Крестный ход – крестный отец.

Задание 4. *Прочитайте слова, обращая внимание на произношение выделенных согласных:*

1) Ма**сс**а, су**рр**огат, гру**пп**а, гри**пп**, те**рр**аса, а**тт**естат, ко**лл**ега, мета**лл**, су**мм**а, а**нн**отация, криста**лл**, оди**нн**адцать, и**лл**юзия, ва**нн**а, апе**лл**яция, ка**сс**а, га**лл**юцинация, не**тт**о.

2) Дро**жж**и, бу**хг**алтер, по**зж**е, во**жж**и, и**зж**арить, вы**жж**енный, пе**сч**аный, и**зж**ить, ра**зж**ать, же**стч**е, ни**зш**ий, до**жд**и, ре**зч**е, ви**зж**ать, и**зж**ога, ма**сш**таб, мо**жж**евельник, бе**зж**изненный, ра**сч**ет, съе**зж**у, прие**зж**ай.

Задание 5*. *Прочитайте следующий текст, обращая внимание на правильное произношение и постановку ударения в подчёркнутых словах:*

Примером успешного ведения бизнеса в различных отраслях экономики является деятельность фирмы «Mihail-tur». За 11 лет ее существования удалось сформировать коллектив профессионалов из высококвалифицированных менеджеров, компетентных экспертов, торговых агентов. Компании принадлежат две трети долей уставного фонда АО «Лейбл-мастер», владельца одного из крупнейших торговых центров города. Занимаясь оптовым поставкам подростковой одежды, фирма поддерживает связи с модельными агентствами, что позволяет обновлять коллекции на 15 процентов каждый квартал. С ассортиментом одежды можно познакомиться по объемному каталогу, размещенному на корпоративном интернет-сайте. Руководство фирмы заявило о намерении углубить это направление, для чего налаживаются связи с другими поставщиками, проводятся маркетинговые исследования с целью изучения конъюнктуры рынка в трех крупнейших областях региона. В планы компании входит также сосредоточение средств в области дорожного строительства. Начата подготовка к тендерным торгам, намеченным на первую декаду ноября, к участию в которых приглашаются компании, заинтересованные в строительстве современного путепровода.

ТЕМА 5. СЛОВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

Цель – вспомнить состав слова, научиться находить в предложениях ошибки, связанные с неверным образованием слова.

Основные понятия темы:

Словообразовательные нормы – это правила образования новых слов.

Задание 1. *Найдите в предложениях слова, в которых нарушена словообразовательная норма, запишите их. Выделите неправильно выбранную часть слова (приставку, суффикс). Исправьте допущенные ошибки.*

1. Завесьте, пожалуйста, килограмм помидоров с витрины. **2.** Студенты в очередной раз немного запоздали на лекцию. **3.** Уважаемые пассажиры, проходите по-быстрому в середину вагона или садитесь взади. **4.** Он был коренным курчанином и после учебы в Москве вернулся в родной Курск. **5.** Чтобы сдать зачет, важно завсегда посещать занятия. **6.** Одна из самых актуальных проблем современной России – это взятничество в государственных учреждениях. **7.** После концерта микрофоны со сцены надо будет перенести взад. **8.** Многие кавказские народы отличает их гостеприимчивость. **9.** Моя жизнь в этом году была наполнена заботами о заканчивании школы и поступлении в университет. **10.** Сегодня у первого курса была лекция по химии заместо высшей математики.

ТЕМА 6. ЛЕКСИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – вспомнить основные типы речевых ошибок, связанных со значением слова.

Основные понятия темы:

Лексические нормы – это правила употребления слова в точном значении, которое закрепилось в литературном языке и зафиксировано в толковых словарях.

Паронимы – это слова однокоренные, близкие по форме, но абсолютно разные по значению.

Речевая избыточность – это употребление лишних слов (тавтология, плеоназм).

Лексическая сочетаемость – это способность слова соединяться с другими словами по значению.

Жаргонизм – слово, свойственные для речи той или иной социальной, профессиональной группы людей.

Фразеологизм – устойчивое словосочетание, смысл которого не определяется значением отдельно взятых слов

Задание 1. *Объясните разницу в значении приведенных ниже паронимов. Составьте с каждым из них словосочетание, подобрав подходящее по смыслу слово.*

Осудить – обсудить, удачливый – удачный, соседний – соседский, жилой – жилищный, поступок – проступок, опечатки – отпечатки, командированный – командировочный, усвоить – освоить, эффектность – эффективность, невежа – невежда, представить – предоставить, цельный – целый, искусный – искусственный, практический – практичный; гуманный – гуманистический – гуманитарный; плодовитый – плодовый – плодотворный, экономический – экономичный – экономный.

Задание 2. *Найдите в следующих предложениях избыточные словосочетания, выпишите их. Объясните причину избыточности, указав на лишнее слово (или лишние слова).*

1. При входе в «Копирус» висит прейскурант цен на предлагаемые услуги. **2.** Уезжая из Москвы, мы купили памятные сувениры в киоске у вокзала. **3.** Для преподавателя важно то, какие взаимоотношения друг с другом сложились между студентами в группе. **4.**

Неприятно резал слух голос, доносившийся из конференц-зала. **5.** Депутату приходится встречаться со всеми социальными слоями общества.

Задание 3. *Найдите в следующих предложениях иноязычные по происхождению слова, которые употреблены в неточном значении. Запишите свой вариант исправления.*

1. Рабочий станка допустил целый ряд дефектов при изготовлении деталей. **2.** Пейзаж Екатеринбурга за последние десять лет обогатился современными постройками, хотя многие памятники архитектуры и были реконструированы до основания. **3.** В целях профилактики основное внимание уделяется ранним проявлениям, т. е. дебюту гриппа. **4.** Для окон актового зала мы долго искали гардины длиной 4 метра, а уже потом подбирали шторы в тон стен. **5.** В январе состоялся бенефис талантливого исполнителя: он впервые выступал на профессиональной сцене.

Задание 4. *Найдите в следующих предложениях нарушения правил лексической сочетаемости слов. Запишите свой вариант исправления.*

1. Грамотный руководитель должен показывать образец своим подчиненным. **2.** Нововведения сыграли важное значение в развитии горного комбината. **3.** Красочное оформление детских книг издательства «Эгмонт» должно вызвать внимание и заинтересовать покупателей. **4.** Новогодний спектакль в Театре кукол оказал на детей большое впечатление. **5.** Первую лекцию по геологии в этом году провел молодой преподаватель.

Задание 5. *Найдите в предложениях жаргонные, просторечные, разговорные слова, замените их литературным вариантом и запишите исправленный вариант.*

1. Несколько студентов до сих пор не отнесло хвостовки в деканат. **2.** В центре Екатеринбурга забабахали очередную свечку. **3.** Я считаю, что необходимо избавляться от любой нецензурщины в нашей речи. **4.** После окончания вуза мы решили замутить свой бизнес, решив, что в этом деле нам по-любому повезет. **5.** Работяги привыкли вкалывать на заводе от зари до зари.

Задание 6. *Исправьте в следующих предложениях речевые ошибки, вызванные неправильным употреблением фразеологизма.*

1. Михаил на публике говорит очень убедительно, язык у него хорошо подвязан. **2.** Туристам кинулась в глаза красота уральской природы. **3.** Его обещания рубля ломаного не стоят. **4.** Об умельцах у нас говорят: «Они в своем деле коня подковали». **5.** К сожалению, студенты редко сейчас грызут камень науки по-настоящему.

Задание 7*. *Найдите и исправьте в следующих предложениях речевые ошибки. Запишите правильный вариант.*

1. Норвежские спортсмены по-прежнему остаются нашими самыми серьезными оппонентами в биатлоне. **2.** В своей работе руководители горных предприятий руководствуются новейшей научной и методической литературой. **3.** Многодетным семьям, чтобы жить достойно, приходится искать несколько истоков доходов. **4.** Обычно мы общаемся, не придавая важности невербальным средствам коммуникации. **5.** Екатеринбургская Епархия активно распространяет душевную литературу. **6.** Продукты Черкашинского мясокомбината пользуются авторитетом у покупателей. **7.** Исправьте

ошибки в контрольной работе так, чтобы было правильно. **8.** Все места на парковке были заняты, и поэтому много машин толпилось на обочине. **9.** К маю ветераны ВОВ получили очередную добавку к пенсии. **10.** После собеседования она сказала, что на должность промоутера брали только смазливых молодых людей. **11.** В прошлом году выдался неурожайный год в плане картошки. **12.** Ребенок с рождения имитирует поведение родителей. **13.** На Неделе первокурсника нам сразу выдали студики и зачётки. **14.** Команда нашего факультета заняла первенство в смотре художественной самодеятельности. **15.** После первых же дней изнурительной работы на Севере очень хотелось вернуться назад домой.

ТЕМА 7. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – вспомнить правила определения рода у существительных и аббревиатур, особенности несклоняемых существительных, образования некоторых грамматических форм разных частей речи и научиться исправлять ошибки, связанные с их неверным образованием (все это с опорой на учебную литературу и словари[5]).

Основные понятия темы:

Морфологические нормы – это правила образования грамматических форм слова.

Задание 1. *Определите род у следующих существительных и аббревиатур. Подберите к ним подходящие по смыслу прилагательные (или причастия), учитывая правила синтаксического согласования.*

1) Атташе, авеню, адвокат, амплуа, ассорти, аэрозоль, белоручка, бра, безе, боа, боди, бродяга, видео, визави, врач, выскочка, гну, гуру, денди, доцент, евро, жалюзи, жюри, зануда, иваси, какаду, кантри, каре, кашне, кенгуру, киви, кимоно, колибри, коллега, колли, кольраби, кофе, крупье, кутюрье, лама, левша, манго, мартини, маэстро, меню, миледи, монпансье, недоросль, непоседа, ниндзя, пани, пари, педагог, пенальти, пенсне, пони, преподаватель, протеже, профессор, растяпа, резюме, рефери, сабо, салями, сирокко, спагетти, табу, такси, тамада, танго, толь, торнадо, турне, тюль, фламинго, фрау, хачапури, хиппи, цеце, цунами, шасси (*склоняемые и несклоняемые существительные*).

2) Айдахо, Бали, Борнео, Гоби, Дели, Калахари, Капри, Килиманджаро, Колорадо, Лимпопо, Мехико, Миссисипи, Онтарио, Сорренто, Тбилиси, Толедо, Чили (*имена собственные*).

3) АО, АТС, БАМ, бомж, ВТО, вуз, ГАЗ, ГОК, ГУМ, ДК, дот, ДСП, ДТП, жэк, колхоз, КПП, ЛДПР, МВД, МИД, НИИ, НХЛ, НЭП, общепит, ООН, ПК, полпред, СЕ, СМУ, СНГ, СССР, ТАУ, ТВ, ТРЦ, УЗТМ, ФГБОУ, ФМС, ФСБ, ЦУМ (*аббревиатуры*).

Задание 2. *Определите род у следующих сложносоставных существительных. Составьте с ними словосочетания* ***прил. + сущ.***

Диван-кровать, музей-квартира, генерал-губернатор, плащ-палатка, идея-фикс, конференц-зал, жар-птица, кафе-столовая, чудо-человек, матч-реванш, салон-парикмахерская, программа-максимум, женщина-космонавт, альфа-излучение, ракета-носитель, премьер-министр, кофе-пауза.

---

[5] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем грамматических трудностей.

Задание 3. *Определите, какие фамилии при заполнении бланка письма или заявления будут склоняться, а какие нет. Обращайте внимание на пол человека. Запишите эти имена и фамилии в нужном падеже.*

Кому:

Сергей Левченко, Александр Живаго, Елена Сверчук, Анна Шевченко, Константин Ярош, Татьяна Чубинец, Вероника Лежава, Андрей Горенко, Борис Станкевич, Виталий Воробей, Ирина Шевчук, Иван Миклухо-Маклай, Виктор Доброво, Владислав Карамыш, Анна Диоп, Андрей Кожемяк, Мария Мицкевич, Петр Галаган, Маргарита Венда, Вадим Черных.

От кого:

Николай Черныш, Наталья Седых, Светлана Карась, Семен Фоменко, Лев Щерба, Сергей Соловьев-Седой, Александр Максимаджи, Екатерина Франюк, Леонид Березняк, Юлия Родных, Максим Жук, Алёна Ремесло, Николай Стрижак, Наталия Черных, Марат Ардзинба, Вера Ноздреватых, Виктория Приходько, Евгений Столпнер, Кирилл Шапиро, Станислав Горбачевич.

Задание 33. *Заполните таблицу следующими существительными, в зависимости от того, как у них образуется форма именительного падежа множественного числа.*

Окончание **–а/ –я**	Окончание **–ы/ –и**	Варианты **–а/ –я** и **–ы/ –и**

*Отдельно укажите существительные, у которых от выбора окончания в этой форме зависит значение (например, ордер**а** – «документы» и ордер**ы** – «элементы в архитектуре»).*

1) Брелок, бухгалтер, ветер, вексель, возраст, герб, год, директор, договор, жемчуг, инженер, инспектор, клин, колос, купол, лектор, медвежонок, небо, окорок, офицер, отпуск, пандус, паспорт, плинтус, почерк, прииск, прожектор, профессор, ребенок, редактор, сектор, семя, слесарь, столяр, сторож, табель, токарь, тополь, трактор, хозяин, цех, чудо, шило, шофёр, штемпель.

2) Корпус, лагерь, образ, повод, полоз, полутон, провод, пропуск, прут, тормоз, хлеб.

Задание 4. *Образуйте форму родительного падежа множественного числа от следующих существительных. Отметьте наличие вариантов (например, ла́сты – ла́ст**ов** и ла́ст□).*

Армяне, апельсины, басни, блюдца, болгары, ботинки, брызги, буряты, валенки, гардемарины, гектары, граммы, грузины, дела, деньги, джинсы, заморозки, казахи, калории, кастрюли, килограммы, клавиши, комментарии, макароны, мандарины, мечты, микроны, мокасины, носки, осетины, партизаны, перила, перипетии, петли, плечи, полотенца, поместья, помидоры, просьбы, развилки, рельсы, русла, сани, сапоги, сбои, свадьбы, сваи, свечи, серьги, солдаты, тапочки, тиски, турки, туфли, цыгане, чукчи, чулки, южане, юнги, яблоки, ясли.

Задание 5. *Раскройте скобки, заменяя цифровые обозначения словами, правильно определяя падеж числительных и существительных.*

1. Выборы в Государственную Думу состоялись в (358 округов). **2.** Появилась серия вспомогательных пособий с (5 735 чертежей). **3.** Теплоход с (657 отдыхающих) плыл вниз по Волге. **4.** За время последней экспедиции мы прошли свыше (2 580 километров). **5.** Нарушения техники безопасности были выявлены на (4 893 предприятия).

Задание 6. *Исправьте неверное употребление числительных в следующих предложениях:*

1. Лекция по философии будет прочитана для обоих студенческих групп. **2.** Мать-героиня воспитала семерых сыновей и четверых дочерей. **3.** Забор тянулся по обоим сторонам улицы и ограничивал движение. **4.** Двоих подруг она уже встретила по приезде в родной город. **5.** Главные достопримечательности Санкт-Петербурга расположены по обеим берегам Невы.

Задание 7. *Выпишите из предложений неправильно образованные грамматические формы. Запишите исправленный вариант.*

1. Всем стало понятно, что ейное предложение по реконструкции здания не будет одобрено. **2.** После второго матча наша команда оказалась в более лучшем положении. **3.** Староста пожаловалась преподавателю, что наша группа не влазиет в аудиторию 3519. **4.** Съездя в другой город, она поняла, как хорошо на родине. **5.** Ремонтники уже второй месяц не могли сменить треснутое стекло в окне. **6.** Он схватился за канат двумями руками. **7.** Хозяйка встретила гостей в бигудях и халате. **8.** Наши альпинисты покорили самые высочайшие вершины мира. **9.** Я надеялся, что к началу сессии выздоровлю. **10.** В этот раз студенты справились с заданием еще более хуже.

Задание 8. *Найдите нарушения морфологических норм. Запишите исправленный вариант предложений.*

1. Новый преподаватель кажется более образованнее. **2.** Студенческое общежитие находится в полтора километрах от здания университета. **3.** ФНС был создан как федеральный орган исполнительной власти. **4.** В магазине «Лео-строй» разнообразные варианты цветных жалюзей. **5.** Куратор совсем не интересовался ихними проблемами в учебе. **6.** МВФ выделило очередной транш в 1,5 миллиарда долларов. **7.** В столовой нельзя пользоваться лопнутыми стаканами. **8.** Эту сумму мы добавим к тысяче двести сорокам рублям. **9.** На конференцию молодых ученых пригласили самых умнейших студентов старших курсов. **10.** Вскоре Сергей Исаев стал популярной тамадой на свадьбах и других торжествах. **11.** На вновь открытое предприятие требуются бухгалтера, сторожи и инженера АСУП. **12.** Южнее Сочи находится солнечное Сухуми. **13.** На дипломную практику горный комбинат принял троих девушек с нашего курса. **14.** Мама традиционно купила пять килограмм мандарин и апельсин для праздничного новогоднего стола. **15.** Увидя раздраженное состояние преподавателя, студентка решила с ним не спорить.

ТЕМА 8. СИНТАКСИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – повторить основные правила построения словосочетаний и предложений

Основные понятия темы:

Синтаксические нормы – это правила, регулирующие порядок и связь слов в

словосочетании и предложении.

Задание 1. *Раскройте скобки, правильно определив падеж зависимого слова. При необходимости используйте предлоги. Запишите получившиеся словосочетания.*

Согласно (устав университета), точка зрения (события), благодаря (поддержка друга), анонс (предстоящие гастроли), вопреки (мнение большинства), наперекор (судьба), вклад (развитие науки), жажда (слава), заведующий (кафедра), по (возвращение) из отпуска, отзыв (курсовая работа), рецензия (новый фильм), оплачивать (проезд), свидетельствовать (необходимость перемен), доказывать (новая теория), поделиться (результаты исследования), апеллировать (здравый смысл), по (прибытие) поезда; предостеречь (опасность) – предупредить (опасность), обращать внимание (недостатки) – уделять внимание (подготовка к экзаменам), уверенность (свои силы) – вера (победа).

Задание 2. *Найдите предложения, в которых неверно употреблен деепричастный оборот. Предложите свой вариант исправления.*

*Образец: Подводя итог проделанной работы, мною был вдвинут ряд предложений по модернизации (**действие, названное деепричастием, не относится к подлежащему**).*

Варианты исправления: 1) Подводя итог проделанной работы, я выдвинул ряд предложений по модернизации. 2) Когда я подвел итог проделанной работы, мною был вдвинут ряд предложений по модернизации. 3) После подведения ряда итогов проделанной работы мною был вдвинут ряд предложений по модернизации.

1. Будучи ребенком, Дмитрия всегда интересовали вопросы, связанные с техникой. **2.** Читая произведения русской классики, меня охватывает чувство гордости за отечественную литературу. **3.** Не чувствуя ни усталости, ни голода, наш путь к вершине продолжался. **4.** Узнав эту прекрасную новость, радости студентов не было предела. **5.** Первым, слегка хромая, из автобуса вышел седой старик. **6.** Записываясь на практику, у студентов были очень ограничены возможности выбора места ее прохождения. **7.** Вспоминая родные места, мне видится наш маленький кирпичный домик в тени тополей. **8.** Глядя на ярко освещенные стены Зимнего дворца, у меня возникло желание приехать сюда еще раз. **9.** Позвонив в третий раз, он с грустью понял, что никого нет дома. **10.** Произведя ряд расчетов, задача была решена студентами в течение 15 минут.

Задание 3. *Найдите предложения, в которых неправильно согласовано подлежащее со сказуемым. Запишите исправленный вариант.*

1. Много знаменитых людей закончили наш университет. **2.** Немало средств были потрачены на восстановление полуразрушенного памятника архитектуры. **3.** Несколько важных дат будут отмечены в календаре помимо официальных государственных праздников. **4.** На собрание по поводу летней практики явились лишь 31 студент. **5.** Часть студентов не справились с итоговой контрольной работой. **6.** Множество горожан приняли участие в шествии «Бессмертного полка». **7.** Ряд важных вопросов не были решены во время последнего заседания Ученого совета. **8.** Половина участников соревнований были размещены в студенческом общежитии. **9.** Тысяча периодических изданий имеются в открытом доступе в электронной библиотеке. **10.** Газета «Екатеринбургские новости» опубликовали интересную статью о творчестве молодых поэтов и писателей Урала.

Задание 4. *Найдите нарушения синтаксических норм. Запишите исправленный вариант предложений.*

1. Согласно распоряжения ректора всем студентам и сотрудникам необходимо пройти флюорографический осмотр. **2.** Открыв дверь в аудиторию, перед моими глазами предстала странная картина. **3.** Важно изучать условия жизни человека и как они связаны с процессами, происходящими сегодня в нашем обществе. **4.** Молодежь всегда принимали участие в студенческой самодеятельности и спортивных мероприятиях. **5.** В своей новой статье автор исследует и размышляет о возможностях искусственного интеллекта. **6.** Приказ был подписан ректором университета, устанавливающий обязательное посещение занятий, и доведен до сведения сотрудников вуза, преподавателей и студентов. **7.** Несколько членов Ученого совета не присутствовали на очередном заседании. **8.** В район приехал инструктор для подготовки специалистов по борьбе с сельскохозяйственными вредителями из местных жителей. **9.** Ученики горного лицея поступают в престижные учебные заведения, родители которых гордятся их успехами в учебе. **10.** Можно было согласиться лишь с теми положениями доклада, где приводились статистические данные для подтверждения гипотезы. **11.** Сдав нормативы ГТО, большинству из нас был вручен золотой значок. **12.** Учебное пособие не только предназначено для преподавателей, а также и для студентов и аспирантов. **13.** Скоро будет заселен многоквартирный дом, выросший на глазах за несколько месяцев и который уже приняла комиссия. **14.** Нам предложили поселиться в номере-люкс новой гостиницы для туристов с видом на море. **15.** Преподаватель попросил студентов, чтобы они ему напомнили на следующем занятии, чтобы он им распечатал раздаточный материал к семинарскому занятию.

ТЕМА 9. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТИЛЕЙ

Цель – повторить систему функциональных стильных стилей русского языка, научиться определять стиль текста и доказывать свою точку зрения в этом вопросе.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):

Функциональный стиль – это исторически сложившаяся и социально осознанная разновидность языка, функционирующая в определенной сфере человеческой деятельности и общения, создаваемая особенностями употребления в этой сфере языковых средств и их специфической организацией.

В основе классификации стилей лежат экстралингвистические факторы: сфера применения языка, обусловленная ею тематика и цели общения. Сферы применения языка соотносятся с видами деятельности человека, соответствующими формам общественного сознания: наука, идеология, право, искусство, религия. Выделяются стили официальной речи (книжные): **научный**, **официально-деловой**, **публицистический**, **литературно-художественный**, **церковно-религиозный**. Им противопоставлен стиль неофициальной речи – **разговорный**, экстралингвистической основой которого является сфера бытовых отношений и общения (быт как область отношений людей вне их непосредственной производственной и общественно-политической деятельности).

Сферы применения языка в значительной мере влияют на тематику и содержание высказывания. Каждая из них имеет свои актуальные темы. Например, в научной сфере обсуждаются проблемы научного познания мира, в сфере бытовых отношений – бытовые

вопросы. Однако в разных сферах может обсуждаться одна и та же тема, но цели преследуются неодинаковые, вследствие чего высказывания различаются и по содержанию, и по форме (см. **Задание 1**).

Каждый стиль обладает определёнными языковыми особенностями (прежде всего лексическими и грамматическими). Можно говорить лишь об относительной замкнутости функциональных стилей: большинство языковых средств в каждом стиле нейтральные, межстилевые. Однако ядро каждого стиля образуют присущие именно ему языковые средства с соответствующей стилистической окраской и едиными нормами употребления.

Следует отбирать слова и конструкции в соответствии с выбранным стилем, особенно в письменной речи. Употребление разностилевых языковых средств в рамках одного текста ведет к появлению стилистических ошибок. Часто встречаются ошибки, связанные с неуместным употреблением канцеляризмов, а также злоупотреблением специальными терминами в ненаучном тексте и использованием разговорной и просторечной лексики в книжных текстах (см. **Задание 2**).

Можно сделать вывод, что **стилистические нормы** – это 1) правила употребления языковых средств в соответствии с выбранным стилем и 2) правила выбора стиля, соответствующего условиям общения.

Таким образом, специфические черты каждого функционального стиля можно описать, ориентируясь на целый ряд признаков, которые обознаются как **стилеобразующие факторы**, а также на его стилевые и языковые особенности. Кроме того, каждый стиль включает в себя тексты разных жанров (см. **Задание 3**).

Функциональный стиль	Стилеобразующий фактор						Жанры
	Доминирующая языковая функция	Форма общественного сознания	Основная форма речи	Типичный вид речи	Тон речи	Тип адресата	
Научный	Сообщение	Научное сознание	Письменная	Монолог	Нейтральный	Массовый (подготовленный к восприятию научной информации)	Учебник, монография лекция, научная статья, аннотация, реферат, конспект, тезисы, курсовая работа, выпускная работа, диссертация, доклад
Официально-деловой	Сообщение / воздействие	Правовое сознание	Письменная	Монолог	Нейтральный / императивный	Массовый	Конституция, закон, приказ, указ, распоряжение, положение, регламент, заявление, автобиография, резюме, характеристика
Публицистический	Сообщение + воздействие	Идеологическое сознание	Письменная и устная	Монолог и диалог	Обусловленный содержательно	Массовый	Репортаж, интервью, очерк, дискуссионное выступление, статья, информационная заметка
Литературно-художественный	Воздействие	Эстетическое сознание	Письменная	Обусловленный родом и жанром литературы	Обусловленный эстетической задачей	Массовый (подготовленный к восприятию классических произведений)	Роман, повесть, рассказ, новелла, стихотворение, поэма, баллада
Церковно-религиозный	Воздействие	Религиозное сознание	Письменная и устная	Монолог	Обусловленный ситуативно	Массовый	Исповедь, проповедь, житие, молитва
Разговорный	Общение	Обыденное сознание	Устная	Диалог и полилог	Обусловленный ситуативно	Личный (конкретный собеседник)	Дружеская беседа, семейная беседа, бытовой спор, байка

Задание 1. *Прочитайте тексты, посвященные одной теме. Определите функционально-стилевую принадлежность текстов, опираясь на стилеобразующие факторы и языковые особенности каждого из них.*

Текст 1

Гроза – атмосферное явление, заключающееся в электрических разрядах между так называемыми кучево-дождевыми (грозовыми) облаками или между облаками и земной поверхностью, а также находящимися над ней предметами. Эти разряды – молнии – сопровождаются осадками в виде ливня, иногда с градом и сильным ветром (иногда до шквала). Гроза наблюдается в жаркую погоду при бурной конденсации водяного пара над перегретой сушей, а также в холодных воздушных массах, движущихся на более теплую подстилающую поверхность.

Текст 2

Как передает наш корреспондент, вчера над центральными районами Пензенской области прошла небывалой силы гроза. В ряде мест были повалены телеграфные столбы, порваны провода, с корнем вырваны столетние деревья. В двух деревнях возникли пожары в результате удара молнии. К этому прибавилось еще одно стихийное бедствие: ливневый дождь вызвал сильное наводнение. Нанесен значительный ущерб сельскому хозяйству. Временно было прервано железнодорожное и автомобильное сообщение между соседними районами.

Текст 3

Доводим до Вашего сведения, что вчера после полуночи над районным центром – городом Нижний Ломов и прилегающей к нему сельской местностью – пронеслась сильная гроза, продолжавшаяся около получаса. Скорость ветра достигала 30-35 метров в секунду. Причинен значительный материальный ущерб жителям деревень Ивановка, Щепилово и Вязники, исчисляемый, по предварительным данным, сотнями тысяч рублей. Имели место пожары, возникшие вследствие удара молнии. Сильно пострадало здание школы в деревне Курково, для его восстановления понадобится капитальный ремонт. Вышедшая из берегов в результате проливного дождя река Вад затопила значительную площадь. Человеческих жертв нет. Образована специальная комиссия для выяснения размеров причиненного стихийным бедствием ущерба и оказания помощи пострадавшему местному населению. О принятых мерах будет незамедлительно доложено.

Текст 4

Ты не поверишь, какая гроза прошла вчера над нами! Я человек не робкого десятка, и то испугался насмерть.

Сначала все было тихо, нормально, я уже собирался было лечь, да вдруг как сверкнет молния, бабахнет гром! И с такой силищей, что весь наш домишко задрожал. Я уже подумал, не разломалось ли небо над нами на куски, которые вот-вот обрушатся на мою несчастную голову. А потом разверзлись хляби небесные... В придачу ко всему наша безобидная речушка вздулась, распухла и ну заливать своей мутной водицей все вокруг. А совсем рядом, что называется – рукой подать, загорелась школа. И стар и млад – все повысыпали из изб, толкутся, орут, скотина ревет – вот страсти какие! Здорово я перепугался в тот час, да, слава Богу, все скоро кончилось.

Текст 5

При Крещении священник крестообразно помазывает лоб христианина святым миром, говоря: «Печать дара Духа Святаго». Впоследствии всякий раз, когда христианин осеняет себя крестным знамением, он поклоняется спасительной Страсти Господней и призывает

крестную силу, иже есть сила крестной смерти нашего Христа. Говоря: «Кресте Христов, спаси нас силою твоею», мы призываем силу крестной жертвы Господа. Поэтому крест обладает великой силой. Например, началась гроза. Сверкают молнии, и в большой железный крест на колокольне тоже может ударить молния. Однако, если стоящий под этим железным крестом христианин имеет на себе вот такой маленький крестик и говорит: «Кресте Христов, спаси мя силою твоею», то молния ему не повредит. В первом случае действуют природные законы: молния попадает в крест и сбивает его на землю. Во втором случае такой вот малюсенький крестик хранит верующего человека, призвавшего на помощь силу Креста.

Текст 6

Между далью и правым горизонтом мигнула молния, и так ярко, что осветила часть степи и место, где ясное небо граничило с чернотой. Страшная туча надвигалась не спеша, сплошной массой; на ее краю висели большие, черные лохмотья; точно такие же лохмотья, давя друг друга, громоздились на правом и на левом горизонте. Этот оборванный, разлохмаченный вид тучи придавал ей какое-то пьяное, озорническое выражение. Явственно и не глухо проворчал гром. Егорушка перекрестился и стал быстро надевать пальто.

Вдруг рванул ветер и со свистом понесся по степи, беспорядочно закружился и поднял с травою такой шум, что из-за него не было слышно ни грома, ни скрипа колес. Он дул с черной тучи, неся с собой облака пыли и запах дождя и мокрой земли. Лунный свет затуманился, стал как будто грязнее, звезды еще больше нахмурились, и видно было, как по краю дороги спешили куда-то назад облака пыли и их тени.

Чернота на небе раскрыла рот и дыхнула белым огнем; тотчас же опять загремел гром.

Дождь почему-то долго не начинался... Было страшно темно. А молнии в потемках казались белее и ослепительнее, так что глазам было больно.

Вдруг над самой головой его [Егорушки] со страшным, оглушительным треском разломалось небо; он нагнулся и притаил дыхание, ожидая, когда на его затылок и спину посыпятся обломки... Раздался новый удар, такой же сильный и ужасный. Небо уже не гремело, не грохотало, а издавало сухие, трескучие, похожие на треск сухого дерева звуки. (*А. П. Чехов. Степь*)

Задание 2. *Найдите в следующих предложениях стилистические ошибки и запишите исправленный вариант.*

1. Некоторым министрам необходимо включить мозги, чтобы до них дошло, что на прожиточный минимум люди в России могут только существовать. **2.** В статье сообщается, что левые лекарства отследят по аптекам и конфискуют. **3.** Мэр города рассказал, что в настоящее время ведется возведение двух бюджетных высоток в Пионерском поселке. **4.** Новый сотрудник редакции сумел нарыть некий компромат на верхушку министерства, но опубликовать материалы ему не дали. **5.** Директор гимназии был в ауте, когда ему сообщили, что гимназия получила-таки грант в размере 1 млн. рублей. **6.** Бытие в хрущевках и интенсивные трудовые затраты скрашивала душевная атмосфера, царившая в те годы в коллективе. **7.** Благополучие родных деревень отстаивает наш председатель, который по восемнадцать часов в сутки мотается по полям, фермам, частит по делам в Екатеринбург. **8.** Трудно понять, почему ученый допустил такую промашку в расчетах. **9.** Семь школ, которые дислоцируются в нашем районе, переполнены, поэтому некоторым детям приходится ездить за тридевять земель. **10.** Избранников народа одолевает такое количество проблем, что у некоторых уже крыша поехала.

Задание 3. *Определите, к какому стилю принадлежит каждый из предложенных текстов*[6]*. Попытайтесь обосновать свою точку зрения.*

Текст 1

В психологии и этике делового общения речь пойдет не столько об абстрактных общепсихологических категориях и принципах, сколько о профессиональных психологических и в то же время практически ориентированных знаниях, которые могут обеспечить успех той или иной деятельности. Под **деловым** понимается общение, обеспечивающее успех какого-то общего дела, создающее условия для сотрудничества людей, чтобы осуществить значимые для них цели. Деловое общение содействует установлению и развитию отношений сотрудничества и партнерства между коллегами по работе, руководителями и подчиненными, партнерами, соперниками и конкурентами. Оно предполагает такие способы достижения общих целей, которые не только не исключают, но, наоборот, предполагают также и достижение лично значимых целей, удовлетворение личных интересов.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 2

Веруем в Единого Бога Отца Всемогущего, Творца неба и земли.

Веруем также в Иисуса Христа, Его Единородного Сына и Господа нашего, Который был зачат Духом Святым, рожден девой Марией, Который страдал во времена Понтия Пилата, был распят, умер и был погребен, сошел в царство смерти, на третий день воскрес из мертвых, вознесся на Небо и воссел одесную Всемогущего Бога Отца, откуда вернется судить живых и мертвых.

Веруем также во Святого Духа, Святую Соборную Церковь, собрание святых, в прощение грехов, воскресение мертвых и жизнь вечную.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 3

В Горном университете прошел День открытых дверей. На площадке перед Большим актовым залом – Залом УГМК развернулся настоящий наукоград: кроме презентации различных направлений подготовки, школьников ждали специализированные мастер-классы.

Об основах робототехники будущим абитуриентам рассказывали сотрудники кафедры горных машин и комплексов и робот Герман. О далеких экспедициях и романтике походов – студенты-геологоразведчики. У стенда **Уральского геологического музея** ребята рассматривали минералы под микроскопом, а вместе с инструкторами **студенческого патриотического центра «Святогор»** учились основам безопасного обращения с оружием.

[6] Задание может быть выполнено как тестовое.

Всего на **День открытых дверей** в **Горный университет** пришли около тысячи школьников. Многие из них уже серьезно задумались о том, чтобы стать частью дружной семьи горняков.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 4

В соответствии с Федеральным законом от 18.06.2001 N 77-ФЗ «О предупреждении распространения туберкулеза в Российской Федерации», Постановлением Правительства РФ от 25.12.2001 N 892 «О реализации Федерального закона «О предупреждении распространения туберкулеза в Российской Федерации», санитарно-эпидемиологическими правилами СП 3.1.2.3114-13 «Профилактика туберкулеза» и в целях раннего выявления заболеваний органов грудной клетки среди студентов и сотрудников университета

ПРИКАЗЫВАЮ:

Организовать с 10 апреля по 12 мая 2017 года флюорографический профилактический осмотр студентов и сотрудников университета в передвижном цифровом флюорографическом кабинете, установленном во дворе I учебного здания, с предъявлением каждым студентом и сотрудником копии полиса обязательного медицинского страхования.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 5

Страны, которые являются участниками процесса торговли минеральным сырьем, решают разные задачи, что отражается на структуре их экономики, влияет на характер воспроизводственных процессов, порождает специфические для каждой страны проблемы. Взаимодействие экспортеров и импортеров сырья накладывает отпечаток на международные отношения, являясь причиной возникновения конфликтов, создания экономических и военно-политических союзов. Стремление к поддержанию и расширению экспорта вызывает дополнительные потребности в производстве сырья внутри страны, в развитии минерально-сырьевой базы. Импорт сырья следует рассматривать как источник удовлетворения потребностей и стимулирование развития несырьевых отраслей.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 6

Отец наш шибко тада заболел // У него было очень больное сердце // А что такое больное сердце в те годы / это же неизлечимая болячка! Он работал у нас мастером в заводе / в формовочном цехе / где делались изделия для сталелитейного завода / для нижнетагильского // Ковшовые кирпичи / розетки / воронки всякие / сифоны / вообщем / всякая всячина // Всё было для фронта / всё для победы // Щас этого никто не понимает / особенно нынешняя молодёжь // Какие же тяжёлые дни пережило наше поколение! И не дай

вам Бог узнать / что такое война! Да даже твои родители ещё воспитывались в этом послевоенном духе // Ну да ладно / всё равно меня трудно понять…

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 7

Реклама работает на подсознательном уровне, обращается к иррациональному в природе человека. Ее влияние и глубже и сильнее, чем мы думаем, потешаясь над каким-нибудь слабоумным персонажем вроде пропагандиста бытовой техники. Кого и в чем может убедить этот шут гороховый? Оказалось – нас. Но не в том, что его товары дешевле и лучше, а совсем в другом – в преимуществе нового образа жизни.

От рекламы не требуется реализма. Задавая высокие нравственные стандарты, она порождает особое позитивное мышление. Задача рекламы состоит в том, чтобы потребитель подсознательно стремился отождествить себя с героем «коммершелз». Тогда он купит сковородку не для того, чтобы жарить яичницу, а для того, чтобы стать участником идеальной экранной жизни.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 8

Наутро поднявшееся яркое солнце быстро съело тонкий ледок, подернувший воды, и весь теплый воздух задрожал от наполнивших его испарений отжившей земли. Зазеленела старая и вылезающая иглами молодая трава, надулись почки калины, смородины и липкой спиртовой березы, и на обсыпанной золотым светом лозине загудела выставленная облетавшаяся пчела. Залились невидимые жаворонки над бархатом зеленей и обледеневшим жнивьем, заплакали чибисы над налившимися бурою неубравшеюся водой низами и болотами, и высоко пролетели с весенним гоготаньем журавли и гуси. Заревела на выгонах облезшая, только местами еще не перелинявшая скотина, заиграли кривоногие ягнята вокруг теряющих волну блеющих матерей, побежали быстроногие ребята по просыхающим, с отпечатками босых ног тропинкам, затрещали на пруду веселые голоса баб с холстами, и застучали по дворам топоры мужиков, налаживающих сохи и бороны. Пришла настоящая весна.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 9

К нашему большому сожалению, мы должны сообщить Вам, что партия лакокрасочных материалов, отгруженных Вами на судне «Ленинград» по контракту 27-005/40289, не соответствует по качеству нашим спецификациям, на основании которых был заключен контракт.

Согласно параграфу № 03 в договоре, мы имеем право отказаться от приемки этой партии товара. Однако, принимая во внимание наши длительные деловые отношения и то

обстоятельство, что предыдущие поставки лакокрасочных материалов в счет данного контракта были произведены в соответствии с условиями договора и надлежащего качества, мы согласны принять эту партию товара, если Вы предоставите нам скидку в 10 %.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 10

Человек должен быть широк. Из универсализма вытекает креативность, а ЕГЭ не обеспечивает ни того, ни другого. Даже те ребята, которые прекрасно сдали тесты по выбранным предметам, далеко не всегда в состоянии объяснить, откуда взялись все эти ответы, вывести их самостоятельно. А предложение «докрутить» чуть дальше и глубже вообще ставит в тупик: «Почему вы у нас спрашиваете то, что вы нам не рассказали?» Но креативность как раз и состоит в умении давать такие ответы. Учащийся – это же не шляпа, в которую положили кролика, чтобы его же и достать. Это неинтересно.

Убрать ЕГЭ нельзя. Но если оставить все как есть, мы обречены на дальнейшее отставание в науке, в любых творческих профессиях. Поэтому необходимо уточнить функционал ЕГЭ. А для этого надо все же назвать кошку кошкой и понять, что такое образование.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 11

На религию после революции 1917 года было наложено так называемое табу. Христианское вероисповедание и все реалии, связанные с ним, воспринимались только как культурное наследие и пережиток царского режима. Соборы и церкви были лишь памятниками архитектуры, жития святых – памятниками литературы, иконы и фрески – памятниками художественного творчества. Очень многие храмы были разрушены или применялись не по своему прямому назначению; они становились складами, конторами, монастыри превращались в тюрьмы и колонии. Люди, особенно священнослужители, преследовались за свою веру. Как следствие, лексика религиозного характера со временем стала постепенно переходить в пассивный состав языка, используясь в основном в составе фразеологизмов и афоризмов (как Бог на душу положит; как у Христа за пазухой; человек предполагает, а Бог располагает). Некоторые слова изменили свою семантику (воскресение, братия), многие приобрели в современном русском языке отрицательную окраску (вертеп).

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

ТЕМА 10. НАУЧНЫЙ СТИЛЬ

Цель – познакомиться со спецификой научного стиля, научиться определять основные стилевые и языковые особенности научных текстов.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):

Научный стиль – один из важнейших функциональных стилей литературного языка, относящийся к письменно-книжному типу речи и обслуживающий сферу науки и производства. Цель текста научного стиля может заключаться в передаче объективной информации о природе, человеке и обществе, доказательстве ее новизны, истинности или ценности.

Основные стилевые черты научного стиля:

– **объективность**, которая проявляется в изложении разных точек зрения на рассматриваемую проблемы, в отсутствии субъективных оценок при передаче содержания, в безличности языкового выражения, в сосредоточенности на предмете высказывания;

– **логичность**, которая проявляется в последовательности и непротиворечивости изложения научной теории и создается с помощью особых синтаксических конструкций (сложные предложения с придаточными причины, условия, следствия; предложения с вводными словами *во-первых*, *во-вторых*, *наконец*, *итак*, *следовательно* и др.);

– **доказательность**, которая проявляется в цепочке рассуждений, аргументации определенных положений и гипотез;

– **точность**, которая достигается благодаря использованию терминов (т. е. слов и словосочетаний, обозначающих понятия особой области знания или деятельности), однозначных слов; четким оформлением синтаксических связей;

– **обобщенность** и **отвлеченность**, которые проявляются в отборе слов (преобладание имен существительных над глаголом, общенаучные слова, имена существительные с абстрактным значением, конкретные существительные в обобщенном значении), в употреблении грамматических форм (глаголы настоящего времени во «вневременном» значении, возвратные и безличные глаголы, преобладание форм 3-го лица, форм несовершенного вида), в использовании синтаксических конструкций (неопределенно-личные предложения, страдательные обороты), в существовании авторского «мы», характерного только для научного стиля;

– **насыщенность фактической информацией**;

– **отсутствие выражения эмоций** (отсутствуют разговорные элементы, эмоционально-экспрессивная лексика, неполные конструкции и т. п.).

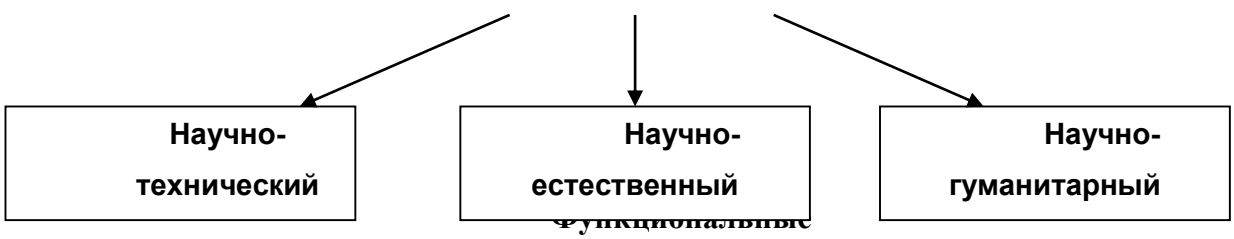
Основные языковые особенности научного стиля:

Языковые особенности	**Примеры**
Лексические	
1) термины	*обогащение полезных ископаемых, месторождение, осадочные породы, смешанослойный минерал, рудное тело* и др.
2) общенаучная лексика	*закон, теория, аспект, носитель, конструкция* и др.
3) книжная лексика абстрактного значения	*применение, явление, замедление, обязательство, подготовка* и др.
Морфологические	
1) частотность существительных	(Примерно 40 % существительных на единицу текста)
2) частотность форм родительного	*попадание в водоемы масло-*

падежа существительных	*смазывающих продуктов* (род. п.) *отдельных узлов* (род. п.) *механического оборудования* (род. п.) *гидротехнических сооружений* (род. п.) и т. п.
3) широкое использование существительных среднего рода	*отношение, употребление, дело, доказательство, заполнение* и др.
4) преобладание глаголов несовершенного вида настоящего времени	*равняется, оказывается, возрастает, наблюдается, составляет* и др.
5) полузнаменательные глаголы-связки	*есть, быть, являться*
6) употребление причастий и деепричастий	*подчеркнутый, обрабатываемый, соответствующий; замечая, решая, сменив* и др.
Синтаксические	
1) вводные слова и конструкции	*вероятно, возможно, таким образом; по словам ученых, по мнению большинства исследователей* и др.
2) бессубъектные конструкции	*карьер был разработан; оборудование было закуплено; проект был одобрен* и др.
3) безличные предложения	*необходимо отметить; следует подчеркнуть; можно сделать ряд выводов* и др.
4) обобщенно-личные предложения	*подчеркнем следующие положения; выделим важные особенности; отметим ряд недостатков* и др.
5) цепочки однородных членов	*Хорошие каталоги Интернета обеспечивают разнообразный дополнительный сервис: поиск по ключевым словам в базе данных, списки последних поступлений, списки наиболее интересных из них, выдачу случайной ссылки, автоматическое оповещение по электронной почте о свежих поступлениях.*
6) многокомпонентные сложные предложения с союзной связью	*Если эксперимент оправдывает надежды, то гипотеза детализируется и конкретизируется, а затем ставится новый эксперимент.*

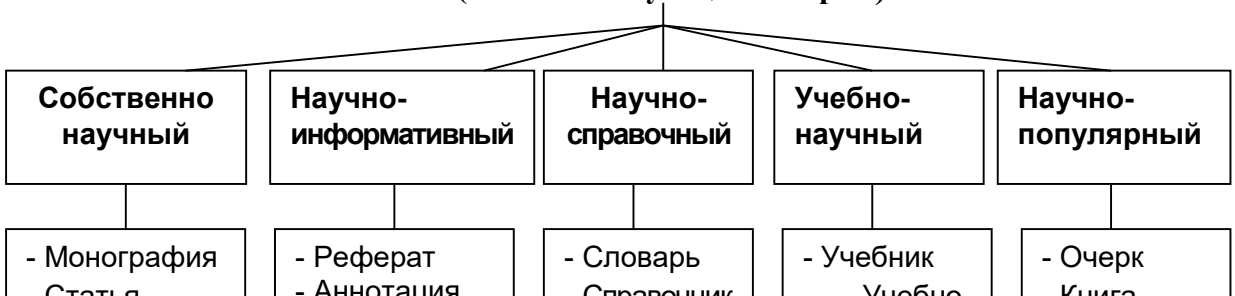
Подстили научной речи:

Тематические



Функциональные

(с соответствующим жанром)



Задание 1. *Проанализируйте текст по следующей схеме:*

1. *Охарактеризуйте текст по стилеобразующим факторам научного стиля.*

2. *Докажите принадлежность текста к научному стилю с опорой на основные стилевые черты.*

3. *Определите отнесенность текста к тематическому и функциональному подстилю научного стиля.*

4. *Составьте план текста и сформулируйте главную мысль.*

5. *Выделите в тексте языковые особенности научного стиля.*

Вариант 1: ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ[7]

В геологии существует более ста различных специальностей и специализаций. Одни из них тесно связаны с химией (геохимическое направление), другие – с физикой (геофизическое направление), третьи – с биологией (палеонтологическое и палеобиологическое направления), четвертые – с математикой и кибернетикой (компьютерное моделирование геологических процессов), пятые – с астрономией и астрофизикой (космическая геология) и т. д.

В недрах Земли находятся залежи полезных ископаемых, вопросами поиска и разведки которых занимается геология. На земной поверхности протекают разнообразные геологические процессы, люди возводят здания и различные инженерные сооружения, строят транспортные магистрали. Задачей геологов является обеспечение их устойчивости и безопасного функционирования. Правильное решение этих двух основных практических задач немыслимо без глубокого знания общих закономерностей строения и развития отдельных геосфер. Раскрытие данных закономерностей и познание лежащих в их основе причин невозможны без изучения всей Земли, так как наша планета представляет собой единую природную среду и развивается так же, как и все планеты Солнечной системы.

Знание происхождения и эволюции Земли, условий образования и развития земной коры, ее строения и состава во взаимодействии с внешними оболочками – водной (гидросферой) и воздушной (атмосферой), а также с внутренними оболочками – земным ядром и мантией – составляет необходимое звено мировоззрения. Оно позволяет понять, как осуществляется постепенный переход от неживого неорганического мира к органическому, как эволюционируют живые существа и вместе с ними изменяются геологические процессы.

Велико и познавательно значение геологии как науки о Земле, ее строении, происхождении и развитии. Она затрагивает проблемы происхождения и эволюции жизни и природных условий. Геология всегда стояла в центре ожесточенной борьбы научных воззрений и научных школ против религиозных предрассудков.

---

[7] Геология: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. – 7-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. С. 6-7.

Практическое значение геологии огромно и разнообразно. Весь арсенал современной науки и техники основан на использовании продуктов земных недр – нефти, угля, различных металлов, строительных материалов, подземных вод и др. Воды минеральных источников используют в лечебных и бальнеологических целях. Для поисков, разведки и извлечения разнообразного минерального сырья из земных недр требуется прежде всего разработка методов обнаружения залежей полезных ископаемых, которые необходимы для промышленности, сельского хозяйства и строительства.

Среди полезных ископаемых различают рудные, или металлические, из которых добывают различные металлы, и нерудные, или неметаллические. Из последних добывают удобрения, каменную соль, серу, строительные материалы, драгоценные (алмаз, рубин, сапфир, изумруд), полудрагоценные (аметист, циркон, топаз, цитрин, нефрит, малахит и др.) и поделочные камни (яшма, кварциты и др.), а также горючие полезные ископаемые (нефть, каменный и бурый уголь, горючие сланцы, газ). Подземные воды (пресные и минеральные) также являются полезными ископаемыми. Поисками залежей подземных вод и практическим их использованием занимается специальная отрасль геологии – гидрогеология. В особые научные дисциплины выделились геология рудных и геология нерудных месторождений, геология горючих полезных ископаемых. Без знания геологического строения территории не обходится ни одно строительство промышленных и гражданских зданий, транспортных магистралей, трубопроводов и средств связи. Эта особая отрасль геологии именуется инженерной геологией. Работами, проводимыми в районах развития многолетней мерзлоты, занимается такая наука, как мерзлотоведение.

Все перечисленные специальные научные дисциплины образуют самостоятельный раздел геологии, который называется *практической*, или *прикладной*, геологией.

ВАРИАНТ 2: ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ[8]

Современная мировая экономика характеризуется неуклонным ростом потребления минерального сырья, расширением круга используемых в промышленности элементов, вовлечением в производство новых типов месторождений полезных ископаемых. Укрепление и совершенствование минерально-сырьевой базы России – основная задача геологической службы.

Обеспечение ресурсами и запасами не только действующих отраслей горнодобывающей промышленности, но и ее перспективных направлений требует оперативного решения проблемы освоения новых видов полезных ископаемых. Успешное осуществление геолого-разведочных работ возможно лишь при условии постоянного совершенствования теории и методов поисков и разведок месторождений полезных ископаемых. Результативность геолого-разведочной отрасли определяется уровнем научных и методических разработок, степенью использования современных поисково-разведочных средств.

Научные основы поисков и разведок месторождений полезных ископаемых созданы трудами нескольких поколений отечественных геологов, среди которых в первую очередь необходимо назвать Г. Д. Ажгирея, Я. Н. Белевцева, А. Г. Бетехтина, Ю. А. Билибина,

---

[8] Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [В. В. Авдонин, В. В. Мосейкин, Г. В. Ручкин и др.]; под ред. В. В. Авдонина. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. С. 5-6.

П. П. Бурова, А. Б. Каждана, В. М. Крейтера, В. А. Обручева, А. П. Прокофьева, В. И. Смирнова, С. С. Смирнова, А. А. Якжина и др.

Многими ведущими учеными были написаны замечательные учебники и методические руководства по поискам и разведкам месторождений, не утратившие своего значения до настоящего времени. Тем не менее в последние годы произошли существенные изменения в самой структуре минерально-сырьевой базы, оценке перспектив использования природных ресурсов и методов их вовлечения в промышленное использование.

В геолого-разведочной отрасли можно отметить несколько областей, в которых наблюдаются наиболее значимые изменения.

Во-первых, это касается совершенствования теории и методики поисковых работ. Во-вторых, широкое внедрение компьютерных технологий во все направления геолого-разведочного процесса качественно изменило методику подсчета запасов и оценки месторождений на всех стадиях их освоения.

Существенные изменения происходят и в методике добычных работ, в особенности в связи с требованиями экологической безопасности.

Наконец, необходимо учитывать еще одно важное обстоятельство. Наряду с неуклонно возрастающей потребностью в различных видах минерального сырья отчетливо проявляется тенденция истощения минерально-сырьевой базы, снижения открываемости новых месторождений, вовлечения в промышленное производство неблагоприятных по геологической позиции месторождений и руд более низкого качества. Эти причины стимулируют повышенный интерес к минерально-сырьевому потенциалу Мирового океана. Вследствие интенсификации научно-исследовательских и поисково-разведочных работ в океане в последние годы сложилась качественно новая ситуация – возникла необходимость решения проблем освоения минерально-сырьевых ресурсов океана в практической плоскости, что ознаменовалось интенсивными усилиями по разработке теоретических основ, методики и технических средств морских геолого-разведочных работ.

Авторский коллектив настоящего учебника постарался отразить в нем все важнейшие достижения, касающиеся поисков, разведки и эксплуатации месторождений и характеризующие современное состояние геолого-разведочной отрасли.

Вариант 3: ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА[9]

Полезные ископаемые, располагающиеся в земной коре в пределах территории страны, образуют ее минерально-сырьевую базу. Эти природные ресурсы называют богатством недр государства.

Добычу полезных ископаемых обеспечивают горно-добывающие отрасли промышленности, перспективы развития которых зависят прежде всего от состояния природных ресурсов. Их освоение играет важнейшую роль в развитии экономики России.

В нашей стране выявлены в промышленных концентрациях все виды минерального сырья, используемого в мировой практике.

Оценка прогнозных ресурсов, которую сегодня осуществляют в основном до глубины освоенных промышленностью недр, составляющей для твердых полезных ископаемых около 1 км, свидетельствует о том, что в России в обозримом будущем исчерпания минеральных

[9] Городниченко В. И., Дмитриев А. П. Основы горного дела: учебник для вузов. М.: Издательство «Горная Книга», Издательство московского государственного горного университета, 2008. С. 7-8.

ресурсов не предвидится, тем более что результаты исследований сверхглубоких скважин подтверждают наличие промышленных концентраций полезных компонентов на глубинах до 10 км.

По данным Министерства природных ресурсов России, в нашей стране 60–70 % запасов важнейших видов полезных ископаемых сосредоточено в ограниченном числе крупных месторождений. В настоящее время сохраняют свое значение освоенные крупные месторождения полезных ископаемых и имеют большие перспективы развития месторождения в регионах Сибири, Дальнего Востока и Севера.

В Сибири находится около 84 % разведанных запасов угля России (категории А, В, Сi), из них бурых и каменных углей примерно поровну. В этих запасах сосредоточено до 90 % коксующихся углей России и около 85 % особо ценных для коксования углей марок ГЖ, Ж, КЖ, К, ОС.

В настоящее время в Сибири, включая республику Саха, добывается около 70 % углей России. Как считают эксперты, этот показатель будет возрастать в связи с сокращением добычи угля в европейской части страны, а также на Урале и Дальнем Востоке. Можно предположить, что основная роль в обеспечении потребностей страны в углях в будущем будет принадлежать Кузбассу.

Повышение эффективности производства имеет особое значение для горно-добывающих отраслей промышленности, которые обеспечивают топливом, минеральным сырьем и материалами многие отрасли экономики страны: черную и цветную металлургию, энергетику, химическую, строительных материалов, сельское хозяйство и др.

Результаты работы горных предприятий в значительной степени определяют уровень эффективности производства во всех других отраслях, потребляющих их продукцию.

Так, в общих затратах на производство цветных металлов затраты на добычу руды составляют более 50 %. В затратах на производство электроэнергии 60–70 % составляют затраты на топливо.

Повышение эффективности горного производства должно осуществляться путем его технического перевооружения, обеспечивающего снижение затрат на производство продукции, повышение качества продукции, экономное и рациональное использование трудовых и материальных ресурсов, комплексное освоение богатства земных недр.

Задание 2. *Отредактируйте предложения таким образом, чтобы они соответствовали научному стилю, запишите исправленный вариант. Определите, с чем связаны допущенные ошибки.*

1. В своей курсовой работе я хотел бы ответить на очень актуальные в наше нелегкое время вопросы. **2.** Авторы этих статей абсолютно неправильно думают, что только их точка зрения имеет право на существование. **3.** Выводы оказались неожиданными, на первый взгляд просто сумасшедшими. **4.** Однако вначале необходимо разобраться, есть ли угроза энергетического голода. **5.** Мне кажется, что первый способ решения проблемы более целесообразный. **6.** Стоит представить, а какой будет польза от этого изобретения. **7.** Компьютерный вирус – это сильный паразит! **8.** Современное состояние экономики, энергетики и экологии выдвигает необходимость проведения интердисциплинарных исследований. **9.** Это приводит к необходимости изыскания и выделения огромных усилий общества, чтобы противостоять результатам экологически опасных действий. **10.** В настоящее время сетевые технологии претерпевают бурное развитие. **11.** Свобода в современной России – это не столько свобода сотрудничества и доброжелательного диалога,

как своевольное навязывание своего понимания свободы ради сокрушения чужой. **12.** Математическая модель включала в себя систему уравнений, описывающая течение газа около криволинейной поверхности. **13.** Земля должна рассматриваться как некая квазизамкнутая система, ресурс жизнеобеспечения которой большой, но ограничен. **14.** Изучение новых материалов дает свои плоды. **15.** Используя метод аналогий, на кафедре систем управления разработан комплекс программных средств для изучения систем путем их моделирования.

ТЕМА 11. ОФИЦИАЛЬНО-ДЕЛОВОЙ СТИЛЬ

Цель – познакомиться со спецификой официально-делового стиля, научиться определять основные стилевые и языковые особенности документов, их жанр, видеть реквизиты.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):

Официально-деловой стиль – это стиль, который обслуживает правовую и административно-общественную сферы деятельности. Он используется при написании документов, деловых бумаг и писем в государственных учреждениях, суде, а также в разных видах делового устного общения.

Среди книжных стилей официально-деловой стиль выделяется относительной устойчивостью и замкнутостью. С течением времени он, естественно, подвергается некоторым изменениям, но многие его черты: исторически сложившиеся жанры, специфическая лексика, морфология, синтаксические обороты – придают ему в целом консервативный характер.

Основные стилевые черты официально-делового стиля:

– **объективный**, **абстрагированный (неличный) характер изложения**, который проявляется в отсутствии субъективных оценок при передаче содержания, в безличности языкового выражения (отсутствуют местоименные и глагольные формы 2-го лица, ограничены – 1-го лица);

– **точность и детальность изложения**, которые не допускают каких-либо разночтений; быстрота понимания не является важной, так как заинтересованный человек в случае необходимости прочитает документ несколько раз, стремясь к полному пониманию;

– **стандартизированность**, **стереотипность изложения**, которая проявляется в том, что разнородные явления жизни в официально-деловом стиле укладываются в ограниченное количество стандартных форм (*анкета*, *справка*, *инструкция*, *заявление*, *деловое письмо* и т. д.);

– **долженствующе-предписующий характер изложения**, т. е. **волюнтативность** (выражение воли), которая в текстах выражается семантически (подбором слов) и грамматически (формы первого лица глагола – *предлагаю*, *приказываю*, *поздравляю*; формами долженствования – *надлежит*, *необходимо*, *следует*, *предлагается*);

– **отсутствие выражения эмоций и оценок** (не употребляются эмоционально-экспрессивные средства).

Эти черты находят свое выражение 1) в отборе языковых средств (лексических, морфологических и синтаксических); 2) в оформлении деловых документов.

Основные языковые особенности официально-делового стиля:

Языковые особенности	Примеры
Лексические	
1) языковые штампы (канцеляризмы, клише)	*ставить вопрос, на основании решения, по собственному желанию, по семейным обстоятельствам, входящие-исходящие документы, контроль за исполнением возложить, по истечении срока* и др.
2) профессиональная терминология	*недоимка, алиби, черный нал, теневой бизнес, жилищный найм, прокурорский надзор, единовременное пособие* и др.
3) архаизмы	*оным удостоверяю, сей документ, в надлежащем виде, во избежание* и др.
4) тяготение к использованию родовых понятий с широкой и бедной семантикой	*прибыть* (вместо *приехать, прилететь, прийти* и т. д.), *транспортное средство* (вместо *автобус, самолет, «Волга»* и т. д.), *населенный пункт* (вместо *деревня, город, село* и т. д.), *помещение (вместо: квартира, цех, ангар, вестибюль, кров, обитель, апартаменты и т. д.)*
Морфологические	
1) существительные-названия людей по признаку, обусловленному действием	*налогоплательщик, ответчик, арендатор, свидетель* и др.
2) существительные, обозначающие должности и звания в форме мужского рода	*сержант полиции Ушакова, инспектор Неверова, ответчик Прошина* и др.
3) отглагольные существительные с частицей *не-*	*нелишение, неявка, несоблюдение, непризнание* и др.
4) производные предлоги	*в связи, в течение, за счет, в силу, по мере, в отношении, на основании* и др.
5) инфинитивные конструкции	*провести осмотр, оказать помощь, доказать невиновность* и др.
6) глаголы настоящего времени в значении обычно производимого действия	*обвиняемому обеспечивается право на защиту, за неуплату взимается штраф* и др.
7) сложные слова, образованные от двух и более основ	*бракосочетание, правонарушение, налогообложение, землепользование, пассажироперевозки, дачевладелец, нетрудоспособность, работодатель, квартиросъемщик, материально-технический, осенне-зимний, ремонтно-эксплуатационный, вышеуказанный, нижепоименованный* и др.

8) нанизывание существительных с суффиксом *-ние*	*Приготовлением к преступлению признается приискание и приспособление средств или орудий или умышленное создание условий для совершения преступлений....*
9) гигантский пласт официальных наименований номенклатуре учреждений, профессий, должностей и т. п.	*Российское акционерное общество «Единая энергетическая система России», Открытое акционерное общество «Нефтяная компания «Лукойл», Всероссийский научно-исследовательский институт документоведения и архивного дела, главный научный сотрудник, заместитель командира полка по инженерной службе, главный специалист сектора делопроизводства компании, председатель Военной коллегии Верховного Суда Российской Федерации, депутат Государственной Думы РФ и др.*
10) широкое использование аббревиатур	*РФ, МИД, МЧС, ФСБ, РЖД, Сбербанк, МОК, СМИ, РПЦ, УГГУ, ЕГЭ, ОСАГО, ТРЦ, ТК, УФМС, МОУ, ФГБОУ, ГТО, ГОСТ, ФГОС, КамАЗ, Роспечать и др.*
11) употребление цепочки имен существительных в родительном падеже	*Для применения (род. п.) мер (род. п.) общественного воздействия (род. п.); в целях широкой гласности (род. п.) работы (род. п.) Министерства (род. п.) высшего образования (род. п.); результаты деятельности (род. п.) органов (род. п.) налоговой полиции (род. п.)* и др.
Синтаксические	
1) употребление простых предложений с однородными членами, причем ряды этих однородных членов могут быть весьма распространенными (до 8–10)	*Объектами общей собственности крестьянского хозяйства является имущество: земельный участок, насаждения, хозяйственные или иные постройки, мелиоративные и другие сооружения, продуктивный и рабочий скот, птица, сельскохозяйственная и иная техника, оборудование, транспортные средства, инвентарь и другое имущество* и др.
2) наличие пассивных конструкций	*платежи вносятся в указанное время, сроки выплат установлены на год* и др.
3) преобладание сложных предложений, в особенности сложноподчиненных, с придаточными	*При наличии спора о размерах причитающихся уволенному работнику сумм администрация обязана уплатить указанное*

условия	*в настоящей статье возмещение в том случае, если спор решен в пользу работника*.

Документ – зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими её идентифицировать.

Форма документа (схема, отражающая семантико-информативную структуру текста) предоставляет в распоряжение его составителя определенный набор **реквизитов** (необходимые элементы оформления документа) и определенную их **композицию** (последовательность и порядок их размещения в тексте). Состав реквизитов, требования к реквизитам и бланкам документов устанавливаются ГОСТом. В настоящее время это ГОСТ Р 6.30-2003 «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов».

	Состав реквизитов документа
1.	Государственный герб Российской Федерации
2.	Герб субъекта Российской Федерации
3.	Эмблема организации или товарный знак
4.	Код организации
5.	Основной государственный регистрационный номер юридического лица (ОГРН)
6.	Идентификационный номер налогоплательщика / код причины постановки на учет (ИНН / КПП)
7.	Код формы документа
8.	Наименование организации
9.	Справочные данные об организации
10.	Наименование вида документа (жанр документа)
11.	Дата составления документа
12.	Регистрационный номер документа
13.	Ссылка на регистрационный номер или дату документа
14.	Место составления или издания документа
15.	Адресат
16.	Гриф утверждения документа
17.	Резолюция
18.	Заголовок к тексту
19.	Отметка о контроле
20.	Текст документа
21.	Отметка о наличии приложения
22.	Подпись
23.	Гриф согласования документа
24.	Визы согласования документа
25.	Оттиск печати
26.	Отметка о заверении копии
27.	Отметка об исполнителе
28.	Отметка об исполнении документа и направлении его в дело
29.	Отметка о поступлении документа в организацию

30.	Идентификатор электронной копии документа

Состав реквизитов конкретного документа определяется его видом и назначением. К наиболее частотным реквизитам можно отнести: **адресата**, **адресанта**, **название жанра документа**, **основной текст документа**, **список приложений**, **дату** и **подпись**. Логическому делению текста способствует его рубрикация, деление на части с помощью внутренних заголовков, подзаголовков, нумерация или графически единообразное выделение всех однотипных частей.

Способы классификации документов:

1. ***По месту составления***: *внутренние* и *внешние* документы. **Внутренний** документ создаётся в рамках одной организации, где работают и составитель, и адресат текста (*приказы администрации предприятия, служебные записки, должностные инструкции* и др). **Внешние** документы предназначаются адресатам, работающим на других предприятиях (*все виды деловых писем, приказы и распоряжения вышестоящих организаций* и др.).

2. ***По содержанию***: *простые* и *сложные*. **Простые** документы посвящены решению одного вопроса (*заявление*, *объяснительная записка* и другие виды личной документации), **сложные** – двух и более (*приказы*, *письма*, *инструкции*).

3. ***По форме***: *индивидуальные* и *типовые*. **Индивидуальные** документы предполагают некоторую самостоятельность текста и элементы творческого подхода, что не исключает их стандартизованности (*отдельные виды писем, служебных и докладных записок*). **Типовые** документы строятся на базе заранее заданного текста путём видоизменения его отдельных элементов; чаще всего эти документы одинаковы для групп однородных предприятий (*штатное расписание, положение о персонале* и др.). Если в типовом документе постоянные элементы отпечатаны типографским способом, а для переменных предусмотрены пробелы, которые заполняются при его составлении, то такой документ называют **трафаретным** (*анкеты, некоторые виды справок, трудовые договоры*).

4. ***По срокам исполнения***: *срочные* и *бессрочные*. В **срочных** документах содержится указание на выполнение некоторых действий в ограниченный временной период (*распоряжения, указания* и др.). Действие **бессрочных** документов не ограничено временными рамками (*указы, законы, некоторые виды инструкций*).

5. ***По происхождению***: *служебные* и *личные*. **Служебные** документы направлены на реализацию интересов организации (*приказы, деловые письма, контракты*). **Личные** документы, как правило, отражают взаимодействие отдельного физического лица с официальными органами или другими лицами (*заявление, доверенность, расписка, объяснительная записка* и др.).

6. ***По виду оформления***: *подлинник* (подписанный и надлежащим образом оформленный экземпляр документа, составленный в первый раз), *копия* (абсолютно точно воспроизводит подлинник, но имеет ограниченную юридическую силу, за исключением нотариально заверенных.), *дубликат* (копия, имеющая одинаковую силу с подлинником, выдающаяся в случае его утери) и *выписки* (воспроизведение только одной из частей подлинника).

7. ***По функции***: **организационные** документы, направленные на регламентацию деятельности организации или предприятия (*устав, положение, штатное расписание, положение о персонале, должностную инструкцию*), **распорядительные** документы,

содержащие конкретные распоряжения (*приказы, распоряжения, указания, решения*)., **информационно-справочные** документы, документы **по персоналу предприятия** (*трудовой договор, личные карточки, учётные карточки, анкеты*), **письма**, **договоры**.

Задание 1. *Проанализируйте текст официально-делового стиля:*

1. *Укажите характеристику данного текста с точки зрения классификации документов.*

2. *Обозначьте реквизиты и композиционные элементы государственного документа.*

3. *Опишите стилевые и языковые особенности текста*[10].

Федеральный закон от 1 июня 2005 г. N 53-ФЗ
«О государственном языке Российской Федерации»

С изменениями и дополнениями от: 2 июля 2013 г., 5 мая 2014 г.

Принят Государственной Думой 20 мая 2005 года

Одобрен Советом Федерации 25 мая 2005 года

Настоящий Федеральный закон направлен на обеспечение использования государственного языка Российской Федерации на всей территории Российской Федерации, обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации, защиту и развитие языковой культуры.

Статья 1. Русский язык как государственный язык Российской Федерации

1. В соответствии с Конституцией Российской Федерации государственным языком Российской Федерации на всей ее территории является русский язык.

2. Статус русского языка как государственного языка Российской Федерации предусматривает обязательность использования русского языка в сферах, определенных настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами, Законом Российской Федерации от 25 октября 1991 года N 1807-I «О языках народов Российской Федерации» и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, его защиту и поддержку, а также обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации.

3. Порядок утверждения норм современного русского литературного языка при его использовании в качестве государственного языка Российской Федерации, правил русской орфографии и пунктуации определяется Правительством Российской Федерации.

4. Государственный язык Российской Федерации является языком, способствующим взаимопониманию, укреплению межнациональных связей народов Российской Федерации в едином многонациональном государстве.

5. Защита и поддержка русского языка как государственного языка Российской Федерации способствуют приумножению и взаимообогащению духовной культуры народов Российской Федерации.

6. При использовании русского языка как государственного языка Российской Федерации не допускается использование слов и выражений, не соответствующих нормам современного русского литературного языка (в том числе нецензурной брани), за

[10] Возможна работа по вариантам: 1 вариант – анализ Статьи 1; 2 вариант – анализ Статьи 3; 3 вариант – анализ статьи 4.

исключением иностранных слов, не имеющих общеупотребительных аналогов в русском языке.

7. Обязательность использования государственного языка Российской Федерации не должна толковаться как отрицание или умаление права на пользование государственными языками республик, находящихся в составе Российской Федерации, и языками народов Российской Федерации.

<…>

Статья 3. Сферы использования государственного языка Российской Федерации

1. Государственный язык Российской Федерации подлежит обязательному использованию:

1) в деятельности федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности, в том числе в деятельности по ведению делопроизводства;

2) в наименованиях федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности;

3) при подготовке и проведении выборов и референдумов;

4) в конституционном, гражданском, уголовном, административном судопроизводстве, судопроизводстве в арбитражных судах, делопроизводстве в федеральных судах, судопроизводстве и делопроизводстве у мировых судей и в других судах субъектов Российской Федерации;

5) при официальном опубликовании международных договоров Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов;

6) во взаимоотношениях федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности и граждан Российской Федерации, иностранных граждан, лиц без гражданства, общественных объединений;

7) при написании наименований географических объектов, нанесении надписей на дорожные знаки;

8) при оформлении документов, удостоверяющих личность гражданина Российской Федерации, за исключением случаев, предусмотренных законодательством Российской Федерации, изготовлении бланков свидетельств о государственной регистрации актов гражданского состояния, оформлении документов об образовании и (или) о квалификации установленного в соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2012 года N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» образца, а также других документов, оформление которых в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляется на государственном языке Российской Федерации, при оформлении адресов отправителей и получателей телеграмм и почтовых отправлений, пересылаемых в пределах Российской Федерации, почтовых переводов денежных средств;

9) в продукции средств массовой информации;

9.1) при показах фильмов в кинозалах;

9.2) при публичных исполнениях произведений литературы, искусства, народного творчества посредством проведения театрально-зрелищных, культурно-просветительных, зрелищно-развлекательных мероприятий;

10) в рекламе;

11) в иных определенных федеральными законами сферах.

1.1. В сферах, указанных в пунктах 9, 9.1, 9.2 и 10 части 1 настоящей статьи, и в иных предусмотренных федеральными законами случаях наряду с государственным языком Российской Федерации могут использоваться государственные языки республик, находящихся в составе Российской Федерации, другие языки народов Российской Федерации, а в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации, также иностранные языки.

<…>

Статья 4. Защита и поддержка государственного языка Российской Федерации

В целях защиты и поддержки государственного языка Российской Федерации федеральные органы государственной власти в пределах своей компетенции:

1) обеспечивают функционирование государственного языка Российской Федерации на всей территории Российской Федерации;

2) разрабатывают и принимают федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, разрабатывают и реализуют направленные на защиту и поддержку государственного языка Российской Федерации соответствующие федеральные целевые программы;

3) принимают меры, направленные на обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации;

4) принимают меры по совершенствованию системы образования и системы подготовки специалистов в области русского языка и преподавателей русского языка как иностранного языка, а также осуществляют подготовку научно-педагогических кадров для образовательных организаций с обучением на русском языке за пределами Российской Федерации;

5) содействуют изучению русского языка за пределами Российской Федерации;

6) осуществляют государственную поддержку издания словарей и грамматик русского языка;

7) осуществляют контроль за соблюдением законодательства Российской Федерации о государственном языке Российской Федерации, в том числе за использованием слов и выражений, не соответствующих нормам современного русского литературного языка, путем организации проведения независимой экспертизы;

8) принимают иные меры по защите и поддержке государственного языка Российской Федерации.

<…>

Президент Российской Федерации В. Путин

Задание 2. *Проанализируйте следующий текст*[11]*:*

1. *Обозначьте реквизиты и структурно-содержательные элементы документа.*

2. *Опишите стилевые и языковые особенности.*

3. *Имеются ли в тексте документа средства, не соответствующие требованиям официально-делового стиля? Докажите свою точку зрения.*

[11] Текст Регламента приводится без изменений и исправлений.

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор УГГУ, профессор
_____ Н.П. Косарев

РЕГЛАМЕНТ
ношения форменной одежды преподавателями,
сотрудниками и студентами УГГУ

1. Общие положения

Форменная одежда УГГУ – важнейший наряду с флагом и гербом символ корпоративной чести и достоинства, принадлежности преподавателей, сотрудников и студентов к высшему учебному заведению – Уральскому государственному горному университету.

Ношение форменной одежды в установленных случаях является почетным правом и обязанностью (моральным долгом) всех преподавателей, сотрудников и студентов УГГУ, облегченных этим доверием. По решению ректора почетное право ношения форменной одежды предоставляется заслуженным выпускникам.

Отказ от форменной одежды рассматривается как пренебрежение горняцким единством и неуважение к корпоративной символике Уральского государственного горного университета.

2. Руководящий состав университета: члены Ученого совета, включая ректорат, деканов, заведующих кафедрами, представителей студенческого, ветеранского и профсоюзного актива, а также руководителя управления отделов и служб, не входящие в Ученый совет, обязаны носить форму в следующих случаях:

- на всех рабочих совещаниях, проводимых ректором, первым проректором и проректором по научной работе;
- на заседаниях Ученого совета и Президиума Ученого совета университета, ученых советах факультетов;
- на торжественных собраниях сотрудников и студентов, митингах, конференциях, проводимых по планам ректората и деканатов;
- при участии в совещаниях, конференциях, торжественных собраниях и других официальных мероприятиях, проводимых органами власти, а также политическими, общественными и научными организациями.

3. Преподаватели университета, имеющие форму, обязаны быть в форменной одежде в следующих случаях:

- во время лекционных занятий;
- при участии в собраниях студентов, преподавателей, конференциях и митингах;
- при посещениях ректората и деканатов.

4. Сотрудники из числа административно-управленческого персонала (помощники ректора, проректоров, референты, секретари) обязаны быть в форменной одежде в следующих случаях:

- при нахождении на рабочем месте в дни проведения крупных общеуниверситетских мероприятий, при приеме делегаций, гостей и в иных случаях по распоряжению ректора;
- при участии, в том числе при орг. техническом обеспечении заседании Ученого совета и ректорских совещаний;

– при сопровождении ректора, проректоров во время официальных мероприятий вне университета.

5. Студенты – представители студенческого актива, имеющие форму, обязаны быть в форменной одежде:

– при посещении ректората, деканатов;
– на всех официальных мероприятиях, проводимых в университете;
– при участии в официальных мероприятиях, проводимых вне стен университета органами власти, политическими, общественными, научными и образовательными учреждениями.

6. По собственной инициативе студенты, сотрудники и преподаватели университета могут находиться в форменной одежде во всех случаях, если это не наносит ущерба почетному статусу формы и ее функциональному назначению.



Ученый секретарь совета, профессор О. В. Ошкордин
28.09.2005 г.

Задание 3. *Проанализируйте текст[12] с точки зрения использованных языковых средств, характерных для официально-делового стиля. Опишите средства, с помощью которых в тексте реализуется такая стилевая черта, как волюнтативность.*

Есть ли в Правилах отступления от требований официально-делового стиля? Подтвердите свою точку зрения, опираясь на текст документа.



Правила внутреннего распорядка обучающихся
в ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»
Дата введения 01 сентября 2014 года

<…>

5. Основные права и обязанности обучающихся

5.1 Права обучающихся

Обучающиеся в университете имеют право:

– получать образование в соответствии с ГОС и ФГОС (в т. ч. актуализированными ФГОС) обучаться в пределах этих стандартов по индивидуальным учебным планам, ускоренным курсам обучения;

– бесплатно пользоваться библиотечно-информационными ресурсами, получать дополнительные (в том числе платные) образовательные услуги;

– участвовать в управлении университетом;

– свободно выражать собственные мнения и убеждения;

[12] Текст Правил внутреннего распорядка приводится без изменений и исправлений.

– выбирать факультативные (необязательные для данного направления подготовки (специальности) и элективные (избираемые в обязательном порядке) курсы, предлагаемые факультетом и кафедрой;

– участвовать в формировании содержания своего образования при условии соблюдения требований ГОС и ФГОС (в т. ч. актуализированными ФГОС) среднего профессионального и высшего образования; указанное право может быть ограничено условиями договора, заключенного между студентом и физическим или юридическим лицом, оказывающим ему содействие в получении образования и последующем трудоустройстве;

– осваивать помимо учебных дисциплин по избранным направлениям подготовки (специальностям) любые другие учебные дисциплины, преподаваемые в университете, в порядке, предусмотренном Уставом, а также преподаваемые в других высших учебных заведениях (по согласованию между их руководителями);

– определять по согласованию с деканатом и кафедрами набор дисциплин по специальности в пределах, установленных учебным планом, а также посещать дополнительно любые виды учебных занятий, проводимых в университете;

– ставить перед деканом и ректором, руководителем территориально обособленного учебного подразделения вопрос о замене преподавателей, не обеспечивающих должное качество учебного материала, нарушающих расписание занятий, иные правила организации учебно-воспитательного процесса;

– участвовать в обсуждении и решении важнейших вопросов деятельности университета и его обособленных структурных подразделений, в том числе через общественные организации и органы управления;

– бесплатно пользоваться услугами учебных, научных, лечебных и других подразделений университета в порядке, установленном Уставом;

– принимать участие во всех видах научно-исследовательских работ, конференциях, симпозиумах;

– совмещать учебу с профессиональной деятельностью и иной работой;

– представлять свои работы для публикации, в том числе в изданиях университета;

– обжаловать приказы и распоряжения администрации высшего учебного заведения в установленном законодательством РФ порядке;

– переходить с платного договорного обучения на бесплатное обучение в порядке, предусмотренном Уставом университета;

– получать от университета информацию о положении дел в сфере занятости населения и возможностях трудоустройства по специальности в соответствии с заключенными договорами и законодательством о занятости выпускников образовательных учреждений.

Обучающиеся в университете по заочной форме, выполняющие учебный план, имеют право на дополнительный оплачиваемый и не оплачиваемый отпуск по месту работы, на сокращенную рабочую неделю и на другие льготы, которые предоставляются в порядке, устанавливаемом законодательством РФ (ст. 173-176 ТК РФ).

Обучающиеся в университете имеют право на свободное посещение мероприятий, не предусмотренных учебным планом.

Обучающиеся в университете имеют право на перевод в другое образовательное учреждение, реализующее образовательную программу соответствующего уровня, при согласии этого образовательного учреждения и успешном прохождении ими аттестации.

Обучающиеся в университете по очной форме обучения имеют право на получение отсрочки от призыва на военную службу в соответствии с Федеральным законом «О воинской обязанности и военной службе».

5.2 Обязанности обучающихся

Обучающиеся в университете обязаны:

– добросовестно посещать учебные занятия, глубоко овладевать теоретическими знаниями, практическими навыками и современными методами для работы по избранной специальности;

– выполнять в установленные сроки все виды заданий, предусмотренных соответствующими учебными планами и программами обучения;

– постоянно повышать общую культуру, нравственность и физическое совершенство;

– нетерпимо относиться к недостаткам в учебно-воспитательном процессе и быту;

– бережно и аккуратно относиться к учебным и иным помещениям, оборудованию, учебным пособиям, литературе, приборам, другому имуществу университета; без соответствующего разрешения студентам запрещается выносить предметы и оборудование из лабораторий, кабинетов, аудиторий, учебных, бытовых корпусов и других помещений;

– нести материальную ответственность за ущерб, причиненный имуществу университета в соответствии с нормами действующего законодательства;

– незамедлительно сообщать в администрацию университета о возникновении ситуации, представляющей угрозу жизни и здоровью людей, сохранности имущества университета;

– соблюдать требования Устава университета, настоящие Правила и Правила проживания в общежитиях;

– поддерживать деловую репутацию, честь и престиж университета.

Обучающиеся в территориально обособленном учебном подразделении университета (филиале) помимо указанных выше правомочий пользуются правами и исполняют обязанности, предусмотренные Положением о соответствующем структурном подразделении или договорами о профессиональной подготовке, включая договоры на индивидуальную подготовку специалиста.

При неявке на занятия по уважительным причинам обучающийся ставит об этом в известность декана факультета, руководителя (уполномоченного работника) иного учебного структурного подразделения и в первый день явки на учебу представляет данные о причине неявки и документы установленного образца (справки, письма, телеграммы и т. п.), содержащие сведения оправдательного характера.

5.3 Требования к ношению формы

Обучающиеся в университете должны быть дисциплинированными и опрятными, вести себя достойно в университете, на улице, в общественном месте и в быту. В соответствии с решением Ученого совета университета от 25.06.2004 года, обучающиеся обязаны носить форменную одежду в ниже перечисленных случаях:

– на всех совещаниях, проводимых ректором, проректорами и деканами факультетов;

– на торжественных собраниях коллектива, митингах и конференциях;

– при участии в совещаниях, конференциях, торжественных собраниях и иных официальных мероприятиях, проводимых органами власти, а также общественными и

научными организациями, на которых обучающиеся университета являются его представителями;

– при участии, в т. ч. организационно-техническом обеспечении заседаний Ученого совета университета и ректорских совещаний; при сопровождении ректора, проректоров во время официальных мероприятий вне университета.

– в иных случаях по распоряжению ректора.

По собственной инициативе обучающиеся университета могут находиться в форменной одежде в иных случаях, если это не наносит ущерба почетному статусу формы и её функциональному назначению.

Запрещается ношение предметов формы одежды измененных или неустановленных образцов, а также знаков различия, не предусмотренных Положением о форменной одежде.

<…>

ТЕМА 12. ОФОРМЛЕНИЕ ДЕЛОВЫХ БУМАГ

Цель – научиться оформлять основные жанры деловых бумаг.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (требуется записать определение, основные реквизиты и образец):

Заявление – это документ, содержащий просьбу, предложение или жалобу какого-либо лица.

Заявление, как и большинство деловых бумаг, составляется в произвольной форме от руки или печатается на листе бумаги формата А4.

Основные реквизиты заявления:

1. Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

2. Сведения об адресате (должность, ФИО полностью, в некоторых случаях адрес или другая контактная информация).

3. Наименование жанра документа.

4. Основной текст заявления с точным изложением просьбы, предложения или жалобы.

5. Опись приложений к документу, если они имеются.

6. Дата.

7. Подпись.

Образец оформления заявления

Декану ФГиГ
проф. Талалаю А. Г.
от студента группы МПГ-16
Волкова Михаила Владимировича

Заявление

Прошу отпустить меня с занятий на 3 дня с 25 по 27 октября 2018 года в связи с участием в областных соревнованиях по футболу.

Копию справки-вызова прилагаю.

01.10.2018 г.



Доверенность – это документ, выдаваемый одним лицом (доверителем) другому лицу (доверенному) для представительства перед третьими лицами и дающий право доверенному лицу действовать от имени доверителя.

Доверенность предоставляет полномочия доверенному лицу предпринимать за доверителя какое-либо действие. В зависимости от вида полномочий различают три вида доверенности: 1) **разовая** (дает право на совершение одного конкретного действия), 2) **специальная** (дает право на совершение однородных действий), 3) **генеральная** (дает право на общее управление имуществом доверителя).

Основные реквизиты разовой доверенности:

1. Наименование жанра документа.

2. Наименование доверителя (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

3. Наименование доверенного лица (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

4. Формулировка доверяемой функции.

5. Дата.

6. Подпись.

Образец оформления разовой доверенности

Доверенность

Я, Зорянова Евгения Михайловна, студентка группы ВД-16 (паспорт: серия 3209 № 345177, выдан Отделом УФМС России по Свердловской области в Чкаловском районе гор. Екатеринбурга 09.06.2009 г., проживающая по адресу: г. Екатеринбург, ул. 8 марта, д. 104, кв. 190), доверяю Соловчуку Сергею Станиславовичу, студенту группы ГМО-17 (паспорт: серия 5404 № 654321, выдан Железнодорожным РУВД г. Ульяновска 13.09. 2008 г., проживающему по адресу: г. Екатеринбург, ул. Сулимова, д. 63, кв. 77), получить в кассе УГГУ мою стипендию за март 2017 года.

25.02.2017 г. 

Расписка – это документ, подтверждающий произведенное кем-либо определенное действие (получение ценных предметов).

Расписка всегда составляется от руки. Если она имеет особо важное значение, ее необходимо заверить.

Основные реквизиты расписки:

1. Наименование жанра документа.

2. Наименование лица, получившего ценности (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

3. Наименование лица, выдавшего ценности (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

4. Точное наименование полученных ценностей с указанием количества (цифрами и прописью).

5. Дата, до которой необходимо вернуть полученные ценности.

6. Дата.

7. Подпись.

Образец оформления расписки

Расписка

Я, Воробьева Наталия Александровна, студентка группы УП-17 (паспорт: серия 5009 № 2435672, выдан отделом УФМС Ленинского района г. Новосибирска 25.09.2005 г., проживающая по адресу: Свердловская область, г. Первоуральск, ул. Горького, д. 7, кв. 5), получила от Штиппеля Артемия Павловича, инженера кафедры ГД (паспорт: серия 6507 № 575849, выдан Отделом УФМС России по Свердловской области в Кировском районе г. Екатеринбурга 05.10.2004 г., проживающего по адресу: г. Екатеринбург, пер. Красный, д. 34, кв. 33), 10 000 (десять тысяч) рублей.

Обязуюсь вернуть указанную сумму до 31 декабря 2017 г.

07 ноября 2017 г. 

Докладная записка – это документ, информирующий адресата о сложившейся ситуации, а также содержащий выводы и предложения составителя.

Основной текст докладной записки делится на две части:

- в первой излагаются причины, послужившие поводом для ее написания;
- во второй анализируется сложившаяся ситуация, содержатся выводы и предложения о действиях, которые необходимо предпринять.

Основные реквизиты докладной записки:

1. Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

2. Наименование жанра документа.

3. Основной текст, состоящий из двух смысловых частей.

4. Опись приложений к документу, если они имеются.

5. Подпись автора документа, состоящая из трех частей (должность, собственно личная подпись и расшифровка подписи).

6. Дата.

Образец оформления докладной записки

Ректору УГТУ
проф. Душину А. В.

Докладная записка

24 декабря 2018 г. примерно в 12.30 я сдал свой пуховик в гардероб 4 учебного корпуса. Через два часа (после окончания праздничных мероприятий) я попытался получить пуховик по бирке, но его не оказалось на вешалке. Студенты, дежурившие в гардеробе в тот день, отказались объяснять, что произошло и куда пропала моя одежда.

Прошу разобраться в сложившейся ситуации и помочь с поисками пуховика.

Описание прилагается.

Студент группы ТБ-17  */Вутенко Б. Н./*

25 декабря 2018 г.

Объяснительная записка – это документ, объясняющий причины какого-либо события, факта, поступка (нарушения трудовой или учебной дисциплины, невыполнение задания, поручения и т. д.).

Основной текст объяснительной записки делится на две части:

- в первой излагаются, констатируются факты нарушения;
- во второй объясняются причины нарушения.

Основные реквизиты объяснительной записки:

1. Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

2. Наименование жанра документа.

3. Основной текст, состоящий из двух смысловых частей.

4. Опись приложений к документу, если они имеются.

5. Подпись автора документа, состоящая из трех частей (должность, собственно личная подпись и расшифровка подписи).

6. Дата.

Образец оформления объяснительной записки

Зав. кафедрой ИЯДК
доц. Юсуповой Л. Г.

Объяснительная записка

05.03.2018 г. я опоздала на практическое занятие по иностранному языку по причине транспортной аварии на перекрестке улиц Малышева и Гагарина.

Выданную транспортным предприятием справку прилагаю.

Студентка группы МЭ-15  */Вайслер Ю. М./*

07.03.2018 г.

Задание 1. *Напишите от своего имени следующие жанры деловых бумаг:*

а) заявление с просьбой продлить Вам сессию на неделю;

б) заявление с просьбой принять Вас на работу;

в) доверенность на получение Вашей стипендии в этом месяце;

г) расписку в получении Вами образцов минералов для выполнения лабораторной работы;

д) докладную записку о пропаже Ваших личных вещей из аудитории;

е) объяснительную записку о пропуске Вами занятий в течение недели;

ж) объяснительную записку о неявке на экзамен.

Задание 2. *Исправьте допущенные ошибки в оформлении и содержании следующих документов. Обратите внимание на нарушение разного типа языковых норм (орфографических, пунктуационных, лексических и грамматических). Запишите исправленный вариант.*

Текст 1

Декану УГТУ
От студента III курса очной формы
обучения факультета гражданской защиты
Волк Василия Васильевича

заявление

В связи с отъездом на лидерские сборы очень прошу разрешить не посещать мне занятия на следующей неделе.

09.09.18 г. 

Текст 2

Ректору УГТУ

Н. П. Косареву

доверенность.

Я, Задорин Виктор, студент УГТУ, даю право на получение получаемой мной стипендии студенту Гудину Александру Геннадьевичу (паспорт 6509 номер 124338, ул. Мира, 90-1).

1.5.18 г.  */Задорин В. З./*

Текст 3

Кафедре ИЯДК

расписка

Я – Пустник Валентин Тимурович, прошу выдать мне учебные пособия для практических занятий. Автор – Мясникова Юлия Марковна в размере одной штуки. Паспортные данные – серия 6102, номер 879521, УФМС России, дата рождения – 19.02.2000 года, проживаю в городе Лангепас на улице Парковая, 7.

Обязуюсь вернуть в срок.

25 сентября 

Текст 4

Декану ГМФ
Козину Владимиру
Зиновьевичу

Докладная

Уважаемый Владимир Зиновьевич!

Сегодня я, Курпатова Вера, студентка ГМФ, оставила без присмотра свои вещи в учебной аудитории 2240. При возвращении моих вещей в аудитории не было. Я очень расстроилась.

Пропали: куртка черная кожанная, красная сумка в цветочек, белый платок.



1 октября 2018 года

Текст 5

Зав. кафедры ТТФ Волкову М. Н.
От студента Хлебникова Семена.

Объяснительная о прогуле

Я, Семен Хлебников, отсутствовал на занятиях два месяца всвязи болезни. Справку из 6 городской больницы прилогаю.

01.11.18 *Хлебников С.*

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. *Голуб И. Б.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Б. Голуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2014. – 432 c. – 978-5-98704-534-3. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/39711.html
2. *Культура устной и письменной речи делового человека*: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания).
3. *Меленскова Е. С.* Культура речи и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 78 с.
4. *Федосюк М. Ю., Ладыженская Т. А., Михайлова О. А., Николина Н. А.* Русский язык для студентов-нефилологов: учебное пособие. М.: Флинта: Наука, 2014 (и другие стереотипные издания).

Дополнительная литература

1. *Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи: учебное пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 544 с. (и другие стереотипные издания)
2. *Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи для инженеров: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с.
3. *Веселкова Т. В.* Культура устной и письменной коммуникации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Веселкова, И. С. Выходцева, Н. В. Любезнова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 268 c. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54473.html
4. *Гавриленко Р. И., Меленскова Е. С., Шалина И. В.* Русский язык и культура речи: учебное пособие. 4-е изд., стереотип. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 84 с.
5. *Голуб И. Б.* Русский язык и культура речи: учебное пособие. М.: Логос, 2005. 432 с. (и другие стереотипные издания)
6. *Данцев А. А., Нефёдова Н. В.* Русский язык и культура речи для технических вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. 320 с. (и другие стереотипные издания)
7. Дускаева Л. Р., Протопопова. О. В. Стилистика официально-деловой речи: учебное пособие. М.: Академия, 2012. 272 с.
8. *Карякина М. В*. Русский язык и культура речи. Подготовка к контрольному тестированию. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 71 с.
9. *Кореньков Е. В., Пушкарева Н. В.* Русский язык и культура речи: учебник. М.: Проспект, 2013. 376 с.
10. *Котюрова М. П.* Стилистика научной речи: учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования. М.: Академия, 2012. 240 с.
11. *Лапынина Н. Н.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: курс лекций / Н. Н. Лапынина. — Электрон. текстовые данные. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 161 c. – 978-5-89040-431-2. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22667.html
12. *Лыткина О. И.* Теоретический курс культуры речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. И. Лыткина. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009. – 105 c. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/46332.html

13. *Меленскова Е. С.* Русский язык делового общения: учебное пособие для студентов всех специальностей и направлений подготовки. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.

14. *Меленскова Е. С.* Русский язык и культура речи: учебное пособие с упражнениями и контрольными работами для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 80 с.

15. *Меленскова Е. С.* Стилистика русского языка: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 86 с.

16. *Миняева В. И.* Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи: учебное пособие. 5-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с.

17. *Петрова Ю. А.* Культура и стиль делового общения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Петрова. – Электрон. текстовые данные. – М.: ГроссМедиа, 2007. – 190 с. – 5-476-003-476. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/1129.html

18. *Скворцов Л. И.* Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Скворцов Л. И. – Электрон. текстовые данные. – М.: Мир и Образование, Оникс, 2009. – 1104 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14555.html

19. *Словарь-справочник по культуре речи*: для школьников и студентов / Отв. ред. А. А. Евтюгина. - Екатеринбург: У-Фактория, 2004. 334 с.

20. *Усанова О. Г.* Культура профессионального речевого общения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О. Г. Усанова. – Электрон. текстовые данные. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2008. – 93 с. – 5-94839-062-4. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/56426.html

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. *ГОСТ 6.30-2003.* «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов» (электронная публикация http://docs.cntd.ru/document/1200031361).
2. *Грамота (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramota.ru.
3. *Колтунова М. В.* Язык и деловое общение. Нормы. Риторика. Этикет. М.: Экономика, 2000. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://bibliotekar.ru/delovoe-obschenie/index.htm
4. *Культура письменной речи (сайт)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramma.ru.
5. *Русский язык и культура речи/* под ред. Максимова В. И. М., 2001 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.bibliotekar.ru/russkiy-yazyk/
6. *Русский язык*: *энциклопедия русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://russkiyyazik.ru.
7. *Стилистический энциклопедический словарь русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stylistics.academic.ru.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С. А. Ушаров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.04. Горное дело

Специализация *№ 4*
Маркшейдерское дело

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков
и деловой коммуникации
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

к. п. н., доц. Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 6 от 17.04.2019 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)

Екатеринбург
2019

Самостоятельная работа обучающегося в образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

Основные виды аудиторных занятий по дисциплине «Русский язык и культура речи» – лекция и практическое занятие.

Формы контроля самостоятельной работы студентов – опрос, дискуссия, проверка на практическом занятии, контрольная работа, разноуровневые задания, зачет.

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся (СРО)

Суммарный объем часов на СРО очной формы обучения составляет 112 часов.

№ п/п	*Виды самостоятельной работы*	*Единица измерения*	*Норма времени, час*	*Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.*	*Принятая трудоемкость СРО, час.*
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					76
1	Повторение материала лекций (подготовка к опросу)	1 час	0,1-4,0	1,0 х 16	16
2	Самостоятельное изучение тем курса (подготовка к опросу по Разделу 3)	1 тема	1,0-8,0	5,0 х 3	15
3	Подготовка к практическим занятиям (к выполнению разноуровневых заданий в аудитории, к опросу)	1 занятие	0,3-2,0	2,0 х 8	16
4	Подготовка к дискуссии	1 занятие	1,0-4,0	4,0 х 1	4
5	Подготовка к контрольной работе и ее выполнение	1 работа	1,0-25,0	25,0 х 1	25
Другие виды самостоятельной работы					36
6	Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (разноуровневые задания)	1 задание	1,0-25,0	2,0 х 6	12
7	Подготовка к тесту (зачету)	1 тест	1,0-25,0	25 х 1	24
	Итого:				**112**

Суммарный объем часов на СРО *заочной формы* обучения составляет 128 часов и 4 часа на зачет. Итого – 132 часа.

№ п/п	*Виды самостоятельной работы*	*Единица измерения*	*Норма времени, час*	*Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.*	*Принятая трудоемкость СРО, час.*
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					114
1	Повторение материала лекций (подготовка к опросу)	1 час	0,1-4,0	1,0 х 8	8
2	Самостоятельное изучение тем курса (1 тема из Раздела 1; 3 темы из Раздела 2; 7 тем из Раздела 3)	1 тема	1,0-8,0	7,0 х 11	77

3	Подготовка к практическим занятиям (к выполнению разноуровневых заданий в аудитории)	1 занятие	0,3-2,0	2,0 х 2	4
4	Подготовка к контрольной работе и ее выполнение	1 работа	1,0-25,0	1,0 х 25	25
Другие виды самостоятельной работы					18
5	Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (разноуровневые задания)	1 задание	1,0-25,0	2,0 х 7	14
6	Подготовка к зачету	1 зачет	1,0-25,0	4,0 х 1	4
	Итого:				**132**

Подготовка к лекции и опросу

Необходимость самостоятельной работы по подготовке к лекции или опросу определяется тем, что изучение любой дисциплины строится по определенной логике освоения ее разделов, представленных в РУП данной дисциплины.

Перечень основных вопросов для самоконтроля.

Раздел 1. Культура речи и деловое общение

1. Каковы основные отличия общения в официальной и неофициальной обстановке?
2. Какие функции общения реализуются в ситуации занятия? Каких функций необходимо избегать?
3. Какие выделяются стили общения? Назовите плюсы и минусы каждого из них.
4. Какие основные требования предъявляются к деловому общению?
5. Какую роль играют невербальные средства в официальной ситуации общения?
6. По каким аспектам мы оцениваем культуру речи каждого человека?
7. Почему наши тексты должны соответствовать коммуникативным качествам речи?

Раздел 2. Современный русский язык. Типология языковых норм

1. Что такое естественные и искусственные языки? Каковы их отличительные особенности?
2. Как соотносятся понятия «язык» и «речь»?
3. Как можно охарактеризовать современный русский язык?
4. Какие разновидности выделяются в национальном русском языке?
5. Что такое литературный язык? Как это понятие соотносится с литературно-художественным стилем?
6. Перечислите основные особенности русского литературного языка.
7. Перечислите типы языковых норм. Что такое императивная и диспозитивная норма?

Раздел 3. Стилистика русского языка. Официально-деловой стиль

1. Что такое функциональный стиль?
2. По каким критериям происходит разделение функциональных стилей? Есть ли что-то объединяющее для всех стилей?
3. Перечислите функциональные стили, которые выделяются в современном русском языке. Почему не всеми учеными признается выделение литературно-художественного стиля?

4. По каким признакам можно классифицировать документы?
5. Каковы основные стилевые особенности официально-делового стиля?
6. Какие требования предъявляются к оформлению документов?
7. Какие нормы необходимо соблюдать в документах?

Часть тем дается на самостоятельное изучение с опорой на список предложенной литературы. Перечень и тем их количество определяется формой обучения.

Очная форма

1. Общая характеристика функциональных стилей
2. Научный стиль русского языка
3. Стилевая, языковая и жанровая специфика научного стиля

Заочная форма

1. Общая характеристика общения и делового общения
2. Язык как знаковая система
3. Разновидности национального русского языка и их характеристика
4. Литературный язык и его признаки
5. Система функциональных стилей русского языка
6. Общая характеристика функциональных стилей
7. Научный стиль русского языка
8. Стилевая, языковая и жанровая специфика научного стиля
9. Официально-деловой стиль русского языка
10. Стилевые и языковые особенности официально-делового стиля
11. Классификация документов и правила их оформления

Подготовка к практическому занятию

Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, с которым предстоит работа на занятии, или отработку навыков, проверка которых состоится непосредственно в аудитории (например, выполнение аналогичных, однотипных заданий). Здесь же можно отметить еще один вид СРО – это **выполнение самостоятельного письменного домашнего задания.**

К практическим занятиям студенты самостоятельно готовят задания, посвященные лексикографии:

Меленскова Е. С. Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 –«Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – С. 4-10.

Особое внимание при подготовке уделяется заданию 4, которое выполняется письменно.

К Разделу 3 по указанному пособию необходимо сделать следующую работу самостоятельно:

Стр. 35-37 – конспект

Зад. 45 стр. 38-40, зад. 47 стр. 41-47 (в качестве подготовки к тестированию)

Стр. 47-50 – конспект

Зад. 48 стр. 50-56 (по вариантам в сильных группах)

Стр. 77-82 – конспект

Зад. 53 стр. 82-83, зад. 54 стр. 83-84 (в качестве подготовки к разноуровневым заданиям)

Подготовка к дискуссии

Дискуссия – это целенаправленное обсуждение конкретного вопроса, сопровождающееся обменом мнениями, идеями между двумя и более лицами. Задача дискуссии – обнаружить различия в понимании вопроса и в споре попытаться установить истину. Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и другой, которая не имеет общепринятого, однозначного решения) происходит в аудитории коллективно. Дискуссия позволяет включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса в рамках актуальной проблематики, оценить их умение формулировать и аргументировать собственную точку зрения.

При подготовке к дискуссии необходимо выбрать актуальную тему, разбиться на три группы 1) те, кто будет отстаивать точку зрения «ЗА», 2) те, кто будет приводить контраргументы и отстаивать позицию «ПРОТИВ», и 3) сторонние наблюдатели, которые будут оценивать происходящее и объяснять, почему они склоняются в итоге к мнению первой или второй команды. Первые две группы готовят тексты своих выступлений заранее. Также заранее можно сформулировать вопросы, которые будут корректироваться по ходу дискуссии.

Подготовка к контрольной работе

Самостоятельная подготовка к контрольной работе включает в себя:

- изучение конспектов лекций, посвященных темам Раздела 2;
- повторение учебного материала, полученного при подготовке к практическим занятиям и во время их проведения;
- изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых умений и навыков;
- выполнение упражнений, по аналогии с которыми составлены задания в контрольной работе.

Перед контрольной работой по орфографии и пунктуации рекомендуется в качестве тренировки выполнить упражнения по пособию:

Меленскова Е. С. Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 –«Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 88 с.

Зад. 5-12 стр. 10-19

В случае возникновения трудностей при выполнении упражнений можно обратиться к следующим учебным пособиям:

Культура устной и письменной речи делового человека: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания). Раздел «Трудные случаи орфографии и пунктуации» стр. 135-148.

Миняева В. И. Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с. (и другие издания)

Перед контрольной работой на разные типы языковых норм рекомендуется в качестве тренировки выполнить упражнения, на основе которых данная работа составлена:

Меленскова Е. С. Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 –«Технология

геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 88 с.

Зад. 13-15 стр. 19-20 (акцентологические нормы)

Зад. 16-20 стр. 20-23 (орфоэпические нормы)

Зад. 21 стр. 23 (словообразовательные нормы)

Зад. 22-29 стр. 23-26 (лексические нормы)

Зад. 30-40 стр. 27-31 (морфологические нормы)

Зад. 41-44 стр. 31-34 (синтаксические нормы)

При выполнении заданий рекомендуется обращаться к словарям и справочникам. В указанном учебном пособии есть отсылки к необходимой литературе.

Часть этих упражнений преподаватель на свое усмотрение может предложить в качестве самостоятельного письменного домашнего задания.

Подготовка к зачету

Зачет является традиционной формой проверки знаний, умений и навыков, сформированных у студентов в процессе освоения всего содержания изучаемой дисциплины.

Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: прежде всего нужно перечитать все лекции, конспекты, а также просмотреть материалы, которые самостоятельно готовились к лекциям или практическим занятиям. Поскольку зачет проходит в форме теста, можно предварительно потренироваться выполнять тестовые задания по дисциплине «Русский язык и культура речи».

Для подготовки к тесту рекомендуется использовать учебное пособие:

Меленскова Е. С. Культура речи и деловое общение: Тестовые задания для студентов всех специальностей очной и заочной формы обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011.

Тестовые задания позволяют обобщить полученные теоретические знания (часть заданий нацелена на проверку знания теории курса) и практические навыки (часть тестовых заданий составлена с опорой на упражнения, которые студенты выполняют при подготовке к занятиям).

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основная литература

№ п/п	*Наименование*	*Кол-во экз.*
1	*Голуб И. Б.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Б. Голуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2014. – 432 c. – 978-5-98704-534-3. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/39711.html	Электронный ресурс
2	*Культура устной и письменной речи делового человека*: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания).	166
3	*Меленскова Е. С.* Культура речи и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 78 с.	98
4	*Меленскова Е. С.* Русский язык делового общения: учебное пособие для студентов всех специальностей и направлений подготовки. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.	101

2. Дополнительная литература

№ п/п	*Наименование*	*Кол-во экз.*
1.	*Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи: учебное пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 544 с. (и другие стереотипные издания)	216
2.	*Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи для инженеров: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с.	19
3.	*Веселкова Т. В.* Культура устной и письменной коммуникации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Веселкова, И. С. Выходцева, Н. В. Любезнова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 268 c. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54473.html	Электронный ресурс
4.	*Карякина М. В*. Русский язык и культура речи. Подготовка к контрольному тестированию. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 71 с.	40
5.	*Лапынина Н. Н.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: курс лекций / Н. Н. Лапынина. — Электрон. текстовые данные. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 161 c. – 978-5-89040-431-2. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22667.html	Электронный ресурс
6.	*Лыткина О. И.* Теоретический курс культуры речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. И. Лыткина. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009. – 105 c. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/46332.html	Электронный ресурс
7.	*Меленскова Е. С.* Русский язык и культура речи: учебное пособие с упражнениями и контрольными работами для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 80 с.	38
8.	*Меленскова Е. С.* Стилистика русского языка: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 86 с.	27
9.	*Миняева В. И.* Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи: учебное пособие. 5-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с.	20
10.	*Петрова Ю. А.* Культура и стиль делового общения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Петрова. – Электрон. текстовые данные. – М.: ГроссМедиа, 2007. – 190 c. – 5-476-003-476. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/1129.html	Электронный ресурс
11.	*Скворцов Л. И.* Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Скворцов Л. И. – Электрон. текстовые данные. – М.: Мир и Образование, Оникс, 2009. – 1104 c. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14555.html. – ЭБС «IPRbooks».	Электронный ресурс
12.	*Усанова О. Г.* Культура профессионального речевого общения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О. Г. Усанова. – Электрон. текстовые	Электронный ресурс

	данные. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2008. – 93 с. – 5-94839-062-4. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/56426.html	
13.	*Федосюк М. Ю., Ладыженская Т. А., Михайлова О. А., Николина Н. А.* Русский язык для студентов-нефилологов: учебное пособие. М.:Флинта: Наука, 2014 (и другие стереотипные издания)	169

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. *ГОСТ 6.30-2003.* «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов» (электронная публикация http://docs.cntd.ru/document/1200031361).
2. *Грамота (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramota.ru.
3. *Культура письменной речи (сайт)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramma.ru.
4. *Русский язык*: *энциклопедия русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://russkiyyazik.ru.
5. *Стилистический энциклопедический словарь русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stylistics.academic.ru.

Автор-составитель: Меленскова Е. С., кандидат филологических наук, доцент

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ПСИХОЛОГИЯ ДЕЛОВОГО ОБЩЕНИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

специализация

Маркшейдерское дело

Автор: Чащегорова Н.А., доцент, к.ф.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Управления персоналом	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Ветошкина Т.А	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол №7 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические рекомендации к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке деловых и ролевых игр	11
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	15
6	Заключение	18
	Список использованных источников	19

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения – система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений пользоваться нормативной, правовой, справочной документацией и специальной литературой;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях.

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, написание докладов, решение практико-ориентированных заданий*);
- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*выполнение текстов, описаний, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета / экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[1]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов, при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированным заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированными заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированными заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.

2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.

3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированному заданию и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.

4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.

5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированным заданием.

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения [Электронный ресурс] Режим доступа: http://evolkov.net/case-study.html

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливаются заранее и предлагаются студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс выпрашивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и раскованться.

Вторая фаза - это собственно атака, задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников. Это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «скемчужину в шелухе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода *case-study*. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные ранее, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированном задании;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированном задании, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

---

[2] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://pnab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

3.Методические рекомендации по подготовке деловых и ролевых игр

Основной целью проведения студенческих деловых игр во внеаудиторное время является привитие студентам навыков решения конкретных управленческих вопросов и накопление ими практического опыта в решении процедурных вопросов на основе создания конкретных деловых ситуаций, максимально приближенных к реальным жизненным условиям.

Деловая игра – это воспроизведение деятельности хозяйственных руководителей и кадров управления, игровое моделирование систем управления

Деловые игры в отличие от других методов обучения позволяют наиболее полно воспроизводить деятельность руководителей и специалистов, выявить проблемы и причины появления, разрабатывать и оценивать варианты решения проблем, принимать решение и определять механизм его реализации. Это дает возможность рассматривать проблему не вообще, а как конкретную, вытекающую из хозяйственной деятельности конкретного предприятия (организации).

Одним из видов деловой игры является ролевые игры

Ролевая игра – это метод, при котором участники игры с помощью проигрывания определенных ролей в свободной от риска ситуации обнаруживают свои значимые черты поведения в профессиональной ситуации, а также самостоятельно критически анализируют их, формируют и развивают. Роли, могут быть директор, руководитель проекта отдела, специалист и т.д.

Типичными техниками ролевых игр являются:

- самостоятельное (в пределах темы) конструирование ситуации;
- определение участниками общего количества ратей и их персональное распределение;
- обмен ролями в ходе игры;
- использование дублирования при отработке ролей,

Методические рекомендации

На первом этапе следует ознакомиться с целью игры и необходимой исходной информацией. Студенты самостоятельно выбирают определенную проблему или конкретную ситуацию и по желанию формируют команды таким образом, чтобы это была творческая группа

Второй этап – самостоятельная работа студентов в командах. Здесь активно используется практический опыт каждого участника, уточняются позиции и вырабатываются обобщающие выводы или решения. При коллективном обсуждении в командах необходимо, чтобы свою точку зрения имел возможность высказать каждый участник. Коллективное обсуждение проблемы позволяет выявить разные подходы к решению одной и той же проблемы или задачи. Очень важно использование принципа консенсуса, т.е. единогласное принятие общих решений, но не путем голосования, а на основе предварительного согласия. Однако это не означает, что кто-либо из участников и в этом случае не может выйти на коллективное обсуждение в общей группе со своей точкой зрения

Третий этап – дискуссия в группе. Каждая команда докладывает свой вариант разрешения рассматриваемой проблемы. Участники других команд выступают в качестве оппонентов, задают вопросы, выступают с критическими замечаниями или в поддержку предоставленного проекта.

Возможны случаи, когда участники не формируются в команды, а распределяются по определенным ролям. В этих играх для решения проблемы прежде всего определяется состав действующих лиц и устанавливаются их задачи. Дискуссия идет с учетом определенных ролей.

Для преодоления скованности участников, облегчения их вживания в роль и естественности их поведения желательна минимизация вмешательства руководителя в процессе игры. Функции руководителя сводятся главным образом к ознакомлению участников с условиями, целями и техниками игры, обеспечению ее нормального протекания, общему контролю за ее процессом и оказанию в случае необходимости методической помощи в достижении игровых целей, а также к общему подведению итогов, включающему, если это целесообразно, индивидуальные советы и рекомендации ее участникам.

Ходе проведения ролевых и деловых игр практически не отличается от рассмотренных ранее. Разница в том, что в первом случае выступают представитель команды, а во втором участник деловой игры действует в рамках ролевой должности.

На практических занятиях, проходящих в форме деловой игры, ее участники должны приобрести необходимые знания и практические навыки:

– по постановке стратегических и оперативных целей работы организации;

– выработке экономических решений и оценки влияния факторов внешней и внутренней среды на реализацию этих решений;

– освоению и отработки навыков коллективного генерирования идей, делового общения при выработке групповых решений,

выявление различных точек зрения на экономическую проблему.

На предприятиях ролевые игры наиболее часто используются для обучения руководителей правильному ведению собеседования, распределению заданий, обеспечению поддержки сотрудниками коллективного задания, руководству командой и т.д. С их помощью сотрудники повышают свои знания и умения в области принятия самостоятельных решений, своевременного просчитывания их последствий, развития делового общения и т.п. Ролевые игры особенно эффективны при карьерном обучении, когда сотрудник проигрывает комплекс функций, вытекающих из его будущих должностных обязанностей.

Базирование ролевых игр на повседневных, личностно значимых ситуациях обеспечивает высокую ангажированность, вовлеченность их участников. Это в свою очередь облегчает личностное принятие вырабатываемых образцов поведения, идентификацию решений и рекомендаций, перенос отработанных в игре образцов поведения в повседневные практические отношения.

4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе ее проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя, рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний,
- отработке методологии и методических приемов познания,
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности,
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы,
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Вырабатывать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминается порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее изученный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение, учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски мелом до самых современных технических средств), демонстрируя практический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что

необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным, выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы (проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на

то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном: если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам, если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала, кратко записав это на листе бумаги: создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на все интересующие его вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или в учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий,

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе,

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам, выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе,

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом,

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*,

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.

2 Долгорукова А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3 Методические рекомендации по написанию реферата [Электронный ресурс] Режим доступа. http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4 Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2008. - С.5.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

О. В. Садырева, И. Г. Коршунов

Ф И З И К А

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург

2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Учебно-методическим советом УГГУ

Председатель совета
_____Упоров С.А.

ФИЗИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург, 2019

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры физики 26 марта 2019 года (протокол № 19) и рекомендованы для издания в УГГУ

ФИЗИКА. Методические указания для самостоятельной работы студентов всех направлений подготовки/Садырева О.В., Коршунов И.Г.; Урал.гос. горный ун-т.– Екатеринбург, 2019.– 29 стр.

Методические указания составлены в соответствии с программами по курсу физики для студентов всех направлений подготовки в УГГУ. Они содержат условия задач для самостоятельной работы, при выполнении контрольных работ студентами по следующим темам курса физики: механика; молекулярная физика и термодинамика; электричество и магнетизм; механические и электромагнитные колебания и волны; волновая и квантовая оптика; квантовая физика и физика атома; элементы ядерной физики. Также в них содержатся методические указания к решению задач, их оформлению, список рекомендуемой литературы и справочные данные, необходимые для решения задач.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются преподавателем в начале соответствующего семестра.
2. Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради, на обложке указывается фамилия и инициалы студента, номер группы.
3. Условия задач в контрольной работе необходимо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради нужно оставлять поля.
4. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, при решении которых допущены ошибки.
5. При решении задач необходимо пользоваться следующей схемой:

- Внимательно прочитать условие задачи.
- Выписать столбиком все величины, входящие в условие, и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц СИ).
- Если это возможно, представить условие задачи в виде четкого рисунка. Правильно сделанный рисунок – это наполовину решенная задача.
- Уяснить физическую сущность задачи, установить основные законы и формулы, на которых базируется условие задачи.
- Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.
- Если равенства векторные, то их необходимо спроектировать но оси координат и записать в скалярной форме.
- Решить задачу сначала в общем виде, то есть, в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
- После получения расчетной формулы для проверки ее правильности следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин их размерности, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.
- Подставить в конечную формулу числовые значения, выраженные в единицах СИ. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.

- При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3{,}52 \cdot 10^3$, вместо 0,00129 записать $1{,}29 \cdot 10^{-3}$ и т. п.
- Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.
- Решение задачи должно сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями и комментариями.

1. МЕХАНИКА

1. Расстояние между двумя станциями метрополитена 1,5 км. Первую половину этого расстояния поезд проходит равноускоренно, вторую - равнозамедленно с тем же по модулю ускорением. Максимальная скорость поезда 50 км/ч. Найти ускорение и время движения поезда между станциями.

2. Шахтная клеть поднимается со скоростью 12 м/с. После выключения двигателя, двигаясь с отрицательным ускорением 1,2 м/с2 , останавливается у верхней приемной площадки. На каком расстоянии от нее находилась клеть в момент выключения двигателя и сколько времени двигалась до остановки?

3. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить уравнение траектории тела, скорость тела в момент падения.

4. Для добывания руды открытым способом произвели взрыв породы. Подъем кусков породы, выброшенных вертикально вверх, длился 5 с. Определить их начальную скорость и высоту подъема.

5. При взрыве серии скважин камень, находящийся на уступе высотой 45 м, получил скорость 100 м/с в горизонтальном направлении. Какова дальность полета камня, сколько времени он будет падать, с какой скоростью упадет на землю?

6. Рассчитать скорость движения и полное ускорение шахтного электровоза в момент времени 5 с, если он движется по криволинейному участку радиусом 15 м. Закон движения электровоза выражается формулой $S = 800 + 8t - 0{,}5\,t^2$, м.

7. Во сколько раз тангенциальное ускорение точки, лежащей на ободе вращающегося колеса, больше ее нормального ускорения для того момента времени, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол 30° с вектором ее линейной скорости?

8. Под действием постоянной силы 118 Н вагонетка приобрела скорость 2 м/с, пройдя путь 10 м. Определить силу трения и коэффициент трения, если масса вагонетки 400 кг.

9. В шахте опускается равноускоренно лифт массой 280 кг, в первые 10 с он проходит 35 м. Найти натяжение каната, на котором висит лифт.

10. На горизонтальной платформе шахтной клети находится груз 60 кг. Определить силу давления груза на платформу: при равномерном подъеме и спуске, при подъеме и спуске с ускорением 3 м/^{2} , при спуске с ускорением 9,8 м/с^2.

11. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 45° . Пройдя путь 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость.

12. Найти закон движения (зависимость пройденного расстояния от времени) куска антрацита при скольжении его с нулевой начальной скоростью по стальному желобу с углом наклона 30° . Коэффициент трения 0,3.

13. Рудничный поезд массой 450 т движется со скоростью 30 км/ч, развивая мощность 150 л. с. (1 л. с. =736 Вт). Определить коэффициент трения.

14. Определить силу тяги, которую развивает лебедка при подъеме вагонетки массой 2 т с ускорением 0,5 м/^{2}, если коэффициент трения 0,03, а угол наклона железнодорожного полотна 30°.

15. Вагонетка скатывается по наклонной горке длиной 5 м. Определить путь, проходимый вагонеткой по горизонтали до остановки, и наибольшую скорость движения, если коэффициент сопротивления 0,0095. Угол наклона 5°.

16. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$.Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.

17. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

18. Крутящий момент двигателя электрической лебедки 1,2 кН·м. Для остановки двигателя служат тормозные деревянные колодки, прижимающиеся с двух сторон к тормозному чугунному диску радиусом 0,6 м, жестко связанному с ротором двигателя. Найти силу давления, необходимую для остановки ротора, если коэффициент трения равен 0,5.

19. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с. Найти момент инерции маховика.

20. Была произведена работа в 1 кДж, чтобы из состояния покоя привести маховик во вращение с частотой $8с^{-1}$.Какой момент импульса (количества движения) приобрел маховик?

21. Шар и цилиндр имеют одинаковую массу 5кг и катятся со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию этих тел.

22. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180об/мин? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1м.
23. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

24. Шар и сплошной цилиндр катятся по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

25. Маховик, выполненный в виде диска радиусом 0,4м и имеющий массу 100 кг, был раскручен до 480 оборотов в минуту и предоставлен самому себе. Под действием трения вала о подшипники маховик остановился через 80 с. Определить момент сил трения.

2.МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

26. Какой объем занимает 1 кг водорода при давлении 106 Па и температуре 20°С? Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

27. Для автогенной сварки привезли баллон кислорода вместимостью 100 л. Найти массу кислорода, если его давление 12 МПа и темпера-тура 16°С. Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28. Определить среднюю плотность сжатого воздуха в рудничной воздухопроводной сети, если давление воздуха в компрессоре составляет $7 \cdot 10^5$ Па, а давление у воздухоприемников $6 \cdot 10^5$ Па. Температура воздуха в начале и конце сети равна 27°С и 7°С. Молярная масса воздуха равна 0,029 кг/моль.

29. Стальной баллон емкостью 25 л наполнен ацетиленом $C_2 H_2$ при температуре 27° С до давления 20 МПа. Часть ацетилена использовали для автогенной сварки подкрановых путей в шахте. Какая масса ацетилена из-расходована, если давление в баллоне при температуре 23°С стало равным 14 МПа ? Молярная масса ацетилена 0,026 кг/моль.

30. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15°С. Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до 450° С. Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление в баллоне 4,8 МПа.

31. Температура взрыва гремучей смеси, то есть температура, до которой нагреты в первый момент газообразные продукты взрыва, достигает в среднем 2600° С, если взрыв происходит внутри замкнутого пространства. Во сколько раз давление при взрыве гремучего газа превосходит давление смеси до взрыва, если последнее равно 10^5 Па, а начальная температура 17° С?

32. Компрессор, обеспечивающий работу отбойных молотков в забое, засасывает из атмосферы 100 л воздуха в секунду при давлении 1 атм. Сколько отбойных молотков может работать от этого компрессора, если для каждого молотка необходимо 100 $см^3$ воздуха в секунду при давлении 50 атм ?

33. В двигателе Дизеля сжимается адиабатически воздух, в результате чего его температура поднимается, достигая температуры воспламенения нефти 800° С. До какого давления сжимается при этом воздух и во сколько раз уменьшается его объем, если начальное давление 1 атм, начальная температура 80°С, γ=1,4?

34. Современные вакуумные насосы позволяют понижать давление до 10^{-15} мм рт. ст. Сколько молекул газа содержится в объеме 1 $см^3$ при указанном давлении и температуре 27° С ?

35. Определить средние квадратичные скорости молекул метана CH_4 до взрыва и после него, если температура до взрыва равна 20° С, а после него 2600° С. Молярная масса 0,016 кг/моль.

36. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре 350 К, а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в 4 г кислорода.

37. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении окиси углерода CO, принимая этот газ за идеальный.

38. На сжатие азота при постоянном давлении была затрачена работа 12 кДж. Найти изменение внутренней энергии и затраченное количество теплоты.

39. Какое количество теплоты для нагревания от 50°C до 100° C надо сообщить азоту массой 28 г, который находится в цилиндре с подвижным поршнем? Чему равна при этом процессе работа расширения?

40. При адиабатическом процессе расширения внутренняя энергия кислорода уменьшилась на 8,38 кДж. Вычислить массу кислорода, если начальная температура его 47° C, а объем увеличился в 10 раз.

41. В двигателе внутреннего сгорания температура газообразных продуктов сгорания поднимается от 600° C до 2000° C. Найти количество теплоты, подведенное к 1 кг газа при постоянном давлении, изменение его внутренней энергии и совершенную работу, если удельные теплоемкости при постоянных давлении и объеме соответственно равны 1,25 кДж/(кг·К) и 0,96 кДж/(кг·К).

42. Определить мощность на валу компрессора производительностью 25 $м^3$ в минуту, работающего на подземную воздушную сеть, если первоначальное давление 1 атм, а давление, развиваемое компрессором в конце изотермического сжатия, составляет 7 атм.

43. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Температура нагревателя 227° C. Определить термический коэффициент полезного действия цикла и температуру охладителя, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу 350 Дж.

44. От идеальной теплосиловой установки, работающей по циклу Карно, отводится ежечасно 270 МДж теплоты с помощью холодильника при 9° C. Определить полезную мощность установки, если количество подводимой в час теплоты равно 900 МДж. При какой температуре подводится теплота?

45. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в три раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 42 кДж теплоты. Какую работу совершил газ?

46. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу, равную 200 Дж. Температура нагревателя 375 К, холодильника 300 К. Найти количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

47. Вследствие трения о шкив ремень заряжается, причем каждый квадратный метр ремня содержит 0,02Кл заряда. Ширина ремня 0,3м, скорость его движения 20 м/с. Какой заряд проходит ежесекундно через любую неподвижную плоскость, перпендикулярную ремню?

48. Определить заряд, емкость и потенциал Земли, считая ее шаром радиусом $6 \cdot 10^3$ км и зная, что напряженность поля около поверхности равна 100 В/м.

49. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 6 кВ, заряд каждой пластины 10 нКл. Найти энергию конденсатора и силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними 2 см.

50. Какое количество теплоты выделится при разрядке плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами 15 кВ, расстояние 1 мм, диэлектрик слюда ($\varepsilon = 6$), площадь каждой пластины 300 $см^2$?

51. Какую работу надо совершить , чтобы увеличить расстояние между пластинами воздушного конденсатора от 0,03 м до 0,1 м? Площадь пластин 100 $см^2$. Конденсатор подключен к источнику напряжения 220 В.

52. Камнедробилка должна работать под напряжением 100 В, потребляя ток в 40 А. Напряжение на электростанции 120 В, а расстояние до нее 1 км. Определить сечение медных соединительных проводов ($\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ом м).

53. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром 1,5 мм для изготовления спирали вулканизатора , применяемого при сращивании кабелей, если сопротивление спирали 5,5 Ом, а удельное сопротивление нихрома $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ Ом м?

54. Цена деления прибора $1,5 \cdot 10^{-5}$ А /дел. Шкала прибора имеет 200 делений, его внутреннее сопротивление 100 Ом. Какие сопротивления нужно подключить к этому прибору и каким образом, чтобы можно было измерять напряжение до 200 В или ток до 4 А?

55. Определить сопротивление медных магистральных проводов при температуре 30^0 С. Расстояние от места расположения проводов до взрывной станции 400 м. Площадь сечения проводов 0,8 $мм^2$, $\rho = 0{,}017$(Ом· $мм^2$ /м), $\alpha = 0{,}0044$ град-1.

56. ЭДС батареи 12 В, ток короткого замыкания 5 А. Какую наибольшую мощность может дать батарея во внешней цепи?

57. Найти ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе 5 А она дает во внешнюю цепь мощность 9,5 Вт, а при токе 8 А мощность 14,4 Вт.

58. Ток в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно нарастает от 0 до 10 А в течение 30 с. Чему равно количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике?

59. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток 50 А. Найти магнитную индукцию в точке, удаленной на расстояние 5 см от проводника.

60. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на 25 см от первого и на 40 см от второго провода.

61. Найти число витков в катушке диаметром 10 см, если магнитная стрелка, помещенная в ее центре, отклонилась от плоскости магнитного меридиана на 38° при токе 0,2 А. Горизонтальная составляющая земного магнитного поля 12,8 А /м . Плоскость катушки совпадает с плоскостью магнитного меридиана.

62. Определить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли,
если обмотка тангенс–буссоли имеет 10 витков радиусом 25 см. При токе 0,64 А стрелка отклоняется на угол 45°.

63. Плоский контур площадью 20 см ² находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,03 Тл. Найти магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет угол 60° с линиями индукции.

64. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средним диаметром 51 см и вакуумным зазором 2 мм. Обмотка тороида равномерно распределена по всей его длине. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в зазоре, если при неизменном токе в обмотке зазор увеличить в три раза? Магнитная проницаемость сердечника тороида 800.

65. Найти напряженность магнитного поля между полюсами электромагнита , если проводник массой 10 г и длиной 1м при токе в нем 19,6 А висит в поле , не падая.

66. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл движется проводник длиной 10 см со скоростью 15 м /с, направленной перпендикулярно к магнитному полю. Найти ЭДС, индуцированную в проводнике.

67. Обмотка электромагнита содержит 800 витков. Площадь сечения сердечника 15 $см^2$, Индукция магнитного поля в сердечнике 1,4 Тл. Вычислить величину средней ЭДС , возникающей в обмотке при размыкании тока, если ток уменьшается до нуля в течение 0,001с.

68. На железное кольцо намотано в один слой 200 витков провода. Чему равна энергия Магнитного поля, если при токе 2,5 А магнитный поток в железе 0,5 мВб?

69. Замкнутый соленоид намотан на немагнитный каркас и содержит 20 витков на каждый сантиметр длины. Найти объемную плотность энергии поля при токе 1 А.

70. С какой скоростью должен нарастать ток в катушке с числом витков 800, площадью поперечного сечения 10 $см^2$, длиной 30 см, чтобы величина ЭДС самоиндукции, возникшей в ней, была равна 25 мВ?

4. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

71. Маятник для гравиметрической съемки за сутки совершил 57600 колебаний. Найти ускорение свободного падения, если длина маятника
0,56м.

72. Днище вибролюка, применяемого для погрузки руды в бункер поезда из очистной камеры, совершает гармоническое колебательное движение с амплитудой 5 мм и частотой 1500 $мин^{-1}$. Написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

73. Стол питателя, предназначенного для погрузки руды в вагонетки, колеблется с частотой 45 $мин^{-1}$. Определить максимальные скорость и ускорение стола, полную энергию колебаний, если масса питателя 1000 кг, амплитуда колебаний 72 мм.

74. Решето рудообогатительного грохота совершает вертикальное колебательное движение с амплитудой 5 см. Найти наименьшую частоту колебаний, при которой куски руды, лежащие на решете, будут отделяться от него и подбрасываться вверх.

75. Для погружения обсадных труб в глинистые отложения применяется вибровозбудитель ВО-10, амплитуда колебаний которого 0,13 см, частота вращения дебалансов 1200 $мин^{-1.}$ Определить максимальные скорость и ускорение, написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

76. Определить полную энергию колебаний и максимальную силу взаимодействия между подъемным сосудом массой 90 тонн и армировкой ствола шахты, если амплитуда горизонтальных колебаний сосуда 3 см, а циклическая частота 7 $с^{-1}$.

77. Точка одновременно совершает два гармонических колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями: $x = 0{,}5\sin t$, $y = 2\cos t$. Найти уравнение траектории точки, построить график ее движения.

78. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами 10 см и 6 см складываются в одно колебание с амплитудой 14 см. Определить разность фаз складываемых колебаний.

79. Груз, подвешенный к пружине, гармонически колеблется по вертикали с периодом 0,5 с. Коэффициент упругости пружины 4 Н/м. Определить массу груза.

80. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?

81. Источник незатухающих гармонических колебаний подчиняется закону $x = 5\sin 3140t$ (м). Определить смещение, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии 340м от источника, через 1 с от начала колебаний, если скорость волны 340 м/с.

82. Уравнение незатухающих колебаний $y = 0{,}1\sin 0{,}5\pi t$ (м). Скорость волны 300 м/с. Написать уравнение колебаний для точек волны в момент времени 4 с после начала колебаний. Найти разность фаз для источника и точки на расстоянии 200 м от него.

83. Звуковые колебания с частотой 500 Гц и амплитудой 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Определить скорость распространения волны и наибольшую скорость колебаний частиц воздуха.

84. Определить коэффициент сжатия горной породы - величину, обратную модулю Юнга, если скорость распространения звуковых волн в горной породе равна 4500 м/с, а плотность породы составляет $2{,}3\cdot 10^3$ кг/м^3.

85. К одному из концов длинного стержня прикреплен вибратор, колеблющийся по закону $y = 10^{-6}\sin 10^4\pi t$ (м). Найти скорость точек в сечении стержня, отстоящем от вибратора на расстоянии 25см, в момент времени 10^{-4} с. Скорость волны $5\cdot 10^3$ м/с.

86. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 2 мГн и конденсатора емкостью 888 пФ. На какую длину волны настроен контур?

87. Найти частоту собственных колебаний в контуре, состоящем из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Площадь каждой пластины конденсатора 30 см^2 и расстояние между ними 0,1 см. Число витков катушки 1000, длина ее 30 см, сечение 1 см^2.

88. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 0,025 мкФ. Заряд на конденсаторе равен $2{,}5\cdot^{10\text{-}6}$ Кл. Какова зависимость разности потенциалов на конденсаторе от времени?

89. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух

пластин площадью 75 см^2 каждая, рас-стояние между пластинами 5 мм, диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

90. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 25 нФ. На обкладках конденсатора сосредоточен заряд 2,5 мкКл. Написать уравнение изменения тока в цепи в зависимости от времени.

91. Разность потенциалов на конденсаторе в контуре за 1 мс уменьшается в три раза. Найти коэффициент затухания.

92. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2{,}5\cdot10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в данной среде, если частота колебаний 1 МГц?

93. Катушка с индуктивностью 30 мкГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин 0,01 м^2 и расстоянием между ними 0,1 мм. Найти диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны 750 м.

94. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 80 пФ и катушки индуктивностью 0,5 мГн. Найти максимальный ток в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 300 В. На какую длину волны резонирует данный контур?

95. Закон изменения разности потенциалов на обкладках конденсатора в контуре задан уравнением $U = 50\cos10^4\pi t$(В). Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность, длину волны. Написать закон изменения тока в контуре.

96. Колебательный контур состоит из конденсатора переменной емкости от 12 пФ до 80пФ и катушки с индуктивностью 1,2 мГн. Найти диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызывать резонанс в этом контуре.

97. Индуктивность колебательного контура 0,5 мГн. Какова должна быть электроемкость контура, чтобы он резонировал на длину волны 300 м?

98. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью 75 см^2 каждая, расстояние между пластинами 5 мм, диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

99. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить частоту 1000 Гц?

100. Индуктивность катушки в колебательном контуре 20 мкГн. Требуется настроить этот контур на частоту 5 МГц. Какую емкость следует выбрать?

101. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами по 100 $см^2$ каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн резонирует на волну длиной 10м. Найти расстояние между пластинами конденсатора.

5. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

102. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга I мм, расстояние от щелей до экрана 3м, расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране 1,5 мм. Найти длину волны источника монохроматического света.

103. Оранжевые лучи с длиной волны 650 нм от двух когерентных источников, расстояние между которыми 120 мкм, падают на экран. Расстояние от источников до экрана 3,6 м. Найти расстояние между центрами соседних темных полос на экране.

104. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм, перпендикулярными к пластинке, она в отраженном свете казалась красной?

105. Между двумя плоскопараллельными пластинками лежит проволочка, отчего образовался воздушный клин. Пластинки освещаются светом с длиной волны 500 нм. Угол падения лучей 0°, длина пластинки 10 см. Расстояние между интерференционными полосами в отраженном свете 1,8 мм. Найти толщину проволочки.

106. Плосковыпуклая линза (n=1,5) с оптической силой 0,5 диоптрий выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Найти радиус пятого темного кольца Ньютона в проходящем свете (λ =600 нм).

107. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы 4 м. Чему равна длина волны падающего света, если радиус 5-го светлого кольца Нью-она в отраженном свете равен 3,6 мм?

108. На щель шириной 0,2 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 640 нм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первой светлой дифракционной полосе.

109. На пластинку со щелью падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному минимуму, равен 1°. Сколько длин волн падающего света составляет ширина щели?

110. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет (λ=0,6 мкм). Найти угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

111. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия с длиной волны 670 нм спектра второго порядка?

112. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядка накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница (400 нм) спектра третьего порядка?

113. На дифракционную решетку, имеющую 800 штрихов на I мм, падает параллельный пучок белого света. Какова разность углов отклонения конца первого и начала второго спектров? Принять длину волны красного света 760 нм, фиолетового 400 нм.

114. На дифракционную решетку, содержащую 50 штрихов на миллиметр, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проектируется на экран с помощью линзы, помещенной вблизи решетки. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 3 м. Границы видимого спектра 400 нм и 760 нм.

115. Угол преломления луча света в жидкости равен 35°. Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный луч максимально поляризован.
116. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы.

117. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен 43°. Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован?

118. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен 57°. Определить скорость распространения света в этом кристалле.

119. Угол между плоскостями поляризации двух призм Николя равен 45°. Во сколько раз
уменьшится интенсивность света, прошедшего через николи, если этот угол увеличить до 60°?

120. Температура «голубой» звезды $3 \cdot 10^4$К. Определить интегральную интенсивность излучения и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

121. Приняв температуру поверхности Солнца равной 6000 К, определить энергию, излучаемую с одного квадратного метра за секунду и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

122. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка печи за секунду, равен 34 Вт. Найти температуру печи, если площадь отверстия 6 $см^2$.

123. Средняя величина энергии, теряемой вследствие излучения с одного квадратного сантиметра поверхности Земли за минуту, равна 0,55 Дж. Какую температуру должно иметь абсолютно черное тело, излучающее такое же количество энергии?

124. Печь при температуре 1100 К посылает на измерительный прибор некоторое тепловое излучение. Какова должна быть температура печи, чтобы получаемое прибором излучение увеличилось в два, четыре и шестнадцать раз?

125. Максимальная лучеиспускательная способность абсолютность черного тела приходится на длину волны 800 нм. Какая мощность должна быть подведена к этому телу, поверхность которого 100 $см^2$, чтобы поддерживать его при постоянной температуре.

126. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела, максимум испускательной способности сместился с 500 нм на 750 нм. Во сколько раз уменьшилась суммарная мощность излучения?

127. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта равна 307 нм и кинетическая энергия фотоэлектрона I эВ?

128. Калий (работа выхода 2 эВ) освещается монохроматическим светом с длиной волны 509 нм. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов.

129. Определить работу выхода электрона из цезия и серебра, если красная граница фотоэффекта у этих металлов составляет соответственно 660 нм и 260 нм.

130. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина волны которого соответствует видимой части спектра с длиной волны 500 нм.

131. Определить давление света на стенки электрической стоваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом 5 см. Стенки лампы

отражают 10 % падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

132. На поверхность площадью 100 $см^2$ ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найти величину светового давления, если поверхность полностью отражает все лучи и если полностью поглощает все лучи.

133. Давление света с длиной волны 600 нм на черную поверхность равно 2,2·10-7Н/$м^2$. Сколько фотонов падает на I $см^2$за одну секунду?

6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА АТОМА

134. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Выделить эту спектральную линию на схеме энергетических уровней атома водорода. Постоянная Ридберга равна 1,097·107$м^{-1}$.

135. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена). Начертить схему энергетических уровней атома водорода.

136. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.

137. Вычислить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

138. Определить длины волн де Бройля для электрона и протона, движущихся со скоростью 1000 км/с. Масса электрона 9,1·10^{-31}кг, масса протона 1,67·$10^{-27кг}$.

139. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,10 нм ?

140. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

141. Электрон, движущийся со скоростью 6·10^6м/с, попадает в продольное ускоряющее однородное электрическое поле напряженностью 5 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в таком поле, чтобы его длина волны стала равной 0,10 нм?

142. Рассчитать дебройлевскую длину волны для протона с кинетической энергией, равной энергии покоя электрона 0,51МэВ.

143. Найти коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в два раза.

144. Найти длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоду трубки, составляет 0,85 скорости света.

145. Для определения постоянной Планка к рентгеновской трубке приложили напряжение 16 кВ и определили минимальную длину волны сплошного рентгеновского излучения (λмин =77,6 пм). Вычислить по этим данным постоянную Планка.

146. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в возбужденном состоянии (n=2).
Вычислить вероятность нахождения частицы в крайней четверти ямы.
46. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?
147. В одномерной потенциальной яме шириной *l* находится электрон. Найти вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

148. Вычислить величину момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии и в p-состоянии.

149. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

150. Определить возможные значения проекции момента импульса L_Z орбитального движения электрона в атоме водорода на направление внешнего магнитного поля. Электрон находится в d-состоянии.

151. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной *l*
с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения электрона в средней трети ямы, если электрон находится в возбужденном состоянии (n=3).

7. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

152. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за секунду. Во сколько раз уменьшится активность препарата стронция $_{38}Sr^{90}$ через 100 лет? Период полураспада равен 28 лет.

153. Сколько β-частиц испускает в течение одного часа 1 мкг изотопа $_{11}Na^{24}$, период полураспада которого составляет 15 часов?

154. Препарат $_{92}U^{238}$ массой 1 г излучает $1{,}24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа урана и активность препарата.

155. Найти число распадов за одну секунду в 1 г радия, период полураспада которого 1590 лет. Молярная масса радия 0,226 кг/моль.

156. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за одну секунду. Во сколько раз уменьшится активность иода $_{53}J^{124}$ спустя 12 суток? Период полураспада равен четырем суткам.

157. Сколько β-частиц испускается в течение суток при распаде изотопа фосфора $_{15}P^{32}$ массой 1 мкг? Период полураспада 14,3 суток.
158. Активность препарата уменьшилась в 256 раз. Сколько периодов полураспада составляет промежуток времени, за который произошло такое уменьшение активности?

159. За один год начальное количество радиоактивного вещества уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?
60. Какая доля начального количества радиоактивного вещества останется нераспавшейся через промежуток времени, равный двум периодам полураспада?

160. Дефект массы ядра $_7N^{15}$ равен 0,12396 а.е.м. Определить массу атома. (m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.).

161. Найти удельную энергию связи ядра $_6C^{12}$, если известно, что m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0$n1 = 1,00867 а.е.м.; m $_{12}C^6$ = 12,00000 а.е.м.

162. Рассчитать массу нейтрального атома, если ядро его состоит из трех протонов и двух нейтронов, а энергия связи ядра равна 26,3 Мэв. (m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.).

163. Определить энергию связи ядра изотопа кислорода $_8O^{16}$, если m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.;
m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_8O^{16}$ = 1 5,99491 а.е.м.

164. Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон ядра атома $_{11}Na^{23}$, если m $_{11}Na^{23}$ = 22,98977а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

165. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра $_3Li^7$, если известно, что m $_3Li^7$ =7,01601 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

166. Энергия связи электрона с ядром невозбужденного атома водорода $_1H^1$ равна 13,6 эВ. Определить, насколько масса атома водорода меньше суммы масс свободных протона и электрона.

167. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра $_5B^{11}$,если известны следующие массы: m $_5B^{11}$ = 11,00931 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

168. Найти энергию, которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра $_{11}Na^{23}$, если известны следующие массы: m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_{11}Na^{23}$ = 22,98977 а.е.м.; m $_{11}Na^{22}$ = 21,99444 а.е.м.

169. Найти энергию отрыва нейтрона от ядра $_2He^4$,если известны массы: m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_2He^3$ = 3,01603 а.е.м.

170. Найти энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра $_8O^{16}$ ($_8O^{16} \rightarrow {}_7N^{15} + {}_1H^1$). m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_8O^{16}$ = 15,99491 а.е.м.; m $_7N^{15}$ = 15,00011 а.е.м.

171. Найти изменение массы при следующей ядерной реакции:
$_{13}Al^{27} + {}_2He^4 \rightarrow {}_{15}P^{30} + {}_0n^1$, если m $_{13}Al^{27}$ =2 6,98154 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_{15}P^{30}$= 29,97263 а.е.м.; m $_0n^1$= 1,00867 а.е.м.

172.Вычислить энергетический эффект ядерной реакции: $1H^2 + {}_1H3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$, если m $_1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; m $_1H^3$ =3,01605 а.е.м.; m $_0n^1$ =1,00867 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.

173. В термоядерном реакторе с дейтериевым горючим может происходить вторичная термоядерная реакция $_2He^3 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_1H^1$. Вычислить энергию этой реакции. (m $_2He^3$ = 3,01603 а.е.м.; m $_1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.).

174. Вычислить энергию ядерной реакции $_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_6C^{14} + {}_1H^1$. (m $_7N^1$ ^{4}= 14,00307а.е.м.; m $_0n^1$ =1,00867 а.е.м ; m $_6C^{14}$= 14,00324 а.е.м.; m $_1H^1$= 1,00783 а.е.м.).

175. Определить энергию ядерной реакции $_3Li6 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4$. (m $_3Li^6$ = 6,01513 а.е.м.; m $_1H^2$= 2,01410 а.е.м.; m $_2He^4$ =4 ,00260 а.е.м.).

176. Какую минимальную энергию должен иметь квант для вырывания нейтрона из ядра $_6C^{14}$? Известны массы: m $_6C^{14}$ = 14,00324 а.е.м.; m $_0n^1$= 1,00867 а.е.м.; m $_6C^{13}6$ = 13,00335а.е.м.

177. Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы разделить $_6C^{12}$ на три равные части.(m $_6C^{12}$= 12,00000 а.е.м.; m $_2He^4$= 4,00260 а.е.м.).

178. Определить энергию ядерной реакции $_{20}Ca^{14} + {}_1H^1 \rightarrow {}_{19}K^{41} + 2He^4$. ($m\ {}_{20}Ca^{4\,4}$= 43,95549 а.е.м.; $m\ {}_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; $m\ {}_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; $m\ {}_{19}K^{41}$= 40,96184 а.е.м.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

8.1 Основная литература

.

1.	И.Г. Коршунов. Физика. – Екатеринбург: Ид-во УГГУ, 2014. – 341 с.
2.	В.И. Горбатов, В.Ф. Полев. Физика. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ (Ч.1, 2012.-105 с.; Ч.2, 2013.-115 с.; Ч.3.- 2014.-147 с.)
3.	Михайлов В.К. Физика: учебное пособие/ Михайлов В.К.— Электрон. текстовые данные.- М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.-120 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/23753.html - ЭБС «IPRbooks».
4.	Михайлов В.К. Волны. Оптика. Атомная физика. Молекулярная физика: учебное пособие/ Михайлов В.К., Панфилова М.И.-Электрон. текстовые данные.-М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.-144 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62614.html -ЭБС «IPRbooks».
5.	Трофимова Т.М. Курс физики. Академия, 2010.- 560 с.

Дополнительная литература

1. И..Г. Коршунов. Основы физики.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. - 312 с.
2. Ветрова В.Т. Физика. Сборник задач: учебное пособие/ Ветрова В.Т.- Электрон. текстовые данные.- Минск: Вышэйшая школа, 2015.-446 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/48021.html -ЭБС «IPRbooks».
3. Чакак А.А. Физика. Краткий курс: учебное пособие для студентов очно-заочной формы обучения вузов, слушателей курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, для студентов факультета дистанционных образовательных технологий/ Чакак А.А., Летута С.Н. Электрон. текстовые данные. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.-541 с. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30092.html - ЭБС «IPRbooks».
4. Сарина М.П. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Часть 1. Механика: учебное пособие/ Сарина М.П.- Электрон. текстовые данные.- Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.- 187 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45392.html - ЭБС «IPRbooks».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Некоторые физические постоянные

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Скорость света в вакууме	c	$3.00 \cdot 10^{8}$ м/с
Гравитационная постоянная	G	$6.67 \cdot 10^{-11}$ м^3/(кг·с^2)
Число Авогадро	N_A	$6.02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	8.31 Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	k	$1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Атомная единица массы	*1а.е.м.*	$1.660 \cdot 10^{-27}$ кг
Элементарный заряд	e	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	m_e	$9.11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	m_p	$1.67 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	ε_0	$8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	h $\hbar$	$6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж/с $1.05 \cdot 10^{-34}$ Дж/с

Приложение 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка			Множитель	Приставка			Множитель
Наименование	Обозначение			Наименование	Обозначение		
	русское	международное			русское	международное	
экса	Э	E	10^{18}	деци	д	d	10^{-1}
пэта	П	P	10^{15}	санти	с	c	10^{-2}
тера	Т	T	10^{12}	милли	м	m	10^{-3}
гига	Г	G	10^{9}	микро	мк	μ	10^{-6}
мега	М	M	10^{6}	нано	н	n	10^{-9}
кило	к	k	10^{3}	пико	п	p	10^{-12}
Гекто	г	h	10^{2}	фемто	ф	f	10^{-15}
Дека	да	da	10^{1}	атто	а	a	10^{-18}
П р и м е ч а н и е: Приставки гекто, дека, деци и санти допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.)							

Приложение 3

Единицы физических величин, имеющие собственные наименования

Величина	Единица	
	Наименование	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср
Сила, вес	ньютон	Н
Давление	паскаль	Па
Напряжение (механическое)	паскаль	Па
Модуль упругости	паскаль	Па
Работа, энергия	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Частота колебаний	герц	Гц
Термодинамическая температура	кельвин	К
Разность температур	кельвин	К
Теплота, количество теплоты	джоуль	Дж
Количество вещества	моль	моль
Электрический заряд	кулон	Кл
Сила тока	ампер	А
Потенциал электрического поля, электрическое напряжение	вольт	В
Электрическая емкость	фарад	Ф
Электрическое сопротивление	ом	Ом
Электрическая проводимость	сименс	См
Магнитная индукция	тесла	Тл
Магнитный поток	вебер	Вб
Индуктивность	генри	Гн
Сила света	кандела	кд
Световой поток	люмен	лм
Освещенность	люкс	лк
Поток излучения	ватт	Вт
Поглощенная доза излучения (доза излучения)	грэй	Гр
Активность изотопа	беккерель	Бк

Приложение 4

Внесистемные единицы

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна атомная единица массы	т а.е.м.	10^3 кг $1.66 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	минута час сутки	мин ч сут	60 с 3600 с 86400 с
Плоский угол	градус минута секунда град	…• …′ …″ град	$1.74 \cdot 10^{-2}$ рад $2.91 \cdot 10^{-4}$ рад $4.85 \cdot 10^{-6}$ рад $(\pi/200)$ рад
Объем, вместимость	литр	Л	10^{-3} м^3
Длина	астрономическая единица световой год парсек	а.е. св. год пк	$1.50 \cdot 10^{11}$ м $9.46 \cdot 10^{15}$ м $3.08 \cdot 10^{16}$ м
Оптическая сила	диоптрия	Дптр	1 м$^{-1}$
Площадь	гектар	Га	10^4 м^2
Энергия	электрон-вольт	эВ	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Дж
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	
П р и м е ч а н и е: Единицы времени (минуту, час, сутки), плоского угла (градус, минуту, секунду), астрономическую единицу, световой год, диоптрию и атомную единицу массы не допускается применять с приставками.			

Приложение 5

Плотность некоторых твердых тел

Твердое тело	Плотность, г/см^3	Твердое тело	Плотность, г/см^3
Алюминий	2.70	Цезий	1.90
Барий	3.50	Каменная соль	2,2
Ванадий	6.02	Латунь	8,55
Висмут	9.80	Марганец	7,40
Железо (чугун, сталь)	7.88	Платина	21,4
Литий	0.53	Золото	19,3
Медь	8.93	Висмут	9,8
Никель	8.90	Уран	18,7
Свинец	11.3	Цинк	7.15
Серебро	10.5	Вольфрам	19,3

Приложение 6

Плотность некоторых жидкостей и газов

Жидкость (при 15° С)	Плотность, г·/см^3	Газ (при нормальных условиях	Плотность, кг/м^3
Вода (дистиллированная при 4°С)	1.00	Водород	0.09
Глицерин	1.26	Воздух	1.29
Керосин	0.8	Гелий	0.18
Ртуть	13.6	Аргон	1,78
Масло (оливковое, смазочное)	0.9	Азот	1,25
Масло касторовое	0.96	Кислород	1.43
Сероуглерод	1.26		
Эфир	0.7		
Спирт	0.80		

Приложение 7

Удельное сопротивление ρ некоторых материалов

Материал	Удельное сопротивление, Ом·м	Материал	Удельное сопротивление, Ом·м
Алюминий	$2{,}53\cdot10^{-8}$	Ртуть	$9{,}6\cdot10^{-7}$
Алюминий провод	$2{,}87\cdot10^{-8}$	Свинец	$2{,}08\cdot10^{-7}$
Бумага	10^{15}	Серебро	$1{,}6\cdot10^{-8}$
Вода дистиллированная	10^{4}	Сталь литая	$1{,}3\cdot10^{-7}$
Вода морская	0,3	Сталь чистая	$1{,}01\cdot10^{-7}$
Вольфрам	$5{,}5\cdot10^{-8}$	Стекло	10^{11}
Графит	$3{,}9\cdot10^{-6}$	Стекло кварцевое	10^{16}
Железо чистое	$9{,}8\cdot10^{-8}$	Угольные щётки	$4\cdot10^{-5}$
Железо	$8{,}7\cdot10^{-8}$	Цинк	$5{,}9\cdot10^{-8}$
Золото	$2{,}2\cdot10^{-8}$	Чугун серый	$1\cdot10^{-6}$
Константан	$5\cdot10^{-7}$	Никель	$8{,}7\cdot10^{-8}$
Масло парафиновое	10^{14}	Нихром	$1{,}12\cdot10^{-6}$
Магний	$4{,}4\cdot10^{-8}$	Олово	$1{,}2\cdot10^{-7}$
Манганин	$4{,}3\cdot10^{-7}$	Платина	$1{,}07\cdot10^{-7}$
Медь	$1{,}72\cdot10^{-8}$	Медь провод	$1{,}78\cdot10^{-8}$

Приложение 8

Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Ацетон	21,4	Парафин	2,0
Вакуум	1,0	Парафинированная бумага	2,0
Воздух	1,000594	Полиэтилен	2,2
Вода	81	Слюда	7,0
Вода дистиллированная	31	Спирт этиловый	25,1
Воск	7,8	Спирт метиловый	33,5
Керосин	2,0	Стекло	7,0
Масло	5,0	Фарфор	5,0
Масло трансформаторное	2,2	Эбонит	2,6

Приложение 9

Греческий алфавит

Обозначения букв	Название букв	Обозначения букв	Название букв
A, α	Альфа	N, ν	ню
B, β	Бета	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	Гамма	O, o	омикрон
Δ, δ	Дэльта	Π, π	пи
E, ε	Эпсилон	P, ρ	ро
Z, ς	Дзета	Σ, σ	сигма
H, η	Эта	T, τ	тау
Θ, θ	Тэта	Y, υ	ипсилон
J, i	Иота	Φ, φ	фи
K, κ	Каппа	X, χ	хи
Λ, λ	Ламбда	Ψ, ψ	пси
M, μ	Ми	Ω, ω	омега

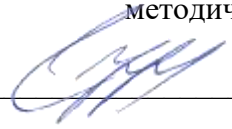
СОДЕРЖАНИЕ

Общие методические указания к решению задач и выполнению домашних контрольных работ	3
1. Механика	4
2. Молекулярная физика и термодинамика	7
3. Электричество и магнетизм	10
4. Механические и электромагнитные колебания и волны	12
5. Волновая и квантовая оптика	15
6. Квантовая физика и физика атома	18
7. Элементы ядерной физики	19
Список литературы	23
Приложения	24

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу



_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

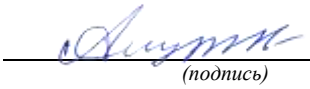
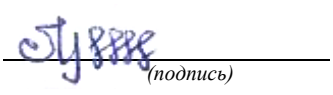
ХИМИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

Автор: Попова М.Н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Химии	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой 	Председатель 
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение 3

2. Строение атома 4

3. Химическая кинетика и равновесие 6

3.1. Скорость химических реакций 6

3.2. Химическое равновесие 8

4. Растворы электролитов 11

4.1. Концентрация растворов 11

4.2. Электролитическая диссоциация 16

4.3. Гидролиз солей 20

5. Окислительно-восстановительные процессы 23

5.1. Окислительно-восстановительные реакции 23

5.2. Гальванические элементы 26

5.3. Электрохимическая коррозия 29

5.3. Электролиз растворов 31

6. Номера вариантов 36

7. Список литературы 40

8. Приложение 41

Введение

Без химии трудно представить прогресс в горном деле. Все сферы горного производства пронизаны современной химической наукой и технологией. Поэтому горный инженер любой специальности должен обладать достаточными знаниями в области химии.

Основной вид занятий студентов–заочников – самостоятельная работа над учебным материалом. По курсу химии она складывается из следующих этапов: изучение материала по учебникам и учебным пособиям; выполнение контрольной работы, посещение лекций, выполнения лабораторного практикума, сдачи зачёта или экзамена в период экзаменационной сессии. К лабораторному практикуму допускаются только студенты, сдавшие в срок контрольные задания.

Контрольную работу студент должен писать в тетради и сдавать для регистрации в деканат. На обложке тетради указать фамилию, имя, отечество, номер группы, номер варианта, название специальности. Обязательно полностью переписать условия заданий, иначе работа не будет проверена. Вариант задания соответствует последним двум цифрам номера зачётной книжки (или студенческого билета) студента (номера вариантов «соответствующих заданий приведены в конце данной методической разработки»).

1. Строение атома

Задание 1. Какой подуровень заполняется в атоме электронами после заполнения подуровня 4p?

Решение. Подуровню 4p отвечает сумме n+l, равная 4+1=5. Такой же суммой n+l характеризуют подуровни 3d(3+2=5) и 5s(5+0=5) . Однако состоянию 3d отвечает меньшее значение n(n=3), чем состоянию 4p, поэтому подуровень 3s будет заполняться раньше, чем подуровень 4p. Следовательно, в соответствии с правилом Клечковского после заполнения подуровня 4p будет заполняться подуровень 5d, которому отвечает на единицу большее значение n(n=5) .

Задание 2. Напишите электронные формулы атомов и ионов, укажите положение их в периодической системе Д. И. Менделеева (номер периода, группа, подгруппа): Na^+; Cl^-

Решение. Электронная формула химического элемента натрия следующая: 1s2 2s2 2p6 3s1. Он расположен в третьем периоде, первой группе, главной подгруппе периодической системы Д. И. Менделеева.

Электронная формула иона Cl^-: 1s2 2s2 2p6 3s2 3p6. Хлор расположен в третьем периоде, седьмой группе, главной подгруппе периодической системы Д. И. Менделеева.

Каждое задание содержит 2 вопроса (а, б)

Задания к разделу 2

Номер задания	а) Укажите численные значения главного и орбитального квантовых чисел данных подуровней, рассчитайте последовательность их заполнения	б) Напишите электронные формулы предложенных атомов и ионов, укажите их положение в системе (номер периода, группа, подгруппа)
1	3p; 4s; 2p	Fe; Na^{+}
2	3d; 4p; 3p	Co; Br^{-}
3	5d; 4p 4d	Ni; Ba^{2+}
4	3d; 4f; 5s	Zn; Ca^{2+}
5	4d; 4s; 5s	Sn; S^{2-}
6	6s; 4p; 4f	W; Bi^{3+}
7	3d; 5s; 7p	S; La^{3+}
8	4d; 6s; 5d	F; Tl^{3+}
9	4p; 5p; 4f	Br; Zr^{4+}
10	3d; 3p; 2s	Al; Hg^{2+}
11	5d; 3s; 6s	Pb; Au^{3+}
12	6d; 4f; 5p	Ge; Ag^{+}
13	5d; 3p; 4d	Ga; Sb^{3+}
14	7s; 6p; 4d	Ni; Bi^{3+}
15	5d; 4p; 3d	Cl; Pb^{2+}
16	5s; 6s; 4p	Y; Hf^{4+}
17	6p; 5f; 6d	Zr; At^{-}
18	5d; 5s; 4f	Ta; Ga^{3+}
19	3s; 4d; 3p	Mo; Cu^{2+}
20	5f; 4d; 4s	Cr; Se^{2-}

3. Химическая кинетика и равновесие

3.1 Скорость химических процессов

В зависимости от характера реакции скорость определяется следующим образом. Для гомогенных систем (однородным по составу и свойствам) скорость измеряется:

$$V = \frac{\Delta \cdot C}{\Delta \cdot \tau}$$

где V – скорость химической реакции, моль/л·сек.

ΔC – изменение концентрации вещества за время $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$

τ_1 – исходный момент времени, с,

τ_2 – текущий момент времени, с ($\tau_2 > \tau_1$)

В гетерогенных системах (состоящих из 2х или более однородных частей, находящихся в разном фазовом состоянии) при определении скорости концентрации твердых веществ не учитываются. Скорость реакции зависит от природы реагирующих веществ, концентрации, температуры, давления и присутствия катализаторов.

Скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению молярных концентраций реагирующих веществ.

Пример 1. $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

$V^{\rightarrow} = k \cdot C_{H2} \cdot C_{Cl2}$

где k – константа скорости прямой реакции

C_{H2}- концентрация водорода, моль/л

C_{Cl2}- концентрация хлора, моль/л

Концентрация веществ может обозначаться квадратными скобками, заключенными вокруг формулы вещества. Например, для этой реакции скорость прямой реакции можно записать так:

$V^{\rightarrow} = k \cdot [H_2] \cdot [Cl_2]$

Зависимость скорости реакции от температуры определяется правилом Вант-Гоффа: при повышении температуры на каждые 10^0 скорость большинства реакций увеличивается в 2-4 раза

$$\nu_2 = \nu_1 \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

где γ – температурный коэффициент скорости реакции, значения которого для большинства реакций лежит в интервале от 2 до 4.

ν_2 - скорость реакции при температуре t_2, ^oC

ν_1 - скорость реакции при температуре t_1, ^oC

Пример 2. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,8. Во сколько раз возрастёт скорость реакции при повышении температуры от 20^0 до 75 ^0C ?

Решение. $t_2 - t_1 = 75 - 20 = 55\ ^oC$. Обозначив скорость реакции при 20^o и 75^o соответственно ν_1 и ν_2 получаем: $\nu_2 / \nu_1 = 2{,}8^{55/10} = 2{,}8^{5{,}5} = 287$.

Скорость реакции увеличится в 287 раз.

2.2 Химическое равновесие

Состояние системы, при котором скорости прямой и обратной реакции равны, называют химическим равновесием. Состояние равновесия характеризуется константой равновесия K_c.

Гомогенная система:

$2CO_{(г)} + O_2 = 2CO_{2\ (г)}$

$$K_c = \frac{C^2_{CO_2}}{C^2_{CO} C_{O_2}}$$

где C_{co}; C_{O2}; C_{CO2} – равновесные концентрации веществ, моль/л.

Гетерогенная система:

Fe_2O_3 (т) + $3H_2$ (г) = 3Fe (т)+$3H_2O$ (г)

$$K_c = \frac{C^3_{H2O}}{C^3_{H_2}}$$

В выражении константы равновесия концентрация твердой фазы не входит, так как она является практически постоянной величиной.

На состояние равновесия системы влияют давление, концентрация реагирующих веществ и температура. Система может находиться в состоянии равновесия бесконечно долго. Если изменить условия его

существования, равновесие будет нарушено. Переход из одного равновесного состояния в другое называют смещением равновесия. Определить направление смещения равновесия позволяет принцип Ле Шателье: если находящаяся в равновесии система подвергается внешнему воздействию, равновесие смещается в направлении, которое способствует ослаблению этого воздействия.

Пример. 1 Для реакции N_2 (г)+ $3H_2$ (г) = $2NH_3$ (г) в какую сторону смещается равновесие если увеличить концентрацию аммиака и давление?

Решение: С увеличением концентрации аммиака равновесие смещается влево. С увеличением давления в этой системе равновесие смещается вправо.

Пример 2. В системе А(г)+2В(г)=С(г) равновесные концентрации равны C^p_a =0,06 моль/л, $C^p_в$ =0,12 моль/л , C^p_c =0,216 моль/л . Найти константу равновесия реакции и исходные концентрации веществ А и В.

Решение: Константа равновесия выражается уравнением:

$$К_c = \frac{C^p_c}{C^p_a C^2_в} = \frac{0{,}216}{0{,}06 \cdot (0{,}12)^2} = 250$$

Для нахождения исходных концентраций веществ А и В следует учесть, что согласно уравнению реакции, из 1 моль А и 2 моль В образуется 1 моль С. Поскольку по условию задачи в каждом литре системы образовалось 0, 216 моль вещества С, то при этом было израсходовано 0,216 моль вещества А и 0,216*2 = 0,432 моль вещества В. Таким образом, искомые исходные концентрации равны:

C^o_a = 0,06+0,216=0,276 моль/л,

$C^o_в$ = 0,12+0,432=0,552 моль/л.

Задания к разделу 2.

21. Напишите выражение для константы равновесия реакции:

$Si + 2H_2O \leftrightarrow SiO_2+2H_2$

22. Рассчитайте исходную концентрацию CO для реакции, если равновесные концентрации [CO]=0,01, [COS] = 0,03 моль/л.

$Sb_2S_3+3CO=2Sb+3COS$

23. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5. Во сколько раз увеличится скорость, если температуру повысить на 40°?

24. В какую сторону сдвинется равновесие системы $C+2N_2O \leftrightarrow CO_2+2N_2$ если увеличить объём системы?

25. Как повлияет на равновесие реакции $CaCO_3 \leftrightarrow CaO+CO_2$ -179 кДж, понижение температуры?

26. Напишите выражение для константы равновесия реакции:

$Fe_2O_3 +3CO \leftrightarrow 2Fe + 3CO_2$

27. Чему равна начальная концентрация NO_2, если в момент равновесия концентрация NO была 0,3 моль/л , O_2 – 0,15 моль/л, NO_2 - 0,2 моль/л.

28. Во сколько раз изменится скорость химической реакции, если температуру понизили с 25° до -15° при температурном коэффициенте скорости 2?

29. Куда сдвинется равновесие реакции $H_2 +J_2 \leftrightarrow 2HJ$ при уменьшении объёма системы в 3 раза?

30. Куда сдвинете я равновесие реакции $N_2O_4 \leftrightarrow 2NO_2$ -Q, если повысить температуру в системе?

31. Напишите выражение для константы равновесия реакции:

$2N_2O \leftrightarrow 2N_2 + O_2$

32. Чему равна скорость реакции $CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$ при концентрации 3 моль/л и константе скорости реакции К = 0,4 ?

33. Во сколько раз уменьшится скорость химической реакции при снижении температуры с 50 до 20 С°, если температурный коэффициент равен 3 ?

34. В какую сторону сдвинется равновесие реакции $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$ при увеличении давления?

35. В какую сторону сдвинется равновесие реакции $2C + O_2 \leftrightarrow 2CO$; $\Delta H^0 = -105$ кДж при понижении температуры ?

36. Написать выражение для константы равновесия реакции:

$2C_2H_4$ (г) + $5O_2 \leftrightarrow 4CO_2 + 2H_2O$ (пар)

37. Рассчитать начальную концентрацию кислорода для реакции, если равновесные концентрации кислорода равна 0,34 моль/л, а диоксида азота равна 0,72 моль/л.

$2NO + O_2 \leftrightarrow 2NO_2$

38. Температурный коэффициент скорости реакции равен 5. Во сколько раз увеличится скорость реакции, если температуру повысить с 80^0 до 110^0С.

39. В какую сторону сдвинется равновесие реакции при уменьшении объёма системы: $2CO + O_2 \leftrightarrow 2CO_2$

40. В системе: $N_2 + O_2 \leftrightarrow 2NO$ ΔH^0=180 кДж. Произошло повышение температуры. В какую сторону сдвинулось равновесие?

Задания 41-60 . Напишите математическое выражение Кс (константы химического равновесия) для обратимых реакций и укажите направление смещения равновесия при изменении условий:

А) уменьшении парциального давления одного из исходных газообразных веществ;

Б) понижении давления;

В) повышении температуры.

Номер задания	Уравнение реакции	ΔH^o, кДж/моль
41	$2N_2O_{(г)} + O_{2(г)} = 4NO_{(г)}$	196
42	$4NH_{3(г)} + 5O_{2(г)} = 4NO_{(г)} + 6H_2O_{(г)}$	908
43	$2H_2S_{(г)} + 3O_{2(г)} = 2SO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)}$	1038
44	$CO_{2(г)} + H_{2(г)} = CO_{(г)} + H_2O_{(г)}$	41
45	$2H_{2(г)} + O_{2(г)} = 2H_2O_{(г)}$	-484
46	$2SO2_{(г)} + O2_{(г)} = 2SO3_{(г)}$	-196

47	$2NO_{(г)} + O2_{(г)} = 2NO2_{(г)}$	-112
48	$Fe3O4 + H2_{(г)} = 3FeO + H2O_{(г)}$	62
49	$FeO + H2_{(г)} = Fe + H2O_{(г)}$	-272
50	$C + H2O_{(г)} = CO_{(г)} + H2_{(г)}$	131
51	$CO_{(г)} + H2O_{(г)} = CO2_{(г)} + H2_{(г)}$	-41
52	$SO3_{(г)} + H2_{(г)} = SO2_{(г)} + H2O_{(г)}$	-144
53	$H2_{(г)} + Cl2_{(г)} = 2HCl_{(г)}$	-184
54	$FeO + CO_{(г)} = Fe + CO2_{(г)}$	-11
55	$2ZnS + 3O2_{(г)} = 2ZnO + 2SO2_{(г)}$	-878
56	$N2_{(г)} + 3H2_{(г)} = 2NH3_{(г)}$	-92
57	$CaCO3 = CaO + CO2_{(г)}$	175
58	$2MgCl_2 + 2O_{2\,(г)} = 2MgO + 2Cl_{2\,(г)}$	82
59	$Ca(OH)_{2\,(т)} = CaO_{(т)} + H_2O_{(г)}$	48
60	$H_2O_{(г)} + CO_{(г)} = CO_{2\,(г)} + H_{2\,(г)}$	-41

4 Растворы электролитов

4.1 Концентрация растворов

Содержание растворенного вещества в растворе может быть выражено либо безразмерными единицами долями, либо величинами размерными – концентрациями. Наиболее часто употребляют следующие методы выражения концентрации растворов.

Массовая доля растворенного вещества (ω) – отношение массы растворенного вещества ($m_в$) к общей массе раствора ($m_р$):

$$\omega = \frac{m_в}{m_р}$$

Если отношение $m_в/m_р$: умножить на 100%, то концентрация раствора будет выражена в %.

Молярная концентрация ($C_м$ или М) или молярность – число молей растворенного вещества (ν) в одном литре раствора:

$C_м = \frac{\nu}{M} = \frac{m_b}{M \cdot V}$ (моль/л)

где $m_в$ – масса растворенного вещества, M - молярная масса растворенного вещества, г/моль,

V - объём раствора, л.

Эквивалентная концентрация ($C_э$) – отношение массы растворенного вещества к произведению эквивалента данного вещества на объём раствора:

$C_э = \frac{m_b}{Э \cdot V}$ (моль/л)

Пример 1. Вычислить массу хлорида натрия и воды, необходимых для приготовления 500 г раствора, в котором содержание хлорида натрия в массовых долях равно 0,05 (или 5 %)

Решение:

По определению массовой доли, выраженной в %.

$\omega = \frac{m_b}{m_{р-ра}} \cdot 100\ \%$

Отсюда находим $m_в = \frac{\omega \cdot m_{р-ра}}{100} = \frac{5 \cdot 500}{100} = 25$ г.

Учитывая, что масса раствора равна 500 г, масса воды будет равна: 500-25=475 г.

Пример 2. Определить молярную концентрацию 15 % раствора карбоната натрия с плотностью 1,18 г/мл.

Решение:

Воспользуемся формулой, связывающей процентную и молярную концентрацию:

$C_м = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{M}$,

где ρ – плотность раствора, г/мл

ω - массовая доля, %

M - молярная масса растворенного вещества, г/моль

В нашем случае: M =106

$C_м = \frac{15 \cdot 1{,}18 \cdot 10}{106} = 1{,}66$ моль/л

Задания к подразделу 4.1

Каждое задание содержит по 2 задачи (а, б)

61 а) К 500 мл раствора соляной кислоты (р = 1.10 г/мл) прибавили 2.5 л воды, после чего раствор стал 4% - ным. Определите процентное содержание растворенного вещества в исходном растворе. б) Определите молярную концентрацию 10% - ного раствора азотной кислоты (р=1,06 г/мл).

62 а) Определите молярную концентрацию раствора сульфата калия, в 200 мл которого содержится 1,74 г растворенного вещества. б) Определите процентное содержание растворенного вещества 1М раствора нитрата никеля (11), плотность которого 1,08 г/мл.

63 а) Определите молярную концентрацию 10%-ного раствора серной кислоты (р=1,07 г/мл). б) Сколько мл воды следует добавить к 100 мл 20%-го раствора серной кислоты (р=1,14 г/мл) для получения 5%-го раствора?

64 а) В каком объеме воды следует растворить 32,2 г, чтобы получить 5%-ный раствор сульфата натрия? б) Определите процентное содержание растворенного вещества 0,9М раствора (р=1,05 г/мл).

65 а) Сколько граммов медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ и воды требуется для приготовления 150 г 8%-ного раствора в расчете на безводную соль? б) Определите молярную концентрацию 27%-ного раствора соляной кислоты (р=1,14 г/мл).

66 а) До какого объёма следует разбавить 1,5 л 20%-ного раствора хлорида аммония (р=1,06 г/мл), чтобы получить 10%-ный раствор (р=1,03 г/мл).

б) Сколько миллилитров 70%-ного раствора нитрата калия (р=1,16 г/мл) требуется для приготовления 0.5 л 0,2М раствора?

67 а) Сколько граммов кристаллической соды $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ надо взять для приготовления 2 л 0,2 М раствора Na_2CO_3? б) Сколько миллилитров 36% - ного раствора соляной кислоты (р = 1,18 г/мл) требуется для приготовления 4 л 0,5 М раствора?

68 а) К 1 л 20% - ного раствора гидроксида натрия (р = 1,22 г/мл) прибавили 10 л воды. Определите процентное содержание растворенного вещества в полученном растворе, б) Определите молярную концентрацию 8% - ного раствора сульфата натрия (р = 1,08 г/мл),

69 а) Сколько миллилитров 10%-ного раствора Na_2CO_3 (р ~ 1,10 г/мл), следует прибавить к 1 л 2% -ного раствора (р = 1,02 г/мл), чтобы получить 3% - ный раствор этой соли? б) Определите процентное содержание растворенного вещества в 2 М растворе гидроксида натрия (р = 1,08 г/мл).

70 а) Сколько миллилитров воды следует прибавить к 25 мл 40% - ного раствора КОН (р=1,40 г/мл), чтобы получить 2 % - ный раствор? б) Сколько миллилитров 96 % -ного раствора серной кислоты (р = 1,84 г/мл) требуется для приготовления 300 мл 0,5 М раствора?

71 а) Сколько граммов медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ следует добавить к 150 мл воды, чтобы получить 5% -ный раствор $CuSO_4$? б) Сколько миллилитров 30% - ного раствора азотной кислоты (р= 1,84 г/мл) требуется для приготовления 250 мл 0,5 М раствора?

72 а) Определите процентное содержание растворенного вещества в 0.25 М растворе гидрокскда натрия (р = 1,01 г/мл), б) Сколько миллилитров 0,1 М раствора НС1 можно приготовить из 20 мл 0,5 М раствора этой кислоты?

73 а) Определите молярную концентрацию 10% - ного раствора соляной кислоты (р = 1,05 г/мл), б) Сколько миллилитров 30% -ной азотной кислоты (р = 1.18 г/мл) требуется для приготовления 250 мл 11% - ного раствора (р = 1,07 г/мл)?

74 а) Сколько миллилитров 30% раствора КОН (р=1,29 г/мл) требуется для приготовления 300 мл 0.1 М раствора? б) К 760 мл 20% - ного раствора NaOH (р= 1,22 г/мл) прибавили 140 мл 10% - ного раствора NaOH (р=1,11 г/мл). Определите процентное содержание растворенного вещества.

75 а) К 50 мл 96% раствора серной кислоты (р=1,84 г/мл) прибавили 50 мл воды. Определите процентное содержание растворенного вещества в полученном растворе. б) Определите молярную концентрацию 72% раствора азотной кислоты (р = 1,43 г/мл).

76 а) Определите молярную концентрацию 6%-ного раствора фосфорной кислоты (р = 1,03 г/мл), б) Определите процентное содержание растворенного вещества раствора, полученного смешением 10 мл 96% -ного раствора азотной кислоты р=1,5 г/мл и 20 мл 48%-го раствора азотной кислоты р =1,3 г/мл.

77 а) До какого объема следует разбавить 500 мл 20% - кого раствора хлорида натрия (р ~ 1,15 г/мл), чтобы получить 4,5% - ный раствор (р ~ 1,03 г/мл)? б) Определите молярную концентрацию 50% раствора азотной кислоты (р =1,31 г/мл).

78 а) Определите молярную концентрацию 60%-ного раствора серной кислоты (р =1,5 г/мл). б) Сколько миллилитров 32% - ного раствора азотной кислоты (р =1,39 г/мл) необходимо для приготовления 300 мл 0,75М раствора?

79 а) Сколько миллилитров 0,2 М раствора азотной кислоты необходимо для нейтрализации 80 мл 0,6 М раствора NaOH? б) Определите процентное содержание растворенного вещества в 1,5 М растворе КОН (р = 1,07 г/мл).

80 а) Определите молярную концентрацию 10 % раствора карбоната натрия (р=1,10 г/мл). б) Сколько миллилитров 30% раствора (р=0,9 г/мл) требуется для получения 400 мл 2М его раствора?

4.2. Электролитическая диссоциация.
Ионно-молекулярные уравнения.

Электролитами называют вещества, растворы и расплавы которых проводят электрический ток. К электролитам относятся неорганические кислоты, основания, амфотерные гидроксиды и соли. Они распадаются в водных растворах и расплавах на катионы и анионы.

Процесс распада молекул электролитов на ионы в среде растворителя получил название электролитической диссоциации. Количественно диссоциация определяется степенью и константой диссоциации. Степень диссоциации – это число, показывающее какая часть молекул от общего их количества в растворе распадается на ионы:

$$\alpha = \frac{число\ распавшихся\ молекул\ (n)}{общее\ число\ растворенных\ молекул\ (N)}$$

По степени диссоциации электролиты условно разделяют на сильные ($\alpha \approx 1$) и слабые($\alpha < 1$).

Сильные электролиты

К ним относятся минеральные кислоты: HNO_3, H_2SO_4, HCl, HBr, HJ, $HClO_4$; гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов: LiOH, NaOH, KOH, $Ba(OH)_2$ и др. ; соли – средние, кислые, основные – $Fe_2(SO_4)_3$; $NaHCO_3$; $Al(OH)Cl_2$ и тп.

Сильные электролиты диссоциируют практически нацело:

$Fe_2(SO_4)_3 = 2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$

$HNO_3 = H^+ + NO^{3-}$

$NaHCO_3 = Na^+ + HCO^{3-}$

$Ba(OH)_2 = Ba^{2+} + 2OH^-$

Слабые электролиты

К ним относятся кислоты: HNO_2, H_2CO_3, H_2S и др. а также все органические кислоты, в том числе уксусная CH_3COOH; гидроксиды металлов основного характера $Fe(OH)_3$, $Cu(OH)_2$ и др. (кроме щелочных и щелочноземельных) и гидроксид аммония NH4OH, а также амфотерные гидроксиды $Al(OH)_3$; $Cr(OH)_3$; $Zn(OH)_2$; $Sn(OH)_2$ и др.

Для слабых электролитов диссоциация обратимый процесс, для которого справедливы общие законы равновесия. Например, для уксусной кислоты константа равновесия, называемая константой диссоциации имеет вид: $CH_3COOH \leftrightarrow CH_3COO^- + H^+$

$$К_д = \frac{C_{CH_3COO} - \cdot C_{H+}}{C_{CH_3COOH}}$$

Многоосновные кислоты и многокислотные основания диссоциируют ступенчато, и каждую ступень равновесного состояния характеризует своя константа диссоциации (причем $К_{C1}$ всегда больше $К_{C2}$ и т.д.), например, при диссоциации H_2S: 1-я ступень $H_2S \leftrightarrow H^+ + HS^-$ $\quad К_{C1} = \frac{[H^+]\cdot[HS^-]}{[H_2S]} = 6\cdot10^{-8}$

2- я ступень $HS^- \leftrightarrow H^+ + S^{2-}$ $\quad К_{C2} = \frac{[H^+]\cdot[S^{2-}]}{[HS^-]} = 1\cdot10^{-14}$,

где [ ] - равновесные концентрации ионов и молекул.

Диссоциация $Cu(OH)_2$:

1-я ступень $Си(OH)_2 \leftrightarrow Си(OH)^+ + OH^-$

2-я ступень $Си(OH)^+ \leftrightarrow Си^{2+} + OH^-$

Амфотерные гидроксиды, например $Pb(OH)_2$ диссоциируют по основному типу: $Pb(OH)_2 \leftrightarrow PbOH^+ + OH^-$

$PbOH^+ \leftrightarrow Pb^{2+} + OH^-$

и кислотному:

$H_2PbO_2 \leftrightarrow H^+ + HPbO_2^-$

$HPbO_2^- \leftrightarrow H^+ + PbO_2^{2-}$

В растворах электролитов реакции протекают между ионами. Для записи ионных реакций применяют ионные уравнения. При составлении ионных уравнений реакций все слабые электролиты, газы и труднорастворимые электролиты записывают в молекулярной форме, все сильные электролиты (кроме труднорастворимых солей) в ионной форме. Примеры составления ионных уравнений реакций:

а) **образование труднорастворимых соединений**:

$Cu(NO_3)_2 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$

$Cu^{2+} + 2NO^{3-} + 2Na^+ + 2OH^- = Cu(OH)_2\downarrow + 2Na^+ + 2NO^{3-}$

$Cu^{2+} + 2OH^- = Cu(OH)_2\downarrow$

б) **образование газообразных веществ**:

$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$

$2Na^+ + CO_3^{2-} + 2H^+ + 2Cl^- = 2Na^+ + 2Cl^- + H_2O + CO_2$

$CO_3^{2-} + 2H^+ = H_2O + CO_2$

в) **образование слабых электролитов:**

$CH_3COONa + HNO_3 = CH_3COOH + NaNO_3$

$CH_3COO^- + Na^+ + H^+ + NO_3^- = CH_3COOH + Na^+ + NO_3^-$

$CH3COO^- + H^+ = CH_3COOH$

Пример 1. Написать реакции для следующих превращений: $KOH \xrightarrow{A} KHSO_3 \xrightarrow{B} K_2SO_3$

Решение:

$$A.\ KOH + H_2SO_3 = KHSO_3 + H_2O$$

$$K^+ + OH^- + H_2SO_3 = K^+ + HSO_3^- + H_2O$$

$$OH^- + H_2SO_3 = HSO_3^- + H_2O$$

$$B.\ KHSO_3 + KOH = K_2SO_3 + H_2O$$

$$K^+ + HSO_3^- + K^+ + OH^- = 2K^+ + SO_3^{2-} + H_2O$$

$$HSO_3^- + OH^- = SO_3^{2-} + H_2O$$

Задания к разделу 4.2.

Задания 81-100. напишите для предложенных соединений уравнения диссоциации, а также в молекулярной и ионной формах уравнения возможных реакций взаимодействия их H_2SO_4 с и NaOH.

81. HCl; $Cr(OH)_3$	91. $Ca(OH)_2$; H_3PO_4
82. $Cd(OH)_2$; H_2S	92. HNO_3; $Be(OH)_2$
83. $Cu(OH)_2$; HBr	93. $H_2Cr_2O_7$; KOH
84. H_2SO_3; $Sn(OH)_2$	94. HCN; $Ga(OH)_3$
85. H_2SiO_3; $Pb(OH)_2$	95. KOH; H_2CO_3
86. CH_3COOH; $Fe(OH)_3$	96. HF; $Be(OH)_2$
87. H_2Se; $Zn(OH)_2$	97. NH_4OH; $HClO_4$
88. $Fe(OH)_2$; H_3AsO_3	98. $Pb(OH)_2$; HNO_2
89. LiOH; HJ	99. $Mg(OH)_2$; HClO
90. H_2Te; $Al(OH)_3$	100. $Ba(OH)_2$; $HMnO_4$

Задания 101-120. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций для следующих превращений:

101. $Ni(OH)_2 \rightarrow (NiOH)_2SO_4 \rightarrow NiSO_4 \rightarrow Ni(OH)_2$

102. $CuSO_4 \rightarrow (CuOH)_2SO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(OH)NO_3$

103. $Bi(NO_3)_3 \rightarrow Bi(OH)(NO_3)_2 \rightarrow Bi(OH)_3 \rightarrow Bi_2O_3$

104. $Co(OH)_2 \rightarrow Co(OH)Cl \rightarrow CoCl_2 \rightarrow Co(NO_3)_2$;

105. $Pb(NO_3)_2 \rightarrow Pb(OH)NO_3 \rightarrow Pb(OH)_2 \rightarrow K_2PbO_2$

106. $NiCl_2 \rightarrow Ni(OH)_2 \rightarrow Ni(OH)Cl \rightarrow NiCl_2$

107. $Cr(OH)Cl_2 \rightarrow CrCl_3 \rightarrow Cr(OH)_3 \rightarrow Cr(OH)SO_4$

108. $(SnOH)_2SO_4 \rightarrow SnSO_4 \rightarrow Sn(OH)_2 \rightarrow Na_2SnO_2$;

109. $NiBr_2 \rightarrow Ni(OH)Br \rightarrow Ni(OH)_2 \rightarrow NiSO_4$

110. $CoSO_4 \rightarrow Co(OH)_2 \rightarrow (CoOH)_2SO_4 \rightarrow Co(NO_3)_2$

111. $Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow Cr(OH)SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow CrCl_3$;

112. $NiSO_4 \rightarrow (NiOH)_2SO_4 \rightarrow Ni(OH)_2 \rightarrow NiBr_2$;

113. $Fe(OH)SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow FeCl_3$

114. $Sn(OH)_2 \rightarrow Sn(OH)Cl \rightarrow K_2SnO_2 \rightarrow Sn(OH)_2$

115. $NiBr_2 \rightarrow (NiOH)_2\ SO_4 \rightarrow Ni(OH)_2 \rightarrow NiBr_2$

116. $Al(OH)_3 \rightarrow Al(OH)_2Cl \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(NO_3)_3$;

117. $CoCl_2 \rightarrow Co(OH)_2 \rightarrow (CoOH)_2SO_4 \rightarrow CoSO_4$,

118. $Bi(OH)_3 \rightarrow Bi(OH)_2NO_3 \rightarrow Bi(OH)_3 \rightarrow Bi_2O_3$

119. $Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(OH)Cl \rightarrow CuCl_2 \rightarrow Cu(NO_3)_2$

120. $CoSO_4 \rightarrow (CoOH)_2SO_4 \rightarrow Co(OH)_2 \rightarrow Co(NO_3)_2$

4.3. Гидролиз солей

Гидролиз солей – это процесс взаимодействия ионов соли с молекулами воды, приводящий к смещению ионного равновесия воды и изменению pH среды.

В зависимости от силы электролита, образовавшего соль, различают три случая гидролиза.

Гидролиз по катиону

Гидролиз по катиону протекает, если соль образована слабым основанием и сильной кислотой. В растворах таких солей возникает кислая реакция среды (pH<7). Например: для $CuCl_2$ ионное уравнение гидролиза следующее:

$Cu^{2+} + HOH = CuOH^+ + H^+$, pH<7

молекулярное уравнение гидролиза: $CuCl_2 + HOH = CuOHCl + HCl$.

Гидролиз по аниону

Гидролиз по аниону протекает, если соль образована слабой кислотой и сильным основанием. Растворы таких солей имеют щелочную реакцию среды (pH>7). Например, для Na_2CO_3 ионное уравнение гидролиза:

CO_3^{2-} + HOH == HCO_3^- + OH^- pH>7

Молекулярное уравнение: Na_2CO_3 + HOH = $NaHCO_3$ + NaOH

Гидролиз по катиону и аниону

Гидролиз по катиону и аниону протекает, если соль образована и слабым основанием, и слабой кислотой. Реакция среды в растворе при этом остается близкой к нейтральной и определяется сравнительной силой слабых оснований и кислоты, образующих соль.

В случае гидролиза по катиону и аниону возможны два варианта протекания реакции.

1. Если соль растворима в воде, то гидролиз протекает при обычных условиях по первой ступени, т.е. одна молекула соли взаимодействует с одной молекулой воды. Ионное уравнение гидролиза:

NH_4^+ + CO_3^{2-} + HOH = NH_4OH + HCO_3^- pH~7.

Молекулярное уравнение гидролиза:

$(NH_4)_2CO_3$ + HOH = NH_4OH + NH_4HCO_3.

2. Если соль не существует в растворе (в таблице растворимости против такой соли стоит прочерк), то при соединении с водой такая соль полностью разлагается водой с образованием слабого труднорастворимого гидроксида, выпадающего в осадок, и слабой, часто летучей кислоты. Например: Al_2S_3

Ионное уравнение гидролиза:

$2A1^{3+}3S^{2-}$ + 6HOH = $2A1(OH)_3$ + $3H_2O$

Молекулярное уравнение гидролиза:

$A1_2S_3$ + 6HOH= $2A1(OH)_3$ +$3H_2S$.

Задания к подразделу 4.3

Задания 121-140. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций гидролиза солей, укажите значения pH растворов этих солей (больше или меньше семи).

121. $NaNO_2$, $Cu(NO_3)_2$	131. Na_2HPO_4, $Mg(NO_3)_2$
122. $AlCl_3$, $NaHCO_3$	132. $Al_2(SO_4)_3$, Na_2SeO_3
123. Na_3PO_4, $ZnCl_2$	133. $CuSO_4$, K_3PO_4
124. $FeCl_2$, K_2S	134. Na_2SO_3, $Fe_2(SO_4)_3$
125. K_2SO_3, $ZnSO_4$	135. $NaCN$, $FeSO_4$
126. NH_4Cl, $KClO$	136. $Ba(CH_3COO)_2$, $CoSO_4$
127. Na_2Se, $MnCl_2$	137. $NiSO_4$, NaF
128. $ZnSO_4$, BaS	138. $Pb(NO_3)_2$, $Ba(NO_3)_2$
129. $Ni(NO_3)_2$, KNO_2	139. $Cr_2(SO_4)_3$, $NaCH_3COO$
130. NH_4Br, Na_2S	140. KHS, $MgSO_4$

Задания 141-160. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций совместного гидролиза предложенных солей.

141. $Fe_2(SO_4)_3 + Na_2CO_3$	151. $CrCl_3 + K_2S$
142. $Na_2S + Al_2(SO_4)_3$	152. $Na_2CO_3 + Cr(NO_3)_3$
143. $NH_4Cl + Na_2SiO_3$	153. $K_2SiO_3 + Bi(NO_3)_3$
144. $Cr_2(SO_4)_3 + K_2S$	154. $Na_2SO_3 + CrCl_3$
145. $K_2CO_3 + Bi(NO_3)_3$	155. $NH_4NO_3 + Na_2SiO_3$
146. $Na_2S + AlCl_3$	156. $AlCl_3 + Na_2SO_3$
147. $BeSO_4 + K_2S$	157. $K_2SO_3 + CrCl_3$
148. $Cr_2(SO_4)_3 + Na_2SO_3$	158. $Na_2S + Al_2(SO_4)_3$
149. $K_2SO_3 + AlBr_3$	159. $Fe(NO_3)_3 + K_2CO_3$
150. $Bi(NO_3)_3 + Na_2CO_3$	160. $Al(NO_3)_3 + Na_2CO_3$

5. Окислительно-восстановительные процессы.

5.1 Окислительно-восстановительные реакции

Окислительно-восстановительными реакциями называют реакции, протекающие с изменением степени окисления (СО) элементов. Степень окисления – это тот условный заряд атома элемента, который вычисляют, исходя из предположения, что молекула состоит только из ионов (как правило, обозначают арабской цифрой, заряд ставят перед цифрой). СО рассчитывается на основании положения, что сумма СО всех атомов, входящих в молекулу равно нулю, а всех атомов , составляющих ион – заряду иона.

Ряд элементов имеют постоянную СО. Например:

Водород Н (за исключением гидридов, где, СО Н = - 1) +1

Щелочные металлы (Na, K, Li и др.) +1

Металлы 2 группы периодической системы (Ca, Zn и т. д.) +2

Металлы 3 группы периодической системы (A1) +3

Кислород О -2

(За исключением OF_2, где СО кислорода +1; перекисей H_2O_2, Na_2O_2 и т.д., где СО кислорода – 1).

Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций.

Прежде всего необходимо рассчитать степени окисления всех элементов реакции в левой и правой частях уравнения. Для нахождения коэффициентов при составлении окислительно-восстановительных реакций необходимо:

- соблюдение принципа электронного баланса (число электронов, отданных восстановителем (Red) , должно быть равно числу электронов, принятых окислителем (Ox), например:

$Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$

Red Ox

4 $Al - 3\bar{e} = Al^{3+}$()

3 $O_2 + 4\bar{e} = 2O^{2-}$

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$$

В реакциях, протекающих в водных растворах, следует использовать среду (кислую, щелочную, нейтральную). Например, в кислой среде:

$$K_2Cr_2O_7 + KJ + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + J_2 + H_2O + K_2SO_4$$

$$3 \quad 2J^- - 2\bar{e} = J_2$$
$$1 \quad Cr_2O_7^{2-} + 6\bar{e} + 14H^+ = 2Cr^{+3} + 7H_2O$$

Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$$K_2Cr_2O_7 + 6KJ + 7H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3J_2 + 7H_2O + 4K_2SO_4$$

В щелочной среде:

$$KCrO_2 + KClO_4 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KCl + H_2O$$

$$8 \quad CrO_2^- - 3\bar{e} + 4OH^- \rightarrow CrO_4^{2-} + 2H_2O$$
$$3 \quad ClO_4^- + 8\bar{e} + 4H_2O \rightarrow Cl^- + 8OH^-$$

Суммарное молекулярное уравнение реакции

$$8KCrO_2 + 3KClO_4 + 8KOH \rightarrow 8K_2CrO_4 + 3KCl + 4H_2O$$

Среда нейтральная:

$$KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + K_2SO_4 + H_2SO_4$$

$$3 \quad Mn - 2\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4H^+$$
$$2 \quad MnO_4 + 3\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4OH^-$$

$$6H_2O + 4H_2O \rightarrow 12H^+ + OH^-$$

$$2H_2O \rightarrow 4H^+$$

Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$$

Задания 161-180. Составьте электронно-ионные схемы и молекулярные уравнения реакций. Укажите окислитель и восстановитель. Для каждого задания по две реакции (а, б):

161. а) $Na_2SeO_3 + KBrO + H_2O \rightarrow Br_2; SeO_4^{2-}$

б) $HCl + HNO_3 \rightarrow Cl_2; NO$

162. а) $Cr_2(SO_4)_3 + Cl_2 + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

б) $NaNO_2 + KJ + H_2SO_4 \rightarrow NO; J_2$

163. а) $NaCrO_2 + NaClO + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

б) $H_2S + SO_2 \rightarrow S; H_2O$

164. а) $HNO_3 + Ni^0 \rightarrow N_2O; Ni^{2+}$

б) $SO_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBr; H_2SO_4$

165. а) $K_2Cr_2O_7 + Na_3AsO_3 + H_2SO_4 \rightarrow AsO_4^{3-}; Cr^{3+}$

б) $KCrO_2 + Cl_2 + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

166. а) $SO_2 + NaClO_3 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-}; Cl^-$

б) $K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow Cr^{3+}; Cl_2$

167. а) $KMnO_4 + H_2S + H_2SO_4 \rightarrow Mn^{2+}; SO_4^{2-}$

б) $J_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow JO_3^-; Cl^-$

168. $SnCl_2 + KBrO_3 + HCl \rightarrow Sn^{4+}; Br^-$

б) $KClO_3 + KCrO_2 + NaOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

169. $Ni(OH)_2 + NaClO + H_2O \rightarrow Ni(OH)_3; Cl^-$

б) $KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2O \rightarrow MnO_2; SO_4^{2-}$

170. а) $MnSO_4 + PbO_2 + H_2SO_4 \rightarrow Pb^{2+}; MnO_4^-$

б) $FeCl_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe^{+3}; Mn^{+2}$

171. а) $H_3PO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Mn^{+2}; H_3PO_4$

б) $MnO_2 + KClO_2 + KOH \rightarrow MnO_4^{2-}; Cl^-$

172. а) $KMnO_4 + NaNO_2 + H_2O \rightarrow NO_3^-; MnO_2$

б) $S + HNO_3 \rightarrow SO_2; NO$

173. а)$H_2S + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow S; Cr^{+3}$

б) $KNO_3 + Zn + KOH \rightarrow ZnO_2^{2-}; NH_3$

174. а) $Cr_2O_3 + KClO_3 + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

б) $FeCl_2 + HNO_3 + HCl \rightarrow Fe^{+3}; N_2O$

175. а) $KClO_3 + MnO_2 + KOH \rightarrow MnO_4^{2-}; Cl^-$

б) $Na_3AsO_3 + J_2 + H_2O \rightarrow AsO_4^{3-}; J^-$

176. а) $H_2S + HNO_3 \rightarrow SO_4^{2-}; Cl^-$

б) $J_2 + Na_2SO_3 + H_2O \rightarrow J^-; SO_4^{2-}$

177. а) $C + HNO_3 \rightarrow CO_2; NO_2$

б) $H_2S + Cl_2 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-}; Cl^-$

178. а) $SnCl_2 + Na_3AsO_3 + HCl \rightarrow As; Sn^{+4}$

б) $KNO_3 + Zn + NaOH \rightarrow ZnO_2^{2-}; NH_3$

179. а) $Cr_2O_3 + KClO_3 + KOH \rightarrow CrO_4^{2-}; Cl^-$

б) $KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Mn^{+2}; SO_4^{2-}$

180. а) $Mn(NO_3)_2 + NaBiO_3 + HNO_3 \rightarrow Bi^{+3}; MnO_4^-$

б) $H_2S + Br_2 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-}; Br^-$

5.2 Гальванические элементы

Гальваническими элементами называют устройства, в которых энергия окислительно-восстановительных реакций преобразуется в электрическую энергию. В медно-цинковом гальваническом элементе электродвижущая сила (ЭДС) возникает за счёт разности потенциалов меди и цинка, опущенных в растворы своих солей: соответственно $CuSO_4$ и $ZnSO_4$. Если концентрации растворов составляют 1 моль/л, то расчет эдс производят следующим образом. Составляют схему гальванического элемента:

Zn ⎪ZnSO4 ⎪⎪ CuSO4 ⎪Cu

Затем выписывают из таблицы стандартных электродных потенциалов значения потенциалов меди и цинка, соответственно

E^oZn^{2+}/Zn = -0,76 В ()

E^oCu^{2+}/Cu = +0,34 В ()

ЭДС можно рассчитать как разность потенциалов медного и цинкового электродов: ЭДС = E_{ox} - E_{red}. Определяют окислитель и восстановитель, сравнивая значения потенциалов. Потенциал у цинка отрицательнее, следовательно, цинковый электрод будет играть роль восстановителя:

(-) $Zn^0 - 2\bar{e} \rightarrow Zn^{2+}$ процесс окисления

и цинк будет отрицательным полюсом (анодом) в данном гальваническом элементе. Потенциал меди положительнее, поэтому медный электрод будет положительным полюсом (катодом), а процесс будет таким:

(+) $Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu^0$ процесс восстановления.

Направление движения электронов будет от цинка к меди (показано мостиком со стрелкой на электрохимической схеме гальванического элемента. ЭДС = +0,34 – (-0,78) = 1,1 В

Концентрационный гальванический элемент.

В таком элементе оба электрода из одного металла, но растворы солей, в которые погружены электроды, различной концентрации. Поэтому необходимо рассчитать потенциалы по уравнению Нернста:

$$E^p_{оф/вф} = E^0_{оф/вф} + \frac{0.059}{n} \lg \frac{C_{оф}}{C_{вф}}$$ где

оф – окисленная форма элемента в потенциалопределяющей реакции,

вф – восстановленная форма элемента в этой реакции,

С – молярные концентрации соответствующих веществ,

n – количество электронов, перешедших от восстановителя к окислителю.

Пример 1. Рассчитать эдс гальванического элемента, состоящего из никелевых электродов, опущенных в растворы сульфата никеля с концентрацией 10^{-4} моль/л и 1 моль/л соответственно.

Решение:

Схема гальванического элемента:

$Ni \mid NiSO_4$, 0,0001 М $\mid\mid$ $NiSO_4$ 1 М $\mid Ni$

$E^o_{2H^+/H_2} = -0,25$ В

Определяем потенциал никеля по уравнению Нернста:

$E_{Ni2^+/Ni} = E^o_{Ni2^+/Ni} + 0,059/2 \lg C_{Ni2+} = - 0,25 + 0,059/2\lg10^{-4} = - 0,309$ В

Направление движения электронов во внешней цепи от электрода с Е = -0,25 В к электроду с Е = -0,309В.

(-) Ni $|NiSO_4$, 0,0001 M $||$ $NiSO_4$,1 M $|Ni$ (+)

Уравнения электродных процессов:

(-) $Ni^0 - 2\bar{e} \rightarrow Ni^{2+}$ (процесс окисления)

(+) $Ni^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ni^0$ (процесс восстановления)

Значение эдс составляет:

эдс = $E_{ox} - E_{red}$ = -0,25 – (-0,309) = 0,059 В.

Задания к подразделу 5.2

Для предложенных гальванических элементов рассчитайте электродные потенциалы и ЭДС. Если концентрация раствора не указана, потенциал считается стандартным из таблицы 1. Напишите уравнения анодного и катодного процессов, молекулярное уравнение токообразующей реакции, составьте схему и укажите направления движения электронов и ионов.

181	Al $\|Al_2(SO_4)_3$, 0,005 M $\|\|NiSO_4$, 0,01 M $|$ Ni
182	Ni $|NiSO_4$, 0,1 M $\|\|H_2SO_4$ $|H_2$(Pt)
183	Sn $|SnSO_4$ $\|\|Cr_2(SO_4)_3$, 0,05 M $|$Cr
184	(Pt) H_2 $|H_2SO_4$ $\|\|Al_2(SO_4)_3$, 0,005 M $|$Al
185	Cu $|CuSO_4$, 0,1 M $\|\|H_2SO_4|H_2$(Pt)
186	Ag $|AgNO_3$, 0,01 M $\|\|H_2SO_4|H_2$(Pt)
187	Co $|CoSO_4$, 0,01 M $\|\|CoSO_4|$Co
188	Zn $|ZnSO_4$, 0,1 M $\|\|FeSO_4$, 0,01 M $|$Fe
189	Ag $|AgNO_3$, 0,01 M $\|\|Zn(NO_3)_2|$Zn
190	(Pt) H_2 $|H_2SO_4|\|ZnSO_4$, 0,01 M $|$Zn
191	Cd $|Cd(NO_3)_2$, 0,1 M $\|\|Cd(NO_3)_2$, 0,001 M $|$Cd
192	Ni $|NiSO_4$, 0,001 M $\|\|NiSO_4|$Ni
193	Fe $|FeSO_4$ $\|\|FeSO_4$, 0,01 M $|$Fe
194	Cr $|Cr_2(SO_4)_3$, 0,005 M $\|\|ZnSO_4|$Zn
195	Zn $|Zn(NO_3)_2$, 0,001 M $\|\|Zn(NO_3)_2|$Zn

196	Ag | $AgNO_3$ || $Cr(NO_3)_3$, 0,005 M | Cr
197	Cd | $CdCl_2$, 0,1 M || $CuCl_2$, 0,1 M | Cu
198	Ti | $Ti_2(SO_4)_3$, 0,5 M || $CuSO_4$ | Cu
199	Sn | $SnSO_4$, 0,01 M || $Fe_2(SO_4)_3$ | Fe
200	Ag | $AgNO_3$, 0,0001 M || $Pb(NO_3)_2$, 0,1 M | Pb

5.3 Электрохимическая коррозия металлов

Коррозией металлов называют самопроизвольное разрушение металлов под действием различных окислителей из окружающей среды.

Механизм электрохимической коррозии аналогичен механизму процессов в короткозамкнутых гальванических элементах, в которых на участках с более отрицательным потенциалом идёт процесс окисления (разрушения металла), а на участках с более положительным потенциалом процесс восстановления окислителя (коррозионной среды).

Наиболее часто встречаются окислители:

- ионы водорода (коррозия с водородной деполяризацией)

$2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2$ (кислой среде)

$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$ (в нейтральной и щелочной среде)

- молекулы кислорода

$O_2 + 4\bar{e} + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$ (в кислой среде)

$O_2 + 4\bar{e} + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$ (в нейтральной и щелочной среде)

Пример 1. Гальванопара алюминий – железо в воде (среда нейтральная). Учитываем, что в воде есть растворенный кислород.

Схема гальванопары:

Al \| H_2O, O_2 \| Fe

Выписываем потенциалы алюминия и железа из таблицы потенциалов:

$E^o_{Al^{3+}/Al} = -1,88$ В $E^o_{Fe(OH)_2/Fe} = -0,46$ В

восстановитель - Al; окислитель – O_2

4 (-) $Al^0 - 3\bar{e} \rightarrow Al^{3+}$ - процесс окисления

3 (+) $O_2 + 4\bar{e} + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$ - процесс восстановления

$4Al + 3O_2 + 6H_2O = 4Al(OH)_3$

Направление движения электронов от участка с меньшим потенциалом к участку с большим потенциалом. Подвергаться коррозии будет в первую очередь алюминий.

Пример 2. Определить процессы, протекающие при коррозии луженого железа в кислой среде.

Решение:

Схема гальванопары:

Fe $|H^+|$ Sn

Потенциалы: $E^oFe^{2+}/Fe = -0,44$ В, $E^oSn^{2+}/Fe = -0,136$ В, $E^o2H^+/H_2 = 0$ В

Восстановитель – Fe; окислитель - H^+

Fe (-) $Fe^0 - 2\bar{e} \rightarrow Fe^{2+}$ - процесс окисления

Sn (+) $2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2$ - процесс восстановления

$Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2$

Электроны движутся от участка с меньшим потенциалом к участку с большим потенциалом, т.е. от Fe к Sn.

Задания к подразделу 5.3

Рассмотрите коррозию гальванопары, используя потенциалы из таблицы 1, укажите анод и катод соответствующей гальванопары в различной коррозионной среде, напишите уравнения электродных процессов, молекулярное уравнение реакции коррозии, укажите направление перемещения электронов в системе.

Номер задания	Коррозионная среда		
	а) $H_2O + O_2$	б) $NaOH + H_2O$	в) $H_2O + H^+$
201	Fe $|$ Zn	Zn $|$ Al	Pb $|$ Zn
202	Fe $|$ Ni	Fe $|$ Zn	Al $|$ Cu
203	Pb $|$ Fe	Cd $|$ Cr	Al $|$ Ni

204	Cu | Zn	Al | Cu	Sn | Cu
205	Zn | Fe	Fe | Cr	Co | Al
206	Zn | Al	Pb | Zn	Cr | Ni
207	Cr | Cu	Pb | Cr	Bi | Ni
208	Cu | Al	Cr | Zn	Fe | Mg
209	Zn | Sn	Mg | Cd	Cr | Bi
210	Co | Mg	Zn | Fe	Pb | Al
211	Pb | Zn	Bi | Ni	Cd | Al
212	Bi | Ni	Cu | Zn	Fe | Ni
213	Fe | Mg	Co | Sn	Ni | Mn
214	Sn | Fe	Pb | Zn	Cr | Fe
215	Cr | Fe	Fe | Mg	Co | Cu
216	Fe | Cr	Ce | Cu	Fe | Cu
217	Cr | Cu	Cd | Zn	Zn | Cu
218	Cd | Zn	Ce | Ni	Cr | Cd
219	Mg | Cu	Cr | Cd	Zn | Al
220	Sn | Cu	Bi | Ni	Pb | Cr

5.4 Электролиз растворов

Электролизом называется процесс, протекающий на электродах при пропускании через раствор или расплав электролита постоянного электрического тока. Электрод, на котором происходит восстановление, называется катодом. Он соединен с отрицательным полюсом источника постоянного тока. Электрод, на котором происходит окисление, называется анодом. Он соединен с положительным полюсом источника постоянного тока.

При электролизе водных растворов протекают процессы, связанные с электролизом воды.

Катодные процессы

На катоде возможно восстановление

- катионов металла $Me^{n+} + n\bar{e} \rightarrow Me^0$

- катиона водорода (свободного или в составе молекул воды)

$2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2$ (в кислой среде)

$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$ (в нейтральной и щелочной среде)

Для выбора приоритетного процесса необходимо сравнить стандартные электродные потенциалы металла и водорода. Потенциал восстановления водорода следует использовать с учётом его перенапряжения $E^o_{2H_2O/H_2}$ =1,0 В.

Все металлы при электролизе водных растворов можно разделить на 3 группы:

1. активные металлы (Li - Al) на катоде не осаждаются, вместо них идёт восстановление ионов водорода:

$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$

2. металлы средней активности (Mn; Zn; Fe; Sn) могут осаждаться на катоде с одновременным выделением водорода.

3. неактивные металлы (Ag; Cu; Au) из-за высокой окислительной способности их катионов осаждаются на катоде без выделения водорода:

$$Ag^+ + 1\bar{e} \rightarrow Ag^0$$

Анодные процессы

На аноде возможны процессы окисления:

- материала анода: $Me^0 - n\bar{e} \rightarrow Me^{n+}$

- анионов солей: $2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2$

- молекул воды: $2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 4H^+$

Анионы кислородсодержащих кислот, имеющие в своём составе атом элемента в высшей степени окисления (SO_4^{2-}; NO_3^-; PO_4^{3-} и др.) при электролизе на аноде не разряжаются.

С учетом перенапряжения величину потенциала кислорода нужно считать равной +1,8 В.

Пример 1. Электролиз водного раствора сульфата натрия с инертными электродами: $Na_2SO_4 = 2Na^+ + SO_4^{2-}$

(-) катод Na^+; H_2O	(+) анод SO_4^{2-}; H_2O
E^oNa^+/Na = -2,71 В	$E^oO_2/2H_2O$ =1,8 В
E^o2H_2O/H_2 = -1,0 В	
Так как $E^oNa^+/Na < E^o2H_2O/H_2$, то происходит восстановление воды	$2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow O_2 + 4H^+$
$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$	
$Na^+ + OH^- = NaOH$	$2H^+ + SO_4^{2-} = H_2SO_4$
Среда щелочная	Среда кислая

Пример 2. Электролиз водного раствора хлорида олова с инертными электродами

(-) катод Sn; H_2O	(+) анод Cl^-; H_2O
E^oSn^{2+}/Sn = -0,136 В	$E^oCl_2/2Cl^-$ =1,36 В
E^o2H_2O/H_2 = -1,0 В	$E^oO_2/2H_2O$ = 1,8 В
Так как $E^oSn^{2+}/Sn > E^o2H_2O/H_2$ идет процесс восстановления катионов олова	Так как $E^oCl_2/2Cl^- < E^oO_2/2H_2O$, идёт процесс окисления ионов хлора
$Sn^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Sn^0$	$2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2$

Электролиз с растворимым анодом если анод изготовлен из металла, способного растворяться в данном электролите, то происходит окисление металла и анод называют растворимым.

Пример 3. Электролиз водного раствора сульфата меди с медным анодам.

(-) катод Cu; H_2O	(+) анод Cu; SO_4^{2-}; H_2O

$E^oCu^{2+}/Cu = +0,34$ В	$E^oCu^{2+}/Cu = +0,34$ В
$E^o2H_2O/H_2 = -1,0$ В	$E^oO_2/2H_2O = +1,8$ В
Так как $E^oCu^{2+}/Cu > E^o2H_2O/H_2$ идет восстановление катионов меди:	Сульфат–ионы не разряжаются, так как $E^oCu^{2+}/Cu < E^oO_2/2H_2O$
$Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu^0$	Анод растворяется $Cu^0 - 2\bar{e} \rightarrow Cu^{2+}$

Массу вещества, получаемого электролизом, определяют позаконам, открытым М. Фарадеем в 1834 г. Обобщенный закон Фарадея связывает массу вещества, образовавшегося при электролизе, со временем электролиза и силой тока:

$$M = \frac{Мэкв \cdot J \cdot \tau}{F} (г)$$

где m – масса образовавшегося вещества, г;

J – сила тока, А;

τ – время электролиза, с;

F – константа Фарадея (96500 кул/моль)

$M_{экв}$ – молярная масса электрохимических эквивалентов вещества. Рассчитывается как частное от деления молярной массы вещества на число электронов, перемещаемых при окислении или восстановлении.

Пример 1. Ток силой 2, 5А, проходя через раствор электролита, за 30 мин выделяет из раствора 2,77 г металла. Найти молярную массу эквивалентов металла.

Решение:

Из закона Фарадея:

$$M_{экв} = \frac{m \cdot F}{J \cdot t} = \frac{2,77 \cdot 96500}{2,5 \cdot 1800} = 59,4 \text{ г/моль.}$$

Задания к подразделу 5.4

Рассмотрите катодные и анодные процессы при электролизе водных растворов указанных веществ. Процессы на электродах обоснуйте значениями потенциалов (таблица 1). Составьте схемы электролиза с инертными электродами водных растворов предложенных соединений (отдельно два раствора). С инертными электродами, или растворимым анодом. Рассчитайте массу или объём (при н.у. для газов) продуктов, выделяющихся на электродах при пропускании через раствор в течении 1 часа тока силой 1А.

221	LiBr; $CoSO_4$	231	NaCl; $Al_2(SO_4)_3$
222	K_3PO_4; $Pb(NO_3)_2$	232	$Co(NO_3)_2$; KJ
223	$Ba(NO_3)_2$; $Sn(NO_3)_2$	233	$NiSO_4$; $NaNO_2$
224	$Cr(NO_3)_3$; $CuCl_2$ (Cu -)	234	$FeBr_2$; NaOH
225	$Ca(NO_3)_2$; $NiSO_4$	235	$ZnCl_2$; $CoBr_2$
226	K_2CO_3; $NiBr_2$ (Ni -)	236	$NiSO_4$; $MgCl_2$
227	$CoCl_2$; HNO_3	237	$MgCl_2$; $AgNO_3$ (Ag -)
228	$AgNO_3$; $Al_2(SO_4)_3$	238	$Ba(NO_3)_2$; Na_2CO_3
229	$BaCl_2$; H_2SO_4	239	$NaNO_3$; $NiCl_2$
230	$Pb(NO_3)_2$; H_2SO_4	240	KOH; $ZnSO_4$

6. Варианты заданий

Номер варианта – последние две цифры зачётной книжки

Номер варианта	Номера заданий
01	1, 21, 41, 61, 81, 101, 121, 141, 161, 181, 201, 221

02	2, 22, 42, 62, 82, 102, 122, 142, 162, 182, 202, 222
03	3, 23, 43, 63, 83, 103, 123, 143, 163, 183, 203, 223
04	4, 24, 44, 64, 84, 104, 124, 144, 164, 184, 204, 224
05	5, 25, 45, 65, 85, 105, 125, 145, 165, 185, 205, 225
06	6, 26, 46, 66, 86, 106, 126, 146, 166, 186, 206, 226
07	7, 27, 47, 67, 87, 107, 127, 147, 167, 187, 207, 227
08	8, 28, 48, 68, 88, 108, 128, 148, 168, 188, 208, 228
09	9, 29, 49, 69, 89, 109, 129, 149, 169, 189, 209, 229
10	10, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 170, 190, 210, 230
11	11, 31, 51, 71, 91, 111, 131, 151, 171, 191, 211, 231
12	12, 32, 52, 72, 92, 112, 132, 152, 172, 192, 212, 232
13	13, 33, 53, 73, 93, 113, 133, 153, 173, 193, 213, 233
14	14, 34, 54, 74, 94, 114, 134, 154, 174, 194, 214, 234
15	15, 35, 55, 75, 95, 115, 135, 155, 175, 195, 215, 235
16	16, 36, 56, 76, 96, 116, 136, 156, 176, 196, 216, 236
17	17, 37, 57, 77, 97, 117, 137, 157, 177, 197, 217, 237
18	18, 38, 58, 78, 98, 118, 138, 158, 178, 198, 218, 238
19	19, 39, 59, 79, 99, 119, 139, 159, 179, 199, 219, 239
20	20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240
21	1, 25, 44, 63, 85, 107, 132, 151, 172, 193, 211, 231
22	2, 22, 46, 61, 82, 105, 134, 152, 173, 194, 208, 222
23	3, 21, 41, 67, 84, 108, 127, 148, 169, 185, 207, 234
24	4, 27, 42, 63, 83, 103, 131, 146, 165, 192, 205, 231
25	5, 26, 47, 65, 87, 106, 129, 141, 172, 189, 212, 238
26	6, 21, 43, 64, 89, 107, 122, 151, 169, 191, 209, 227
27	7, 25, 49, 65, 86, 103, 125, 145, 162, 189, 212, 235
28	8, 23, 47, 62, 83, 106, 124, 141, 162, 187, 207, 224
29	9, 21, 42, 67, 85, 108, 125, 142, 163, 186, 208, 229
30	10, 22, 47, 61, 79, 111, 126, 143, 171, 193, 209, 238

31	11, 27, 41, 68, 81, 107, 125, 152, 175, 198, 209, 238
32	12, 24, 55, 73, 82, 112, 131, 147, 168, 191, 213, 235
33	13, 34, 56, 765, 91, 102, 126, 148, 170, 189, 204, 227
34	14, 25, 44, 67, 87, 105, 134, 151, 169, 192, 207, 228
35	15, 31, 47, 75, 95, 117, 137, 150, 173, 189, 212, 234
36	16, 29, 41, 74, 93, 112, 134, 152, 171, 188, 211, 233
37	17, 32, 43, 78,, 91, 101, 135, 153,172, 193, 210, 240
38	18, 21, 42, 67, 85, 102, 126, 142, 164, 187, 208, 231
39	19, 39, 45, 68, 84, 111, 127, 141, 163, 192, 207, 230
40	20, 38, 44, 67, 88, 110, 131, 142, 161, 189, 211, 226
41	11, 29, 40, 61, 90, 105, 128, 154, 168, 190, 209, 222
42	12, 22, 45, 62, 92, 107, 130, 153, 167, 191, 210, 223
43	13, 27, 46, 63, 93, 108, 131, 154, 162, 190, 205, 229
44	14, 30, 43, 62, 94, 109, 132, 149, 170, 187, 212, 235
45	15, 31, 47, 69, 87, 103, 133, 148, 169, 191, 211, 226
46	16, 22, 48, 68, 86, 102, 132, 147, 168, 190, 204, 231
47	17, 23, 42, 67,85, 115, 135, 151,161, 191, 205, 228
48	18, 32, 55, 71, 91, 107, 134, 150, 167, 192, 206, 229
49	19, 31, 54, 72, 92, 108, 129, 149, 172, 189, 210, 227
50	10, 23, 47, 62, 93, 112, 136, 153, 171, 187, 208, 221
51	11, 24, 48, 61, 87, 113, 131, 152, 167, 191, 212, 234
52	12, 25, 41, 62, 88, 110, 130, 156, 168, 192, 206, 231
53	13, 26, 42, 63, 89, 111, 131, 149, 161, 190, 209, 238
54	14, 32, 49, 71, 87, 109, 132, 148, 170, 183, 205, 229
55	15, 33, 43, 70, 35, 108, 133, 151, 163, 184, 204, 240
56	16, 31, 48, 69, 84, 107, 135, 149, 161, 187, 202, 224
57	17, 28, 42, 61, 35, 104, 129, 148,164, 189, 209, 222
58	18, 21, 42, 67, 85, 102, 126, 142, 164, 187, 208, 231
59	19, 29, 44, 62, 84, 105, 128, 147, 163, 185, 210, 223

60	20, 32, 47, 68, 83, 109, 130, 152, 164, 187, 206, 225
61	1, 31, 56, 78, 97, 117, 136, 156, 176, 195, 210, 234
62	2, 29, 54, 76, 96, 112, 135, 154, 174, 198, 209, 233
63	3,28, 53, 75, 94, 111, 134, 153, 173, 194, 208, 231
64	4, 26, 51, 74, 93, 115, 132, 151, 172, 193, 207, 230
65	5, 24, 55, 71, 92, 114, 134, 152, 171, 189, 204, 222
66	6, 27, 51, 72, 91, 109, 140, 155, 165, 191, 205, 235
67	7, 23, 44, 63, 85, 106, 139, 150,171, 192, 201, 226
68	8, 34, 47, 62, 87, 104, 136, 156, 164, 189, 219, 227
69	9, 29, 41, 61, 89, 108, 136, 156, 161, 187, 218, 231
70	10, 21, 49, 67, 86, 105, 128, 147, 162, 188, 217, 236
71	11, 22, 48, 69, 88, 110, 129, 148, 169, 185, 212, 235
72	12, 32, 52, 64, 84, 112, 127, 151, 168, 186, 211, 232
73	13, 29, 53, 75, 95, 116, 135, 154, 175, 193, 210, 234
74	14, 28, 54, 77, 99, 115, 136, 153, 176, 194, 209, 233
75	15, 37, 51, 76, 98, 114, 134, 151, 168, 191, 208, 231
76	16, 36, 52, 71, 91, 112, 133, 152, 167, 192, 207, 229
77	17, 31, 48, 70,, 92, 110, 130, 156,174, 199, 206, 228
78	18, 30, 47, 72, 93, 112, 131, 155, 175, 198, 205, 230
79	19, 32, 46, 75, 95, 110, 128, 154, 176, 197, 204, 223
80	20, 33, 44, 78, 91, 111, 125, 153, 171, 196, 205, 224
81	11, 34, 41, 79, 90, 117, 126, 149, 170, 190, 206, 225
82	12, 29, 51, 78, 94, 106, 130, 147, 173, 189, 204, 226
83	13, 26, 49, 77, 95, 108, 131, 146, 174, 191, 212, 230
84	14, 28, 47, 74, 93, 107, 129, 145, 175, 195, 215, 235
85	15, 27, 52, 69, 86, 104, 136, 154, 161, 188, 207, 236
86	16, 30, 51, 68, 85, 105, 134, 156, 174, 189, 208, 237
87	17, 29, 44, 61,, 89, 106, 135, 147,176, 191, 210, 223
88	18, 31, 47, 62, 91, 110, 132, 152, 175, 192, 209, 224

89	19, 32, 48, 63, 90, 109, 128, 156, 168, 194, 211, 240
90	20, 34, 49, 67, 91, 112, 129, 153, 169, 199, 210, 239
91	11, 35, 47, 71, 88, 107, 127, 156, 171, 189, 207, 225
92	11, 36, 48, 72, 87, 106, 126, 155, 172, 188, 206, 226
93	13, 29, 47, 73, 89, 108, 129, 158, 176, 187, 212, 227
94	14, 33, 44, 78, 90, 105, 128, 157, 173, 186, 211, 226
95	15, 31, 43, 77, 89, 104, 127, 156, 173, 194, 211, 222
96	16, 30, 51, 76, 88, 105, 123, 155, 174, 195, 210, 232
97	17, 28, 48, 72, 86, 103, 128, 151, 175, 187, 211, 235
98	18, 27, 47, 73, 85, 102, 127, 149, 172, 186, 210, 228
99	19, 26, 42, 71, 81, 109, 125, 152, 171, 189, 209, 235
00	20, 24, 41, 75, 82, 110, 121, 148, 169, 190, 208, 227

Список литературы

1. Глинка Н.Л. Общая химия.:Учебник/под.рел. В.А.Попкова, А.В.Бабкова.-18-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011,886с

2. Коровин Н.В. Общая химия Учебник/ 13-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательский центр "Академия" 2011 .-496с
3, Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. Учебное пособие/ Изд.стер.- М.: КНОРУС. 2011. 240с.
4. Попова М.Н., Ишметова Р.И. Общая химия. Учебное пособие по самостоятельной работе для студентов заочного обучения всех специальностей. Издание УГГУ, Екатеринбург, 2010.-43 с.
5. Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.В. Начала химии: учебник – М.: Экзамен, 2004.-720 с.

8. Приложения

Таблица 1

СТАНДАРТНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

Элемент	Реакция	E^0
Ag	α -$Ag_2S + 2\bar{e} = 2Ag + S^{2-}$	-0,70
	$Ag(CN)_2^- + \bar{e} = Ag + 2CN^-$	-0,29
	$AgI + \bar{e} = Ag + I^-$	-0,152
	$AgCN + \bar{e} = Ag + CN^-$	-0,04
	$Ag(S_2O_3)_2^{3-} + \bar{e} = Ag + 2S_2O_3^{2-}$	0,01
	$AgBr + \bar{e} = Ag + Br^-$	0,071
	$AgCl + \bar{e} = Ag + Cl^-$	0,222
	$Ag_2O + H_2O + 2\bar{e} = 2Ag + 2OH^-$	0,344
	$Ag(NH_3)_2^+ + \bar{e} = Ag + 2NH_3$	0,373
	$Ag_2CrO_4 + 2\bar{e} = 2Ag + CrO_4^{2-}$	0,446
	$Ag_2C_2O_4 + 2\bar{e} = 2Ag + C_2O_4^{2-}$	0,472
	$AgBrO_3 + \bar{e} = Ag + BrO_3^-$	0,55
	$2AgO + H_2O + 2\bar{e} = Ag_2O + 2OH^-$	0,60
	$Ag^+ + \bar{e} = Ag$	0,799
	$Ag_2O + 2H^+ + 2\bar{e} = 2Ag + H_2O$	1,173
	$2AgO + 2H^+ + 2\bar{e} = Ag_2O + H_2O$	1,398
Al	$AlO_2^- + 2H_2O + 3\bar{e} = Al + 4OH^-$	-2,35
	$Al(OH)_3 + 3\bar{e} = Al + 3OH^-$	-2,31
	$AlF_6^{3-} + 3\bar{e} = Al + 6F^-$	-2,07
	$Al^{3+} + 3e = Al$	-1,663
	$Al(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Al + 3H_2O$	-1,471
	$AlO_2^- + 4H^+ + 3e = Al + 2H_2O$	-1,262
As	$As + 3H^+ + 3e = AsH_3$	-0,60
	$HAsO_2 + 3H^+ + 3e = As + 2H_2O$	0,248
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = HAsO_2 + 2H_2O$	0,559
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = H_3AsO_3 + H_2O$	0,58
Au	$Au(CN)_2 + e = Au + 2CN^-$	-0,61
	$AuBr_4^- + 2e = AuBr_2^- + 2Br^-$	0,802
	$AuCl_4^- + 2e = AuCl_2^- + 2\,Cl^-$	0,926
	$AuBr_2^- + e = Au + 2Br^-$	0,959
	$AuCl_2^- + 2e = Au + 2Cl^-$	1,15
	$Au^{3+} + 2e = Au^+$	1,401
	$Au^{3+} + 3e = Au$	1,498
	$Au^+ + 3e = Au$	1,692
B	$BF_4^- + 3e = B + 4F^-$	-1,04

	$H_3BO_3 + 3H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,869
	$BO_3^{3-} + 6H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,165
Ba	$Ba^{2+} + 2e = Ba$	-2,905
Be	$Be^{2+} + 2e = Be$	-1,847
	$Be(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-1,820
	$BeO_2^{2-} + 4H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-0,909
Bi	$Bi_2O_3 + 3H_2O + 6e = 2Bi + 6OH^-$	-0,46
	$BiOCl + 2H^+ + 3e = Bi + Cl^- + H_2O$	0,16
	$Bi^{3+} + 3e = Bi$	0,215
	$BiO^+ + 2H^+ + 3e = Bi + H_2O$	0,32
	$Bi_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Bi + 3H_2O$	0,371
	$NaBiO_3$(т) $+ 6H^+ + 2e = Bi^{3+} + Na^+ + 3H_2O$	1,6 - 1,808
Br	$2BrO^- + 2H_2O + 2e = Br_2 + 4OH^-$	0,45
	$2BrO_3^- + 6H_2O + 10e = Br_2 + 12OH^-$	0,50
	$BrO_3^- + 2H_2O + 4e = BrO^- + 4OH^-$	0,54
	$BrO_3^- + 3H_2O + 6e = Br^- + 6OH^-$	0,61
	$BrO^- + H_2O + 2e = Br^- + 2OH^-$	0,76
	$Br_3^- + 2e = 3Br^-$	1,05
	Br_2(ж) $+ 2e = 2Br^-$	1,065
	$BrO_3^- + 6H^+ + 6e = Br^- + 3H_2O$	1,44
	$2BrO_3^- + 12H^+ + 10e = Br_2 + 6H_2O$	1,52
	$2HBrO + 2H^+ + 2e = Br_2 + 2H_2O$	1,59
C	$HCOO^- + 2H_2O + 2e = HCHO + 3OH^-$	-1,07
	$2CO_2 + 2H^+ + 2e = H_2C_2O_4$	-0,49
	$CO_2 + 2H^+ + 2e = HCOOH$	-0,20
	C(графит) $+ 4H^+ + 4e = CH_4$	-0,132
	$CO_2 + 2H^+ + 2e = CO + H_2O$	-0,12
	$HCOOH + 2H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	-0,01
	$HCOOH + 4H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,145
	$HCOO^- + 3H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	0,167
	$CH_3CHO + 2H^+ + 2e = C_2H_5OH$	0,19
	$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = HCHO + 2H_2O$	0,197
	$HCOO^- + 5H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,199
	$CO_3^{2-} + 8H^+ + 6e = CH_3OH + 2H_2O$	0,209
	$CO_3^{2-} + 3H^+ + 2e = HCOO^- + H_2O$	0,227
	$HCHO + 2H^+ + 2e = CH_3OH$	0,232
	$2CO_3^{2-} + 4H^+ + 2e = C_2O_4^{2-} + 2H_2O$	0,441
	$C_2H_5OH + 2H^+ + 2e = C_2H_6 + H_2O$	0,46
	$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e =$ C(графит) $+ 3H_2O$	0,475

	$CO + 6H^+ + 6e = CH_4 + H_2O$	0,497
	$CH_3OH + 2H^+ + 2e = CH_4 + H_2O$	0,59
Ca	$Ca^{2+} + 2e = Ca$	-2,866
Cd	$CdS + 2e = Cd + S^{2-}$	-1,175
	$Cd(CN)_4^{2-} + 2e = Cd + 4CN^-$	-1,09
	$Cd(OH)_2 + 2e = Cd + 2OH^-$	-0,81
	$Cd(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cd + 4NH_3$	-0,61
	$Cd^{2+} + 2e = Cd$	-0,403
	$Cd(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cd + 2H_2O$	0,005
	$CdO + 2H^+ + 2e = Cd + H_2O$	0,063
Ce	$Ce^{3+} + 3e = Ce$	-2,48
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M H_2SO_4)	1,44
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M HNO_3)	1,61
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M $HClO_4$)	1,70
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$	1,77
Cl	$ClO_4^- + H_2O + 2e = ClO_3^- + 2OH^-$	0,36
	$2ClO^- + 2H_2O + 2e = Cl_2 + 4OH^-$	0,40
	$ClO_4^- + H_2O + 8e = Cl^- + 8OH^-$	0,56
	$ClO_3^- + 3H_2O + 6e = Cl^- + 6OH^-$	0,63
	$ClO_2 + 2H_2O + 5e = Cl^- + 4OH^-$	0,85
	$ClO^- + H_2O + 2e = Cl^- + 2OH^-$	0,88
	$ClO_3^- + 2H^+ + e = ClO_2 + H_2O$	1,15
	$ClO_4^- + 2H^+ + 2e = ClO_3^- + H_2O$	1,189
	$ClO_2 + 4H^+ + 4e = 2HCl + H_2O$	1,351
	$Cl_2 + 2e = 2Cl^-$	1,3595
	$ClO_4^- + 8H^+ + 8e = Cl^- + 4H_2O$	1,38
	$2ClO_4^- + 16H^+ + 14e = Cl_2 + 8H_2O$	1,39
	$ClO_2 + 5H^+ + 5e = HCl + 2H_2O$	1,436
	$ClO_3^- + 6H^+ + 6e = Cl^- + 3H_2O$	1,451
	$2ClO_3^- + 12H^+ + 10e = Cl_2 + 6H_2O$	1,47
	$HClO + H^+ + 2e = Cl^- + H_2O$	1,494
	$ClO_2 + 4H^+ + 5e = Cl^- + 2H_2O$	1,51
	$2ClO_2 + 8H^+ + 8e = Cl_2 + 4H_2O$	1,549
	$HClO_2 + 3H^+ + 4e = Cl^- + 2H_2O$	1,57
	$2HClO + 2H^+ + 2e = Cl_2 + 2H_2O$	1,63
	$2HClO_2 + 6H^+ + 6e = Cl_2 + 4H_2O$	1,64
Co	β -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-1,07
	α -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-0,90
	$Co(CN)_6^{3-} + e = Co(CN)_6^{4-}$	-0,84

	$Co(OH)_2 + 2e = Co + 2OH^-$	-0,73
	$CoCO_3 + 2e = Co + CO_3^{2-}$	-0,64
	$Co(NH_3)_6^{2+} + 2e = Co + 6NH_3$	-0,42
	$Co^{2+} + 2e = Co$	-0,277
	$Co(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Co + 2H_2O$	0,095
	$Co(NH_3)_6^{3+} + e = Co(NH_3)_6^{2+}$	0,1
	$CoO + 2H^+ + 2e = Co + H_2O$	0,166
	$Co(OH)_3 + e = Co(OH)_2 + OH^-$	0,17
	$Co^{3+} + 3e = Co$	0,33
	$Co^{3+} + e = Co^{2+}$	1,38 - 1,842
Cr	$Cr(OH)_2 + 2e = Cr + 2OH^-$	-1,4
	$Cr(OH)_3 + 3e = Cr + 3OH^-$	-1,3
	$CrO_2^- + 2H_2O + 3e = Cr + 4OH^-$	-1,2
	$Cr^{2+} + 2e = Cr$	-0,913
	$Cr^{3+} + 3e = Cr$	-0,744
	$Cr(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Cr + 3H_2O$	-0,654
	$Cr^{3+} + e = Cr^{2+}$	-0,407
	$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e = Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0,13
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 12e = 2Cr + 7H_2O$	0,294
	$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Cr + 4H_2O$	0,366
	$CrO_4^{2-} + 4H^+ + 3e = CrO_2^- + 2H_2O$	0,945
	$CrO_2^- + 4H^+ + e = Cr^{2+} + 2H_2O$	1,188
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1,333
	$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 3e = Cr^{3+} + 4H_2O$	1,477
Cs	$Cs^+ + e = Cs$	-2,923
Cu	$Cu_2S + 2e = 2Cu + S^{2-}$	-0,89
	$CuS + 2e = Cu + S^{2-}$	-0,71
	$Cu(CN)_2^- + e = Cu + 2CN^-$	-0,43
	$Cu_2O + H_2O + 2e = 2Cu + 2OH^-$	-0,36
	$Cu(OH)_2 + 2e = Cu + 2OH^-$	-0,22
	$CuI + e = Cu + I^-$	-0,185
	$Cu(NH_3)_2^+ + e = Cu + 2NH_3$	-0,12
	$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu + 4NH_3$	-0,07
	$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu(NH_3)_2^+ + 2NH_3$	-0,01
	$CuI_2^- + e = Cu + 2I^-$	0,00
	$CuBr + e = Cu + Br^-$	0,03
	$CuCl + e = Cu + Cl^-$	0,137
	$Cu^{2+} + e = Cu^+$	0,153
	$CuCl_2^- + e = Cu + 2Cl^-$	0,177

	$2Cu^{2+} + H_2O + 2e = Cu_2O + 2H^+$	0,203
	$Cu^{2+} + 2e = Cu$	0,345
	$Cu^{2+} + 2Cl^- + e = CuCl_2^-$	0,463
	$Cu^+ + e = Cu$	0,520
	$Cu^{2+} + Cl^- + e = CuCl$	0,538
	$CuO + 2H^+ + 2e = Cu + H_2O$	0,570
	$Cu(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cu + 2H_2O$	0,609
	$Cu^{2+} + Br^- + e = CuBr$	0,640
	$2CuO + 2H^+ + 2e = Cu_2O + H_2O$	0,669
	$Cu^{2+} + I^- + e = CuI$	0,86
	$Cu^{2+} + 2CN^- + e = Cu(CN)_2$	1,12
Dy	$Dy^{3+} + 3e = Dy$	-2,353
Eu	$Eu^{2+} + 2e = Eu$	-3,395
	$Eu^{3+} + e = Eu^{2+}$	-0,429
F	$F_2O + 2H^+ + 4e = 2F^- + H_2O$	2,1
	$F_2 + 2e = 2F^-$	2,87
Fe	$FeS + 2e = Fe + S^{2-}$	-0,95
	$Fe(OH)_2 + 2e = Fe + 2OH^-$	-0,877
	$FeCO_3 + 2e = Fe + CO_3^{2-}$	-0,756
	$Fe(OH)_3 + e = Fe(OH)_2 + OH^-$	-0,56
	$Fe^{2+} + 2e = Fe$	-0,440
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 8e = 3Fe + 4H_2O$	-0,085
	$Fe_2O_3 + H_2O + 2H^+ + 2e = 2Fe(OH)_2$	-0,057
	$Fe_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Fe + 3H_2O$	-0,051
	$Fe(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Fe + 2H_2O$	-0,047
	$Fe^{3+} + 3e = Fe$	-0,037
	$Fe(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Fe + 3H_2O$	0,059
	$Fe(OH)_3 + H^+ + e = Fe(OH)_2 + H_2O$	0,271
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$	0,356
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M H_2SO_4)	0,68
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M HCl)	0,70
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$ (1M HCl)	0,71
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$	0,771
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 2e = 3Fe^{2+} + 4H_2O$	0,980
Ga	$Ga^{3+} + 3e = Ga$	-0,53
Gd	$Gd^{3+} + 3e = Gd$	-2,397
Ge	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 2e = Ge^{2+} + 3H_2O$	-0,363
	$GeO_2 + 4H^+ + 4e = Ge + 2H_2O$	-0,15
	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 4e = Ge + 3H_2O$	-0,13

	$Ge^{2+} + 2e = Ge$	0,000
H	$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$	-0,828
	$2H^+ + 2e = H_2$	0,0000
	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776
Hf	$Hf^{4+} + 4e = Hf$	-1,70
	$HfO_2 + 4H^+ + 4e = Hf + 2H_2O$	-1,57
Hg	$HgS + 2e = Hg + S^{2-}$	-0,69
	$Hg(CN)_4^{2-} + 2e = Hg + 4CN^-$	-0,37
	$Hg_2I_2 + 2e = 2Hg + 2I^-$	-0,041
	$HgI_4^{2-} + 2e = Hg + 4I^-$	-0,04
	$HgO(красная) + H_2O + 2e = Hg + 2OH^-$	0,098
	$Hg_2Br_2 + 2e = 2Hg + 2Br^-$	0,140
	$HgBr_4^{2-} + 2e = Hg + 4Br^-$	0,21
	$Hg_2Cl_2 + 2K^+ + 2e = 2Hg + 2KCl (тв)$	0,2415
	$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$	0,268
	$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^- (1M KCl)$	0,28
	$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^- (0,1M KCl)$	0,334
	$HgCl_4^{2-} + 2e = Hg + 4Cl^-$	0,48
	$Hg_2SO_4 + 2e = 2Hg + SO_4^{2-}$	0,6151
	$Hg_2^{2+} + 2e = 2Hg$	0,788
	$Hg^{2+} + 2e = Hg$	0,850
	$2Hg^{2+} + 2e = Hg_2^{2+}$	0,920
	$HgO + 2H^+ + 2e = Hg + H_2O$	0,926
Ho	$Ho^{3+} + 3e = Ho$	-2,319
I	$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,14
	$2IO_3^- + 6H_2O + 10e = I_2 + 12OH^-$	0,21
	$IO_3^- + 3H_2O + 6e = I^- + 6OH^-$	0,25
	$2IO^- + H_2O + 2e = I_2 + 4OH^-$	0,45
	$IO^- + H_2O + 2e = I^- + 2OH^-$	0,49
	$I_2 + 2e = 2I^-$	0,536
	$I_3^- + 2e = 3I^-$	0,545
	$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,56
	$HIO + H^+ + 2e = I^- + H_2O$	0,99
	$2ICl_2^- + 2e = I_2 + 4Cl^-$	1,06
	$IO_3^- + 6H^+ + 6e = I^- + 3H_2O$	1,085
	$IO_3^- + 5H^+ + 4e = HIO + 2H_2O$	1,14
	$2IO_3^- + 12H^+ + 10e = I_2 + 6H_2O$	1,19
	$2HIO + 2H^+ + 2e = I_2 + 2H_2O$	1,45
	$H_5IO_6 + H^+ + 2e = IO_3^- + 3H_2O$	1,60

Ir	$IrO_2 + 4H^+ + 4e = Ir + H_2O$	0,93
	$Ir^{3+} + 3e = Ir$	1,15
K	$K^+ + e = K$	-2,924
La	$La^{3+} + 3e = La$	-2,522
Li	$Li^+ + e = Li$	-3,045
Mg	$Mg(OH)_2 + 2e = Mg + 2OH^-$	-2,69
	$Mg^{2+} + 2e = Mg$	-2,363
	$Mg(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mg + 2H_2O$	-1,862
Mn	$MnCO_3 + 2e = Mn + CO_3^{2-}$	-1,48
	$Mn^{2+} + 2e = Mn$	-1,18
	$Mn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mn + 2H_2O$	-0,727
	$MnO_4^- + e = MnO_4^{2-}$	0,564
	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^-$	0,60
	$MnO_2 + 4H^+ + 2e = Mn^{2+} + 2H_2O$	1,228
	$Mn_2O_3 + 6H^+ + 2e = 2Mn^{2+} + 3H_2O$	1,443
	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$	1,507
	$Mn^{3+} + e = Mn^{2+}$ (8M H_2SO_4)	1,509
	$MnO_4^- + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$	1,692
	$MnO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MnO_2 + 2H_2O$	2,257
Mo	$H_2MoO_4 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	-1,091
	$MoO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = Mo + 8OH^-$	-1,05
	$Mo^{3+} + 3e = Mo$	-0,200
	$MoO_2 + 4H^+ + 4e = Mo + 2H_2O$	-0,072
	$MoO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Mo + 4H_2O$	0,154
	$MoO_3 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + H_2O$	0,320
	$MoO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	0,606

Элемент	Реакция	E^0
N	$3N_2 + 2\bar{e} = 2N_3^-$	-3,4
	$3N_2 + 2H^+ + 2\bar{e} = 2HN_3$	-3,1
	$N_2 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_2OH + 2OH^-$	-3,04
	$N_2 + 4H_2O + 4\bar{e} = N_2H_4 + 4OH^-$	-1,16
	$N_2 + 8H_2O + 6\bar{e} = 2NH_4OH + 6OH^-$	-0,74
	$NO_2^- + H_2O + \bar{e} = NO + 2OH^-$	-0,46
	$NO_2^- + 6H_2O + 6\bar{e} = NH_4OH + 7OH^-$	-0,15
	$NO_3^- + 2H_2O + 3\bar{e} = NO + 4OH^-$	-0,14
	$NO_3^- + 7H_2O + 8\bar{e} = NH_4OH + 9OH^-$	-0,12

	$NO_3^- + H_2O + 2\bar{e} = NO_2^- + 2OH^-$	0,01
	$N_2 + 6H^+ + 6\bar{e} = 2NH_3$	0,057
	$N_2H_4 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_4OH + 2OH^-$	0,1
	$N_2 + 8H^+ + 6\bar{e} = 2NH_4^+$	0,275
	$2NO_2^- + 4H_2O + 6\bar{e} = N_2 + 8OH^-$	0,41
	$NH_2OH + 2H_2O + 2\bar{e} = NH_4OH^- + 2OH^-$	0,42
	$2NO_2 + 4H_2O + 8e = N_2 + 8OH^-$	0,53
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,78
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,80
	$2NO + 2H_2O + 4e = N_2 + 4OH^-$	0,85
	$HNO_2 + 7H^+ + 6e = NH_4^+ + 2H_2O$	0,864
	$NO_3^- + 10H^+ + 8e = NH_4^+ + 3H_2O$	0,87
	$2NO_2 + 2e = 2NO_2^-$	0,88
	$N_2O + H_2O + 2e = N_2 + 2OH^-$	0,94
	$NO_3^- + 3H^+ + 2e = HNO_2 + 2H_2O$	0,94
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,957
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,96
	$HNO_2 + H^+ + e = NO + H_2O$	1,00
	$NO_2 + 2H^+ + 2e = NO + H_2O$	1,03
	$NO_2 + H^+ + e = HNO_2$	1,09
	$2NO_3^- + 10H^+ + 8e = N_2O + 5H_2O$	1,116
	$2NO_3^- + 12H^+ + 10e = N_2 + 6H_2O$	1,246
	$2HNO_2 + 4H^+ + 4e = N_2O + 3H_2O$	1,297
	$2NO_2 + 8H^+ + 8e = N_2 + 4H_2O$	1,36
	$2HNO_2 + 6H^+ + 6e = N_2 + 4H_2O$	1,45
	$2NO + 4H^+ + 4e = N_2 + 2H_2O$	1,678
	$N_2O + 2H^+ + 2e = N_2 + H_2O$	1,766
Na	$Na^+ + e = Na$	-2,714
Nd	$Nd^{3+} + 3e = Nd$	-2,431
Ni	γ-$NiS + 2e = Ni + S^{2-}$	-1,04
	α-$NiS + 2e = Ni + S^{2-}$	-0,83
	$Ni(OH)_2 + 2e = Ni + 2OH^-$	-0,72
	$Ni(NH_3)_6^{2+} + 2e = Ni + 6NH_3$	-0,49
	$NiCO_3 + 2e = Ni + CO_3^{2-}$	-0,45
	$Ni^{2+} + 2e = Ni$	-0,25
	$Ni(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Ni + 2H_2O$	0,110
	$NiO + 2H^+ + 2e = Ni + H_2O$	0,116
	$NiO_2 + 4H^+ + 2e = Ni^{2+} + 2H_2O$	1,68

Np	$Np^{3+} + 3e = Np$	-1,856
	$Np^{4+} + e = Np^{3+}$	0,152
	$NpO_2^+ + 4H^+ + 2e = Np^{3+} + 2H_2O$	0,451
	$NpO_2^+ + e = NpO_2$	0,564
	$NpO_2^{2+} + e = NpO_2^+$	1,149
	$Np_2O_5 + 2H^+ + 2e = 2NpO_2 + H_2O$	1,253
O	$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$	0,401
	$O_2 + 2H^+ + 2e = H_2O_2$	0,682
	$H_2O_2 + 2e = 3OH^-$	0,88
	$O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O$	1,229
	$O_3 + H_2O + 3e = O_2 + 2OH^-$	1,24
	$O_3 + 6H^+ + 6e = 3H_2O$	1,511
	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776
	$O_3 + 2H^+ + 2e = O_2 + H_2O$	2,07
Os	$OsO_2 + 2H_2O + 4e = Os + 4OH^-$	-0,15
	$OsCl_6^{3-} + e = Os^{2+} + 6Cl^-$	0,4
	$OsO_4 + 8H^+ + 8e = Os + 4H_2O$	0,85
	$OsCl_6^{2-} + e = OsCl_6^{3-}$	0,85
	$Os^{2+} + 2e = Os$	0,85
	$OsO_4 + 4H^+ + 4e = OsO_2 + 2H_2O$	0,96
P	$H_2PO_2^- + e = P + 2OH^-$	-2,05
	$HPO_3^{2-} + 2H_2O + 2e = H_2PO_2^- + 3OH^-$	-1,57
	$PO_4^{3-} + 2H_2O + 2e = HPO_3^{2-} + 3OH^-$	-1,12
	$2H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_4P_2O_6 + 2H_2O$	-0,94
	$P + 3H_2O + 3e = PH_3 + 3OH^-$	-0,89
	$H_3PO_2 + H^+ + e = P + 2H_2O$	-0,51
	$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(белый) + 3H_2O$	-0,502
	$H_3PO_3 + 3H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(красный) + 3H_2O$	-0,454
	$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(белый) + 4H_2O$	-0,411
	$H_3PO_4 + 4H^+ + 4e = H_3PO_2 + 2H_2O$	-0,39
	$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(красный) + 4H_2O$	-0,383
	$H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_3PO_3 + H_2O$	-0,276
	$H_3PO_3 + 2H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$P + 3H^+ + 3e = PH_3$	0,06
	$H_4P_2O_6 + 2H^+ + 2e = 2H_3PO_3$	0,38
Pb	$PbS + 2e = Pb + S^{2-}$	-0,93
	$PbO + H_2O + 2e = Pb + 2OH^-$	-0,58
	$PbCO_3 + 2e = Pb + CO_3^{2-}$	-0,506

	$PbI_2 + 2e = Pb + 2I^-$	0,365
	$PbSO_4 + 2e = Pb + SO_4^{2-}$	-0,3563
	$PbF_2 + 2e = Pb + 2F^-$	-0,350
	$PbBr_2 + 2e = Pb + 2Br^-$	-0,280
	$PbCl_2 + 2e = Pb + 2Cl^-$	-0,268
	$Pb^{2+} + 2e = Pb$	-0,126
	$PbO_3^{2-} + H_2O + 2e = PbO_2^{2-} + 2OH^-$	0,2
	$PbO + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,248
	$Pb(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,277
	$PbO_2 + H_2O + 2e = PbO + 2OH^-$	0,28
	$Pb_3O_4 + 2H^+ + 2e = 3PbO + H_2O$	0,972
	$PbO_2 + 4H^+ + 2e = Pb^{2+} + 2H_2O$	1,449-1,455
	$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = PbSO_4 + 2H_2O$	1,685
	$Pb^{4+} + 2e = Pb^{2+}$	1,694
Pd	$Pd(OH)_2 + 2e = Pd + 2OH^-$	0,07
	$PdI_6^{2-} + 2e = PdI_4^{2-} + 2I^-$	0,623
	$PdCl_4^{2-} + 2e = Pd + 4Cl^-$	0,623
	$PdO + 2H^+ + 2e = Pd + H_2O$	0,896
	$PdCl_6^{2-} + 4e = Pd + 6Cl^-$	0,96
	$Pd^{2+} + 2e = Pd$	0,987
	$PdBr_6^{2-} + 2e = PdBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,993
	$PdO_2 + 2H^+ + 2e = PdO + H_2O$	1,283
	$PdCl_6^{2-} + 2e = PdCl_4^{2-} + 2Cl^-$	1,288
Pt	$PtS + 2e = Pt + S^{2-}$	-0,95
	$PtS_2 + 2e = PtS + S^{2-}$	-0,64
	$Pt(OH)_2 + 2e = Pt + 2OH^-$	0,15
	$PtI_6^{2-} + 2e = PtI_4^{2-} + 2I^-$	0,393
	$PtBr_4^{2-} + 2e = Pt + 4Br^-$	0,58
	$PtBr_6^{2-} + 2e = PtBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,59
	$PtCl_6^{2-} + 2e = PtCl_4^{2-} + 2Cl^-$	0,720
	$PtCl_4^{2-} + 2e = Pt + 4Cl^-$	0,73
	$Pt(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pt + 2H_2O$	0,980
	$PtO_2 + 2H^+ + 2e = Pt(OH)_2$	1,045
	$Pt^{2+} + 2e = Pt$	1,188
Ra	$Ra^{2+} + 2e = Ra$	-2,925
Rb	$Rb^+ + e = Rb$	-2,925
S	$SO_4^{2-} + H_2O + 2e = SO_3^{2-} + 2OH^-$	-0,93
	$2SO_4^{2-} + 5H_2O + 8e = S_2O_3^{2-} + 10OH^-$	-0,76
	$SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S + 6OH^-$	-0,66

	$2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S_2O_3^{2-} + 6OH^-$	-0,58
	$S_2^{2-} + 2e = 2S^{2-}$	-0,524
	$S + 2e = S^{2-}$	-0,48
	$2S + 2e = S_2^{2-}$	-0,476
	$S + H^+ + 2e = HS^-$	-0,065
	$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 8e = 2S^{2-} + 3H_2O$	-0,006
	$S_4O_6^{2-} + 2e = 2S_2O_3^{2-}$	0,08
	$SO_4^{2-} + 8H^+ + 8e = S^{2-} + 4H_2O$	0,149
	$S + 2H^+ + 2e = H_2S$	0,141-0,17
	$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SO_3 + H_2O$	0,17
	$SO_3^{2-} + 6H^+ + 6e = S^{2-} + 3H_2O$	0,231
	$2SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = S_2O_3^{2-} + 5H_2O$	0,29
	$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = H_2S + 4H_2O$	0,311
	$SO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = S + 4H_2O$	0,357
	$2H_2SO_3 + 2H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,40
	$H_2SO_3 + 4H^+ + 4e = S + 3H_2O$	0,449
	$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 4e = 2S + 3H_2O$	0,5
	$2SO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,705
	$S_2O_8^{2-} + 2e = 2SO_4^{2-}$	2,01
Sb	$SbO_2^- + 2H_2O + 3e = Sb + 4OH^-$	-0,675
	$Sb + 3H^+ + 3e = SbH_3$	-0,51
	$SbO_3^- + H_2O + 2e = SbO_2^- + 2OH^-$	-0,43
	$Sb_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Sb + 3H_2O$	0,152
	$SbO^+ + 2H^+ + 3e = Sb + H_2O$	0,212
	$SbO_3^- + 2H^+ + 3e = SbO_2^- + H_2O$	0,353
	$SbO_2^- + 4H^+ + 3e = Sb + 2H_2O$	0,446
	$Sb_2O_5 + 6H^+ + 4e = 2SbO^+ + 3H_2O$	0,581
	$Sb_2O_5 + 4H^+ + 4e = Sb_2O_3 + 2H_2O$	0,671
Sc	$Sc^{3+} + 3e = Sc$	-2,077
Se	$Se + 2e = Se^{2-}$	-0,92
	$Se + 2H^+ + 2e = H_2Se$	-0,40
	$SeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Se + 6OH^-$	-0,366
	$SeO_4^{2-} + H_2O + 2e = SeO_3^{2-} + 2OH^-$	0,05
	$H_2SeO_3 + 4H^+ + 4e = Se + 3H_2O$	0,741
	$SeO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SeO_3 + H_2O$	1,15
Si	$SiO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Si + 6OH^-$	-1,7
	$SiF_6^{2-} + 4e = Si + 6F^-$	-1,2
	$SiO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = Si + 3H_2O$	-0,455
	$Si + 4H^+ + 4e = SiH_4$	0,102

Sn	$SnS + 2e = Sn + S^{2-}$	-0,94
	$Sn(OH)_6^{2-} + 2e = HSnO_2^- + H_2O + 3OH^-$	-0,93
	$HSnO_2^- + H_2O + 2e = Sn + 3OH^-$	-0,91
	$SnF_6^{2-} + 4e = Sn + 6F^-$	-0,25
	$Sn^{2+} + 2e = Sn$	-0,136
	$SnO_2 + 2H^+ + 2e = SnO + H_2O$	-0,108
	$SnO_2 + 4H^+ + 4e = Sn + 2H_2O$	-0,106
	$SnO + 2H^+ + 2e = Sn + H_2O$	-0,104
	$Sn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Sn + 2H_2O$	-0,091
	$SnCl_6^{2-} + 2e = SnCl_4^{2+} + 2Cl^-$ (1M HCl)	0,14
	$Sn^{4+} + 2e = Sn^{2+}$	0,151
Sr	$Sr^{2+} + 2e = Sr$	-2,888
Te	$Te + 2e = Te^{2-}$	-1,14
	$Te + 2H^+ + 2e = H_2Te$	-0,72
	$TeO_3^{2-} + 2H_2O + 4e = Te + 6OH^-$	-0,57
	$TeO_2 + 4H^+ + 4e = Te + 2H_2O$	0,529
	$TeO_4^{2-} + 2H^+ + 2e = TeO_3^{2-} + H_2O$	0,892
	$H_6TeO_6 + 2H^+ + 2e = TeO_2 + 4H_2O$	1,02
Ti	$Ti^{2+} + 2e = Ti$	-1,63
	$TiO + 2H^+ + 2e = Ti + H_2O$	-1,306
	$TiF_6^{2-} + 4e = Ti + 6F^-$	-1,19
	$TiO_2 + 4H^+ + 4e = Ti + 2H_2O$	-0,86
	TiO_2(рутил) $+ H^+ + 4e = Ti^{3+} + 2H_2O$	-0,666
	TiO_2(рутил) $+ 2H^+ + 4e = Ti^{2+} + 2H_2O$	-0,502
	$Ti^{3+} + e = Ti^{2+}$	-0,368
	$Ti^{4+} + e = Ti^{3+}$ (5M H_3PO_4)	-0,15
	$TiO^{2+} + 2H^+ + 2e = Ti^{2+} + H_2O$	-0,135
	$TiO^{2+} + 2H^+ + e = Ti^{3+} + H_2O$	0,10
Tl	$Tl_2S + 2e = 2Tl + S^{2-}$	-0,93
	$TlI + e = Tl + I^-$	-0,753
	$TlBr + e = Tl + Br^-$	-0,658
	$TlCl + e = Tl + Cl^-$	-0,557
	$TlOH + e = Tl + OH^-$	-0,344
	$Tl^+ + e = Tl$	-0,3363
	$Tl(OH)_3 + 2e = TlOH + 2OH^-$	-0,05
	$Tl_2O_3 + 3H_2O + 4e = 2Tl^+ + 6OH^-$	0,02
	$TlOH + H^+ + e = Tl + H_2O$	0,778
	$Tl^{3+} + 2e = Tl^+$	1,252
U	$UO_2 + 2H_2O + 4e = U + 4OH^-$	-2,39

	$U^{3+} + 3e = U$	-1,798
	$U^{4+} + e = U^{3+}$	-0,607
	$UO_2^{2+} = UO_2^{+}$	0,05
	$UO_2^{2+} + 4H^{+} + 2e = U^{4+} + 2H_2O$	0,334
	$UO_2^{+} + 4H^{+} + e = U^{4+} + 2H_2O$	0,62
V	$V^{2+} + 2e = V$	-1,175
	$V^{3+} + e = V^{2+}$	-0,255
	$VO_2^{+} + 4H^{+} + 5e = V + 2H_2O$	-0,25
	$VO_2^{2+} + e = VO^{+}$	-0,044
	$VO_2^{+} + 4H^{+} + 3e = V^{2+} + 2H_2O$	0,360
	$V_2O_5 + 6H^{+} + 2e = 2VO^{2+} + 3H_2O$	0,958
	$VO_2^{+} + 2H^{+} + e = VO^{2+} + H_2O$	1,004
	$VO_4^{3-} + 6H^{+} + 2e = VO^{+} + 3H_2O$	1,256
	$H_2VO_4^{-} + 4H^{+} + e = VO^{2+} + 3H_2O$	1,314
W	$WO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = W + 8OH^{-}$	-1,05
	$WO_2 + 4H^{+} + 4e = W + 2H_2O$	-0,119
	$WO_3 + 6H^{+} + 6e = W + 3H_2O$	-0,09
	$W_2O_5 + 2H^{+} + 2e = 2WO_2 + H_2O$	-0,031
	$2WO_3 + 2H^{+} + 2e = W_2O_5 + H_2O$	-0,029
	$WO_4^{2-} + 8H^{+} + 6e = W + 4H_2O$	0,049
	$2WO_4^{2-} + 6H^{+} + 2e = W_2O_5 + 3H_2O$	0,801
Zn	$ZnS + 2e = Zn + S^{2-}$	-1,405
	$Zn(CN)_4^{2-} + 2e = Zn + 4CN^{-}$	-1,26
	$Zn(OH)_2 + 2e = Zn + 2OH^{-}$	-1,245
	$Zn(OH)_4^{2-} + 2e = Zn + 4OH^{-}$	-1,22
	$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e = Zn + 4OH^{-}$	-1,216
	$ZnCO_3 + 2e = Zn + CO_3^{2-}$	-1,06
	$Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e = Zn + 4NH_3$	-1,04
	$Zn^{2+} + 2e = Zn$	-0,763
	$ZnO_2^{2-} + 4H^{+} + 2e = Zn + 2H_2O$	0,441
Zr	$ZrO^{2+} + 2H^{+} + 4e = Zr + H_2O$	-1,570
	$ZrO_2 + 4H^{+} + 4e = Zr + 2H_2O$	-1,553
	$Zr^{4+} + 4e = Zr$	-1,539

Таблица 2

Окислительно-восстановительные потенциалы водорода, кислорода и некоторых металлов в кислой, нейтральной и щелочной средах

Среда					
Кислая (*pH* = 0)		Нейтральная (*pH* = 7)		Щелочная (*pH* = 14)	
Red/Ox пара	φ^0, В	Red/Ox пара	φ^0, В	Red/Ox пара	φ^0, В
Mg^{2+}/Mg	-2.36	$Mg(OH)_2/Mg$	-2.38	$Mg(OH)_2/Mg$	-2.69
Al^{3+}/Al	-1.66	$Al(OH)_3/Al$	-1.88	CrO_2^-/Cr	-1.32
Zn^{2+}/Zn	-0.76	$Cr(OH)_3/Cr$	-0.93	ZnO_2^{2-}/Zn	-1.22
Cr^{3+}/Cr	-0.74	$Zn(OH)_2/Zn$	-0.81	SnO_2^{2-}/Sn	-0.91
Fe^{2+}/Fe	-0.44	$Sn(OH)_2/Sn$	-0.50	$Fe(OH)_2/Fe$	-0.87
Cd^{2+}/Cd	-0.40	$Fe(OH)_2/Fe$	-0.46	$2H_2O/H_2$	-0.83
Co^{2+}/Co	-0.28	$2H_2O/H_2$	-0.41	$Cd(OH)_2/Cd$	-0.82
Ni^{2+}/Ni	-0.25	$Cd(OH)_2/Cd$	-0.41	$Co(OH)_2/Co$	-0.73
Sn^{2+}/Sn	-0.14	$Co(OH)_2/Co$	-0.32	$Ni(OH)_2/Ni$	-0.72
Pb^{2+}/Pb	-0.13	$Ni(OH)_2/Ni$	-0.30	PbO_2^{2-}/Pb	-0.54
$2H^+/H_2$	0.00	$Pb(OH)_2/Pb$	-0.14	$Bi_2O_3/2Bi$	-0.45
Ag^+/Ag	+0.80	BiO^+/Bi	-0.04	AlO_2^-/Al	-0.36
Bi^{3+}/Bi	+0.21	$Cu(OH)_2/Cu$	+0.19	$Cu(OH)_2/Cu$	-0.22
Cu^{2+}/Cu	+0.34	$AgCl/Ag$	+0.22		
$O_2/2H_2O$	+1.22	$O_2/4OH^-$	+0.81	$O_2/4OH^-$	+0.40
		$Cl_2/2Cl^-$	+1.36		

Таблица 3

Названия некоторых кислот и их солей

Кислота		Название солей
Название	Формула	
Азотистая	HNO_2	Нитриты
Азотная	HNO_3	Нитраты
Бромоводородная	HBr	Бромиды
Дихромовая	$H_2Cr_2O_7$	Дихроматы
Иодоводородная	HJ	Иодиды
Кремниевая	H_2SiO_3	Силикаты
Марганцовая	$HMnO_4$	Перманганаты
Сероводородная	H_2S	сульфиды
Серная	H_2SO_4	сульфаты
Сернистая	H_2SO_3	сульфиты
Ортофосфорная	H_3PO_4	Фосфаты
Фосфористая	H_3PO_3	Фосфиты
Угольная	H_2CO_3	Карбрнаты
Уксусная	CH_3COOH	ацетаты
Хлороводородная	HCl	хлориды
Хлорноватистая	HClO	гипохлориты
Хлорноватая	$HClO_3$	хлораты
Хлорная	$HClO_4$	перхлораты
Хромовая	H_2CrO_4	хроматы

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров

ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие для выполнения практических работ

Специальность
21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

Автор: Зайцева Н.А., к.х.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры
Химии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Амдур А.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 337 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-технологического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

ВВЕДЕНИЕ

Качественная реакция – химическая реакция, с помощью которой можно определить наличие в растворе того или иного вещества или его фрагмента (катиона, аниона, функциональной группы). Качественная реакция на ионы позволяет обнаружить («открыть») в растворе присутствие соответствующих ионов. При обнаружении открываемого иона обычно фиксируют появление аналитического сигнала — образование осадка, изменение окраски раствора, появление запаха и т. д.

Требования к качественным реакциям

1. Экспрессность (реакция должна протекать быстро).
2. Высокая чувствительность.
3. Селективность или специфичность.
4. Необратимость.

Чувствительность реакции определяется наименьшим количеством искомого вещества, которое может быть обнаружено данным реактивом в капле раствора.

Существенной характеристикой анализа является селективность (избирательность).

По избирательности реагенты можно разделить на три группы:

1. *Специфические реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить только одно вещество (ион),

например: крахмал для обнаружения I_2 (синяя окраска); щёлочь для обнаружения NH^{4+} (запах аммиака).

Специфические реакции – реакции, которые дают возможность открывать одни ионы в присутствии различных других ионов.

2. *Селективные реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить небольшое число веществ. Например, диметилглиоксим в аммиачном буферном растворе реагирует с Fe (II), Co (II), Ni (II), Zr (IV), Th (IV).

3. *Групповые реагенты* – используются в систематическом анализе смеси катионов и взаимодействуют со всеми катионами одной аналитической группы.

Реакции, позволяющие обнаружить искомые ионы в отдельных порциях сложной смеси при условии устранения влияния других ионов, называют **дробными реакциями**, а метод анализа, основанный на применении дробных реакций, называют **дробным анализом.** При этом порядок обнаружения катионов и анионов не имеет особого значения. При **систематическом анализе**, в отличие от дробного, соблюдается определенный порядок разделения и последующего открытия ионов. К обнаружению ионов приступают лишь после удаления из раствора всех других ионов, мешающих открытию. Систематический (групповой) анализ применяют при невозможности использования дробного анализа. На основе растворимости их солей или других соединений ионы делят на аналитические группы, на основании различных классификаций катионов разработаны разные методы систематического анализа катионов.

Методы систематического анализа

1. Сероводородный – основан на разной растворимости сульфидов и хлоридов в зависимости от *pH*-среды.

2. Аммиачно-фосфатный – основан на разной растворимости фосфатов.

3. Кислотно-основной – основан на разной растворимости в кислотах и основаниях гидроксидов и солей (табл. 1).

Таблица 1

Классификация катионов по кислотно-основному методу

Группа	Катионы	Групповой реактив	Характеристика группы
I	Na^+, K^+, NH_4^+	–	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде
II	Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	2M HCl	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах
III	Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	2M H_2SO_4	Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах
IV	$A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}, $^*As^{3+}$, $^*As^{5+}$, Sn^{2+}, Sn^{4+}	4M NaOH (избыток)	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
V	Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Mg^{2+}, Bi^{3+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}	2M NaOH (25 % NH_4OH)	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке
VI	Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+}	25% NH_4OH (избыток)	Гидроксиды растворимы в избытке аммиака с образованием аммиакатов

$^*As^{3+}$ и As^{5+} гидроксидов не образуют.

Лабораторная работа № 1

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на катионы железа, определить наиболее подходящие реактивы для открытия Fe^{3+} и Fe^{2+}.

Для получения аналитического сигнала в качественном анализе используют химические реакции разных типов: реакции ионного обмена (осаждение, нейтрализация), окислительно-восстановительные, комплексообразование. Для обнаружения ионов железа возможно использование всех типов реакций.

Реакции ионного обмена в качественном анализе

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора щёлочи в каждую пробирку. Сравните полученные осадки $Fe(OH)_3$ и $Fe(OH)_2$, составьте уравнения обеих реакций. Растворимы ли полученные гидроксиды железа в избытке щёлочи?

Опыт 2. Действие раствора аммиака на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл разбавленного раствора гидроксида аммония в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с

осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций. Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на оба осадка: образуют ли ионы железа аммиачные комплексы?

Реакции окисления-восстановления

Опыт 3. Действие окислителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

а) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор перманганата калия, в какой из них наблюдается обесцвечивание $KMnO_4$? Запишите уравнение реакции, учитывая, что в кислой среде перманганат-ионы восстанавливаются до ионов Mn^{2+}, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

б) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор бихромата калия, в какой из них наблюдается изменение окраски раствора? Запишите уравнение реакции, учитывая, что бихромат-ионы $Cr_2O_7^{2-}$ восстанавливаются до ионов Cr^{3+}, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

Опыт 4. Действие восстановителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 1 мл раствора йодида калия. Какая из солей железа проявила окислительный свойства? Запишите уравнение реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Реакции с участием комплексных ионов

Опыт 5. Реакция ионов железа с роданидом аммония

В две пробирки налейте по 1 мл раствора $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора роданида аммония NH_4SCN в каждую пробирку. В какой из пробирок наблюдается образование роданида железа красного цвета? Составьте уравнение реакции.

Опыт 6. Реакция ионов железа с реактивом Чугаева

В две пробирки налейте по 1 мл раствора соли железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл раствора аммиака и по 1 капле раствора диметилглиоксима ($C_4H_8N_2O_2$). Для какого иона железа наблюдается образование окрашенного внутрикомплексного соединения с реактивом Чугаева? Составьте уравнение реакции образования диметилглиоксимата железа [Fe $(C_4H_7O_2N_2)_2$].

Опыт 7. Берлинская лазурь и турнбуллева синь

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора жёлтой кровяной соли (гексацианоферрата (II) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок берлинской лазури имеет состав $Fe_4\,[Fe(CN)_6]_3$.

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора красной кровяной соли (гексацианоферрата (III) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок турнбуллевой сини

имеет состав Fe_3 [Fe $(CN)_6]_3$. Сделайте вывод, какой кровяной солью можно открыть ион Fe^{2+}, и с помощью какой обнаруживается ион Fe^{3+}.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что произойдет с зеленоватым осадком Fe $(OH)_2$ при добавлении к нему раствора перекиси водорода H_2O_2? Запишите уравнение реакции, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

2. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeCl_3$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_3$) = $3{,}8 \cdot 10^{-38}$, а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeSO_4$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_2$) = $4{,}8 \cdot 10^{-16}$, а концентрации обоих растворов 0,001 моль/л?

3. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л требуется для полного растворения осадка Fe $(OH)_3$ массой 0,5 г?

4. Реакция образования окрашенного роданида железа (опыт 3) является обратимой. Запишите выражение для константы равновесия этой реакции. Какими способами, согласно принципу Ле-Шателье, можно сместить равновесие в сторону образования окрашенного продукта?

5. Запишите уравнения реакций первичной и вторичной диссоциации красной и жёлтой кровяных солей. Почему чаще всего именно цианид-ионы используются для маскирования ионов железа в растворах?

6. Подвергаются ли соли железа гидролизу? Запишите уравнения взаимодействия с водой для $FeCl_3$ и $FeSO_4$, определите тип гидролиза и кислотность среды раствора. Какую окраску приобретёт лакмус в этих растворах?

Лабораторная работа № 2

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}**, выполняемыми пробирно, капельно, и с использованием экстракции, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Предел обнаружения – минимальная концентрация или минимальное количество вещества, которое может быть обнаружено данным методом допустимой погрешностью. Предел обнаружения в значительной степени зависит от условий протекания реакции. Обычно для обнаружения ионов применяют реакции с пределом обнаружения 10^{-7} г (0,1мкг) в 1 мл раствора.

Приемы для обеспечения низкого предела обнаружения

1. *Капельный анализ* – метод микрохимического анализа, в котором качественную реакцию проводят с использованием капли раствора. Реакции выполняют на стеклянной или фарфоровой пластинке, фильтровавальной бумаге (иногда предварительно пропитанной раствором реагента и высушенной). Пределы обнаружения веществ 0,1–0,001 мкг в капле объемом 50 мм^3. Минимальные пределы обнаружения достигаются при выполнении анализа на фильтровальной бумаге.

2. *Микрокристаллоскопический анализ* – метод анализа, основанный на реакциях образования кристаллических осадков с

характерной формой кристаллов, для рассмотрения которых используется микроскоп.

3. *Экстракция* – процесс переведения вещества из водной фазы в органическую, используется для разделения и концентрирования веществ.

4. *Флотация* – процесс разделения мелких твёрдых частиц в водной суспензии или растворе, основанный на их избирательной адсорбции на границах раздела фаз в соответствии с их смачиваемостью, используется для разделения и концентрирования.

5. *Метод «умножающихся реакций»* – ряд последовательных реакций, в результате которых получается новое вещество в количестве, во много раз превышающем первоначальное количество обнаруживаемого вещества.

6. *Каталитические реакции*.

Реакции в пробирке (в растворе)

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку. Составьте уравнения реакций образования синего CoOHCl, голубого CuOHCl и зелёного NiOHCl. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком концентрированной щёлочи, составьте уравнения реакций образования гидроксидов кобальта (II), никеля (II) и меди (II).

Опыт 2. Действие раствора аммиака на Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки, запишите уравнения реакций, учитывая, что в аммиачных комплексах кобальта и никеля координационное число комплексообразователя равно шести, а медь удерживает только четыре лиганда.

Разрушаются ли полученные аммиакаты раствором кислоты?

Опыт 3. Реакции с желтой кровяной солью

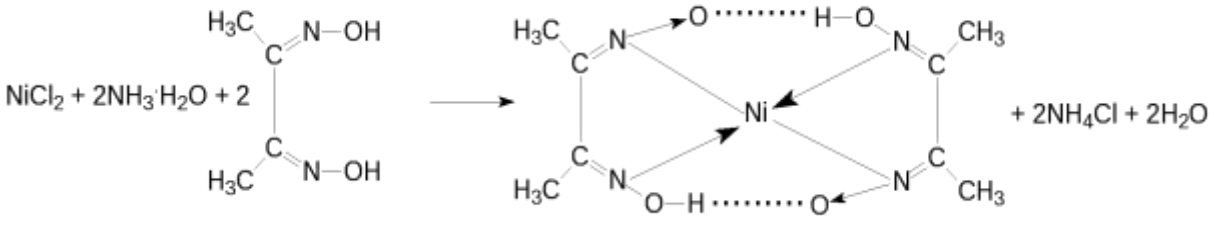
В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

Капельные реакции на фильтровальной бумаге

Опыт 4. Реакция катионов Ni^{2+} с реактивом Чугаева

На сухую фильтровальную бумагу поместите несколько капель раствора соли никеля (II), добавьте каплю раствора аммиака и каплю раствора диметилглиоксима $C_4H_8N_2O_2$ (реактив Чугаева). Сравните наблюдаемый аналитический сигнал с реакцией образования

диметилглиоксимата железа (II), выполненной в предыдущей работе. Запишите уравнение реакции



Проведите аналогичную реакцию с растворами меди (II) и кобальта (II). Какой из этих ионов может мешать определению ионов никеля и почему?

Опыт 5. Капельная реакция ионов Co^{2+}с роданидом аммония

Поместите на сухую фильтровальную бумагу несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли NH_4SCN, при необходимости добавьте ещё одну каплю раствора. Как изменилась окраска кристаллов? Составьте уравнение реакции образования комплексного соединения $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$.

Обнаружение катионов с использованием экстракции

Опыт 6. Реакция ионов Co^{2+} с роданидом аммония

Поместите в пробирку несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли тиоцианата (роданида) аммония. Как изменилась окраска раствора?

Чувствительность этой реакции можно повысить с помощью экстракции окрашенного комплекса $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$ органическим растворителем. Добавьте к полученному раствору несколько капель изоамилового спирта, взболтайте. Дождитесь разделения в пробирке водной и спиртовой фаз. Что при этом наблюдается?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций первичной и вторичной диссоциаций гексаамминкобальта (II), гексаамминникеля (II), тетраамминмеди (II). Запишите формулы для константы нестойкости.

2. Для открытия ионов Ni^{2+} с помощью диметилглиоксима при реакции на капельной пластинке предел обнаружения Ni^{2+} – 0,16 мкг; в пробирке можно обнаружить 1,4 мкг Ni^{2+} в 1 мл. Предел обнаружения можно уменьшить до 0,015 мкг, если каплю анализируемого раствора нанести на фильтровальную бумагу, пропитанную диметилглиоксимом. Если осадок диметилглиоксимата никеля (II) флотируется на границе раздела фаз «вода – изоамиловый спирт», то предел обнаружения ионов Ni^{2+} понижается до 0,002 мкг. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Ni^{2+}, открываемых каждым из способов.

3. Окисление тиосульфат-ионов ионами железа (III) ускоряется в присутствии ионов меди (каталитическая реакция). Время обесцвечивания тиоцианата железа (III) тиосульфатом натрия в отсутствие меди около двух минут. В присутствии ионов Cu^{2+} раствор тиоцианата железа (III) обесцвечивается мгновенно. Предел обнаружения меди – 0,02мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Cu^{2+}, соответствующую этому пределу обнаружения.

Лабораторная работа № 3

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **$A1^{3+}$, Cr^{3+}** и **Zn^{2+}**, научиться использовать амфотерность их гидроксидов в химическом анализе, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Для проведения каждой качественной реакции необходимо соблюдать определенные условия, основные из которых: *pH*-среды; температура; концентрации реагентов; присутствие определенных веществ; отсутствие мешающих ионов или веществ. Для протекания многих реакций необходима среда с определенным значением *pH* водного раствора. Значение *pH* можно контролировать с помощью индикаторов или прибора *pH*-метра. Для поддержания нужного значения *pH* при необходимости используют соответствующие буферные растворы.

Буферные растворы — это растворы, способные сохранять постоянное значение *pH* при разбавлении водой или добавлении к ним определенного количества сильных кислот или оснований. В состав буферной смеси входят в определенном количественном соотношении слабые кислоты и их соли с сильными основаниями или слабые основания и их соли с сильными кислотами.

Амфотерность гидроксидов алюминия, цинка и хрома (III) позволяет отделять их от остальных катионов действием растворов щелочей различной концентрации.

Опыт 1. Действие щелочей на катионы $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по несколько капель очень разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку до образования нерастворимых гидроксидов. Составьте уравнения реакций. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком щёлочи до полного растворения, составьте уравнения реакций образования тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

Опыт 2. Действие раствора аммиака на ионы $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

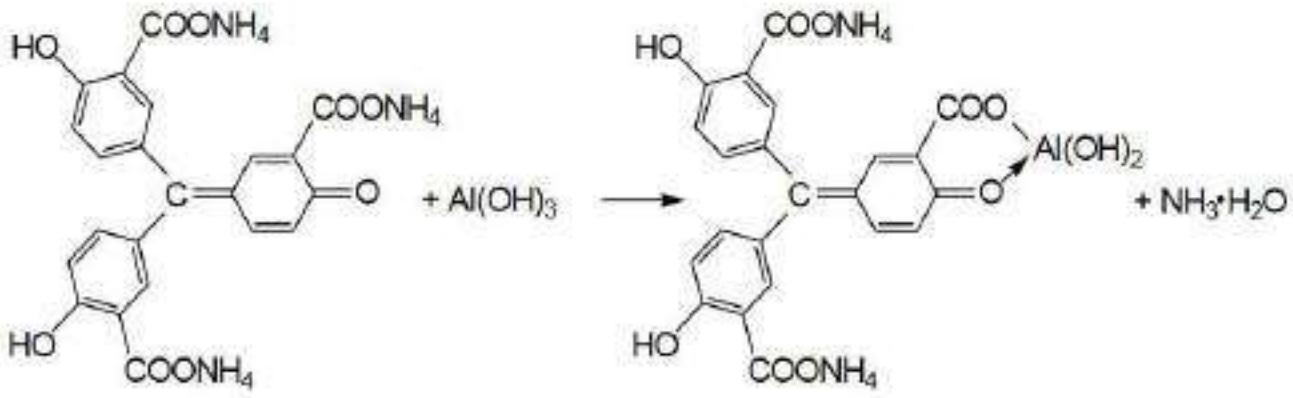
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки. Какие гидроксиды растворяются частично или полностью? Составьте реакцию комплексообразования, учитывая, что в образующихся аммиакатных комплексах координационное число каждого комплексообразователя вдвое больше, чем модуль его степени окисления.

Опыт 3. Реакция ионов алюминия с алюминоном

В пробирку поместите 3–4 капли раствора соли алюминия, при необходимости 2–3 капли раствора уксусной кислоты и 3–5 капель 0,01 % раствора алюминона ($C_{21}H_{11}O_9$ $(NH_4)_3$). Смесь нагрейте на

водяной бане, добавьте несколько капель раствора аммиака до щелочной реакции и выпадения красного хлопьевидного осадка алюминиевого лака.



Опыт 4. Реакция ионов цинка с желтой кровяной солью

В пробирке к 1 мл раствора $ZnCl_2$ добавьте 1 мл раствора гексацианоферрата (II) калия. Наблюдайте выпадение белого осадка $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$. Составьте уравнение этой реакции ионного обмена.

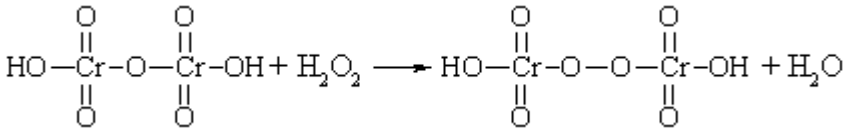
Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)

В пробирку поместите 2–3 капли раствора соли хрома(III), прибавьте 4–5 капель 2 моль/л раствора щёлочи NaOH до растворения осадка, и 2–3 капли 3 % раствора перекиси водорода H_2O_2. Нагревайте до изменения зеленой окраски раствора на желтую (цвет хромат-ионов CrO_4^{2-}). Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Опыт 6. Образование надхромовой кислоты

К жёлтому раствору хромата натрия, полученному в предыдущем опыте, прибавьте 5 капель пероксида водорода H_2O_2, ~0,5 мл изоамилового спирта, тщательно перемешайте и прибавьте по каплям раствор серной кислоты (1 моль/л). Верхний органический слой окрашивается в интенсивно синий цвет за счёт экстракции образовавшейся надхромовой кислоты H_2CrO_6. Запишите уравнение реакции, протекающее через образование дихромовой кислоты и её последующее окисление перекисью водорода:

$$2Na_2CrO_4+2H_2SO_4 \rightarrow H_2Cr_2O_7+2Na_2SO_4+H_2O$$



$$H_2Cr_2O_8 + 3\ H_2O_2 \leftrightarrow 2\ H_2CrO_6 + 2\ H_2O$$

Составьте электронно-ионный баланс для этой реакции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения первичной и вторичной диссоциации солей, полученных в первом опыте: тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

2. Напишите выражение константы нестойкости для комплексных ионов тетраамминцинка и гексаамминхрома, полученных во втором опыте.

3. Напишите уравнения диссоциаций хромовой, дихромовой и надхромовой кислот.

Лабораторная работа № 4

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Цель работы: познакомиться с разделением и идентификацией катионов методом бумажной хроматографии

Хроматография – физико–химический метод разделения веществ, основанный на использовании сорбционных процессов в динамических условиях.

Анализируемые компоненты распределяются между подвижной и неподвижной фазами. Неподвижной фазой служит твердое вещество – сорбент. Подвижной фазой является жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу – элюент. Элюент в процессе хроматографирования перемещается вдоль сорбента, так что частицы анализируемых веществ могут многократно переходить из подвижной фазы в неподвижную и наоборот. Разделение веществ с помощью хроматографии основано на различном сродстве разделяемых компонентов к подвижной и неподвижной фазам.

Бумажная хроматография – вид хроматографии, в котором носителем неподвижного растворителя служит очищенная от примесей фильтровальная бумага. Подвижная фаза продвигается вдоль листа бумаги, главным образом за счет капиллярных сил. Бумажная хроматография отличается простотой, экспрессностью, наглядностью разделения, высокой чувствительностью (можно определить 10–20 мкг вещества с точностью 5–7 %).

Опыт 1. Подготовка фильтровальной бумаги

Два фильтра «синяя лента» диаметром 45 мм смочите 5 %-м раствором йодида калия, опуская фильтры в раствор пинцетом. Высушите фильтры на воздухе в чашке Петри.

Опыт 2. Получение первичной осадочной хроматограммы

В центр каждого высушенного фильтра нанесите пипеткой каплю анализируемой смеси катионов Ag^+, Hg^{2+} и Pb^{2+}, после её полного впитывания нанесите еще одну, дайте ей впитаться. Катионы анализируемой смеси вступают в реакцию с KI, которым пропитан фильтр, образуя осадочную хроматограмму, зоны которой имеют цвета осадков AgJ (жёлтый), HgJ_2 (оранжевый), PbJ_2 (ярко-желтый).

Полученные хроматограммы необходимо промыть дистиллированной водой. Для промывания хроматограмм нанесите на фильтры 2–3 капли дистиллированной воды, внося каждую последующую каплю после впитывания предыдущей до увеличения размера зон в два–три раза. Высушите обе осадочные хроматограммы, заполните табл. 1, составьте уравнения реакций образования осадков.

Таблица 1

Первичная хроматограмма смеси катионов Ag^+, Hg^{2+}, Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (края фильтра)		

Опыт 3. Получение проявленной осадочной хроматограммы

Анализируя первичную хроматограмму, легко определить катионы Hg^{2+} (оранжевая зона в центре) и Pb^{2+} (ярко-желтая зона по периферии). Бледно-желтая окраска AgJ либо видна плохо (из-за маскировки оранжевым HgJ_2 и ярко-желтым PbJ_2), либо не видна совсем. Для того, чтобы явно видеть зону серебра, первичную хроматограмму на одном из фильтров необходимо проявить.

Для проявления хроматограммы внесите в центр фильтра каплю раствора NaOH. При этом йодид свинца растворится в NaOH с образованием бесцветного плюмбита натрия Na_2PbO_2, йодид ртути останется неизменным, бледно-жёлтое пятно йодида серебра постепенно почернеет вследствие превращения гидроксида серебра (I) в оксид серебра (I), который затем разложится до свободного серебра.

Заполните табл. 2, составьте уравнения всех протекающих при проявке первичной хроматограммы реакций.

Таблица 2

Вторичная хроматограмма смеси катионов Ag^+, Hg^{2+}, Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (край фильтра)		

По результатам работы сделайте вывод об эффективности метода бумажной хроматографии для дробного открытия катионов Ag^{+}, Hg^{2+}, Pb^{2+} при их совместном присутствии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие процессы лежат в основе хроматографического анализа?

2. Вычислите ПР йодида свинца (II), если известно, что растворимость его равна 0,03 г на 0,1 кг воды.

3. Выпадет ли осадок при взаимодействии равных объемов растворов $AgNO_3$ и KI, если концентрации обоих растворов 0,001 моль/л, а произведение растворимости йодида серебра ПР (AgI) =$8{,}3 \cdot 10^{-17}$.

4. В избытке йодида калия осадок йодида ртути (II) растворяется без изменения степеней окисления элементов с образованием комплексного соединения тетрайодомеркурата калия. Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

5. Оксид серебра (I) неустойчив на воздухе, поэтому он используется не в чистом виде, а в аммиачном растворе (реактив Толленса). При взаимодействии гидроксида аммония и оксида серебра (I) образуется гидроксид диамминсеребра (I). Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

6. Дайте определения терминам «элюент», «сорбент», «элюат», «подвижная фаза», «неподвижная фаза», «собрция», «десорбция».

Лабораторная работа № 5

ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ

Цель работы: с помощью качественных реакций определить, какая соль находится в каждой пробирке.

Ход работы

В двенадцати пронумерованных пробирках находятся следующие растворы соли:

Раствор бесцветный	**Раствор может быть окрашенным**
Хлорид аммония	Сульфат меди (II)
Хлорид кальция	Хлорид кобальта (II)
Сульфат марганца (II)	Хлорид никеля (II)
Сульфат железа (II)	Хлорид хрома (III)
Хлорид цинка	Хлорид железа (III)
Хлорид алюминия	
Нитрат свинца (II)	

После получения у преподавателя нескольких пробирок (по вариантам 3–6 шт.,) составьте в тетради таблицу для записи результатов анализа:

Качественный анализ растворов, номер (№) (запишите номера пробирок)

Испытуемый раствор	Добавленный реагент	Наблюдение	Предполагаемый состав	Вывод
Опыт № 1 «Открытие окрашенных ионов»				
№ 13	отсуствует	Раствор розовый	Ионы Co^{2+}	
№ 13	NaOH	Выпал синий осадок, при добавлении избытка щёлочи стал розовым	CoOHCl $Co(OH)_2$	В пробирке был $CoCl_2$
Опыт № 2 «Действие щелочей»				
№ 14				

Опыт 1. Открытие окрашенных ионов

Опишите внешний вид растворов, сделайте предположения, какие растворы могут быть в каждой из пробирок, занесите их в таблицу. Наиболее вероятные предположения (для окрашенных растворов) проверьте с помощью соответствующих качественных реакций, взяв для анализа небольшую порцию испытуемого раствора. Составьте уравнения реакций, сделайте выводы.

Опыт 2. Действие щелочей на испытуемые растворы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором щёлочи, добавляя его по каплям. Занесите в таблицу аналитический сигнал: выделился запах аммиака, выпал неизменяющийся осадок, выпал осадок, растворимый в избытке щёлочи или темнеющий на воздухе. Обратите внимание, что гидроксид свинца $Pb(OH)_2$ проявляет амфотерные свойства, растворяясь в избытке щелочи с образованием плюмбита Na_2PbO_2, а светло-бежевый гидроксид марганца $Mn(OH)_2$ постепенно окисляется кислородом воздуха, что выглядит как потемнение раствора на границе с воздухом:

$$2\ Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:

$$Mn(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций, для ионов Mn^{2+} кроме реакции с H_2O_2 можно использовать

ОВР с окислением марганца до розовых перманганат-ионов висмутатом натрия в сильнокислой среде:

$$2MnSO_4+5NaBiO_3+16HNO_3 \rightarrow$$

$$2HMnO_4+5Bi(NO_3)_3+NaNO_3+2Na_2SO_4+7H_2O.$$

Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 3. Действие раствора аммиака на испытуемые пробы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором аммиака. Занесите в таблицу аналитический сигнал. Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 4. Открытие неокрашенных ионов

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), проведите качественный анализ на катионы, которые остались не открытыми. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

1. Две соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет. Одна из них бесцветна, и при лёгком нагревании её с концентрированной серной кислотой отгоняется жидкость, в которой растворяется медь; последнее превращение сопровождается выделением бурого газа. При добавлении к раствору второй соли раствора серной кислоты жёлтая окраска раствора изменяется на оранжевую, а при нейтрализации полученного раствора щёлочью восстанавливается первоначальный цвет. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

2. В двух сосудах находятся растворы неизвестных веществ. При добавлении к раствору первого вещества хлорида бария выпадает осадок белого цвета, нерастворимый в воде и кислотах. Осадок белого цвета выпадает также и при добавлении раствора нитрата серебра к пробе, отобранной из второго сосуда. При нагревании пробы первого раствора с гидроксидом натрия выделяется газ с резким запахом. При взаимодействии второго раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Напишите уравнения описанных реакций.

3. Действием концентрированной серной кислоты на белые кристаллы при нагревании получен газ. При пропускании этого газа через раствор нитрата серебра выпал белый творожистый осадок. Кристаллы окрашивают пламя спиртовки в жёлтый цвет. Какая соль была взята для реакции? Приведите её формулу и название. Запишите уравнения реакций, описанных в тексте.

4. Порошкообразное вещество белого цвета окрашивает пламя горелки в оранжево-красный цвет. При действии соляной кислоты «вскипает» с выделением тяжёлого газа без цвета и запаха. Это вещество способно растворяться в воде при одновременном пропускании избытка углекислого газа. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

5. Некоторое кристаллическое вещество, окрашивающее пламя в жёлтый цвет, хорошо растворяется в воде. При добавлении к этому раствору нитрата серебра выпадает жёлтый осадок, не растворимый в разбавленной азотной кислоте. При действии на исходный раствор бромной воды образуется коричневое окрашивание. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

6. Для определения качественного состава белый, нерастворимый в воде порошок с зеленоватым оттенком подвергли

термическому разложению, в результате которого образовалось два оксида. Один из них — порошок чёрного цвета, при добавлении к которому раствора серной кислоты и последующем нагревании образовался раствор голубого цвета. Про другой известно, что это газ тяжелее воздуха, без цвета и запаха, играющий важную роль в процессе фотосинтеза. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

7. Для проведения исследования бесцветные кристаллы соли, которые при непродолжительном нахождении на воздухе приобрели голубой цвет, нагрели до выделение бурого газа и образование чёрного порошка. При пропускании над нагретым полученным порошком водорода наблюдалось появление красного налёта простого вещества — металла. Известно, что металл, образующий катион, входит в состав многих сплавов, например бронзы. Запишите химическую формулу и название исследованной соли. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования его свойств.

8. Для изучения состава соли был взят раствор, который разделили на две части. К первой части этого раствора добавили хлорид натрия, в результате чего выпал белый осадок. При добавлении ко второй части раствора цинковой стружки образовались серые хлопья металла, катионы которого обладают дезинфицирующим свойством. Известно, что выданная соль

используется для изготовления зеркал и в фотографии, а её анион является составной частью многих минеральных удобрений. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

9. Для изучения состава соли были взяты белые кристаллы хорошо растворимого в воде вещества, которое используется в хлебопечении и кондитерской промышленности в качестве разрыхлителя теста. В результате процесса термического разложения выданной соли образовались три вещества, два из которых при обычных условиях являются газами. При нагревании соли с гидроксидом натрия образуется газ, водный раствор которого используется в медицине под названием нашатырный спирт. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

10. Для установления качественного состава была изучена соль тяжёлого металла, оксид которого используется в производстве хрустального стекла. При термическом разложении соли образуется оксид этого металла и два газообразных вещества: одно из них — газ бурого цвета, а другое — важнейший компонент воздуха. При приливании к раствору выданной соли раствора йодида калия выпадает осадок ярко-жёлтого цвета. Запишите

химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

11. Для определения качественного состава неизвестной соли азотной кислоты исследовали белое кристаллическое вещество. Это вещество при нагревании полностью разлагается без образования сухого остатка. При действии горячего раствора гидроксида натрия выделяется бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

12. В химической лаборатории хранится склянка с кристаллическим веществом белого цвета. При действии на него гидроксида натрия выделяется лёгкий, бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. При действии на него сильной кислоты выделяется бесцветный газ без запаха, вызывающий покраснение раствора лакмуса. При приливании к раствору этого вещества раствора гидроксида кальция выделяется нерастворимый в воде осадок. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

13. Кристаллическое вещество оранжевого цвета при нагревании значительно увеличивается в объёме за счёт выделения бесцветного газа и образует твёрдое вещество тёмно-зелёного

цвета. Выделившийся газ взаимодействует с литием даже при комнатной температуре. Продукт этой реакции гидролизуется водой с образованием газа с резким запахом, способного восстановить медь из её оксида. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

14. Для исследования свойств неизвестного вещества его концентрированный раствор разделили на две части. В пробирку с одной частью раствора поместили медную проволоку. При этом наблюдалось выделение бурого газа и растворение меди. При добавлении к другой части раствора силиката натрия наблюдалось образование бесцветного студенистого осадка. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

15. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали раствор голубого цвета. При добавлении горячего раствора сильной кислоты выделился газ с резким запахом жжёной резины, окрашивающий лакмус в красный цвет. При добавлении раствора аммиака сначала выпал голубой осадок, который затем растворился в избытке аммиака с образованием фиолетового раствора. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

16. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её раствор желтоватого цвета. При добавлении раствора сильной кислоты появился резкий запах уксуса. При добавлении роданида аммония раствор приобрёл кроваво-красную окраску. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

17. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её бесцветный раствор. При добавлении раствора разбавленной серной кислоты выделился газ с запахом тухлых яиц и выпал белый осадок, не растворимый в кислотах. При взаимодействии порции исходного раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

18. Для определения качественного состава было выдано кристаллическое вещество — средняя соль многоосновной кислоты, катион которой не является ионом металла. При взаимодействии данного вещества с гидроксидом натрия выделяется газ с резким раздражающим запахом, а при приливании к раствору выданного вещества раствора нитрата серебра выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

19. Для определения качественного состава студентам было выдано бесцветное кристаллическое вещество — соль. К одной части раствора исследуемой соли прилили раствор нитрата серебра, в результате чего выпал осадок жёлтого цвета. А при добавлении к другой части раствора карбоната натрия выпал белый осадок. Известно, что катион этой соли образован щёлочно-земельным металлом, входящим в состав костной ткани человека. Анион этой соли состоит из атомов химического элемента, образующего простое вещество, спиртовой раствор которого используется в качестве дезинфицирующего средства. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

20. При определении качественного состава неизвестного кристаллического вещества белого цвета было установлено, что его раствор взаимодействует с раствором гидроксида калия с образованием осадка. А при добавлении к раствору исследуемого вещества раствора нитрата бария выпадает осадок белого цвета, не растворимый в кислотах. Известно, что катион металла, входящий в состав данного соединения, входит в состав хлорофилла. Этот металл ранее применялся также в фотографии для получения вспышки. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев В. Н. Качественный химический полумикроанализ. М.: Химия. 1973. 584 с.

Глинка Н. Л. Общая химия: учебник / под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Гринвуд Н., Эршно А. Химия элементов (в 2 томах): учебник. Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2015. 1280 с.

Карапетьянц М. Х., Дракин С. И. Общая и неорганическая химия: учебник. 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Крешков А. П. Основы аналитической химии. Ч. 1. Теоретические основы. Качественный анализ. М.: Химия. 1970. 460 с.

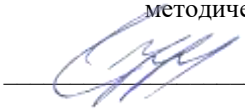
ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..……..…...3
Лабораторная работа № 1. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА.....6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ…….……9
Лабораторная работа № 2. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+}, Ni^{2+} И Cu^{2+}…….....…….……10
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…14
Лабораторная работа № 3. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}…….…..…15
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…18
Лабораторная работа № 4. РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ……..…..…..…19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…22
Лабораторная работа № 5. ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ…….…….....23
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»……...…….…..26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…….…….……...34

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу


_____С.А.Упоров

ХИМИЯ

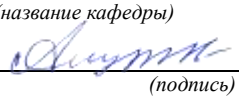
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

Автор: И. А. Низова, Н. А. Зайцева

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Химии	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой 	Председатель 
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Степени окисления элементов. Окислители и восстановители…….……3

2. Классификация окислительно-восстановительных реакций…….…….5

3. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса……..7

4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронно - ионного баланса (метод полуреакций)…….10

5. Направление протекания окислительно-восстановительных реакций……..…19

Список литературы……..17

Окислительно-восстановительными реакциями (ОВР) называют реакции, протекающие с изменением степени окисления элементов.

1. Степени окисления элементов. Окислители и восстановители.

Степень окисления – условный заряд атома, рассчитанный из предположения, что все связи в соединении ионные.

Правила вычисления степени окисления:

1. Сумма степеней окисления всех атомов, входящих в молекулу равно нулю, а всех атомов, составляющих сложный ион – заряду иона.

2. Степень окисления атома в простом веществе равна нулю.

3. Некоторые элементы имеют в соединениях постоянную степень окисления:

Фтор – только –1

Щелочные металлы (Na, K, Li, Rb, Cs) – только +1

Щелочноземельные металлы (Ca, Sr, Ba), Zn, Mg, Be - только +2

Алюминий – только +3.

4. Водород почти во всех соединениях имеет степень окисления +1. Исключение составляют гидриды металлов (NaH, CaH_2 и др.), где степень окисления водорода отрицательна (–1). Кислород почти во всех соединениях имеет степень окисления –2. Исключение составляют фторид кислорода OF_2, (степень окисления кислорода +1) и пероксиды H_2O_2, Na_2O_2 и т.д. (степень окисления кислорода –1).

5. Максимальная положительная степень окисления элемента обычно совпадает с номером его группы в периодической системе. Максимальная отрицательная степень окисления элемента равна максимальной положительной степени окисления минус восемь. Исключение составляют фтор, кислород, железо: их высшая степень окисления выражается числом, значение которого ниже, чем номер группы, к которой они относятся. У элементов подгруппы меди, наоборот, высшая степень окисления больше единицы, хотя они и относятся к I группе.

Во время ОВР происходит обмен электронами: окислитель присоединяет электроны (сам при этом восстанавливается), восстановитель отдает электроны

(сам при этом окисляется). Окисление всегда сопровождается восстановлением и наоборот. Число электронов, отдаваемых восстановителем, всегда равно числу электронов, принимаемых окислителем.

Важнейшими окислителями и восстановителями могут быть как простые, так и сложные вещества. Так как окислитель содержит в своем составе элемент, понижающий степень окисления, а восстановитель содержит элемент, степень окисления которого повышается в ходе реакции, окислителями могут быть прежде всего соединения высших ступеней окисления, а восстановителями - низших степеней окисления, присущих данному элементу.

Из простых веществ сильными окислителями являются неметаллы верхней части VI и VII групп периодической системы, за счёт высокой электроотрицательности их атомов. Сильнее всего окислительные свойства выражены у фтора F_2, но в практике чаще пользуются в качестве окислителей кислородом O_2, озоном O_3, хлором Cl_2 и бромом Br_2. К простым веществам – восстановителям относятся водород H_2, углерод C и металлы, из которых на практике чаще применяют алюминий, магний, натрий и цинк.

Из сложных веществ в лабораторной практике наиболее часто используются следующие окислители: перманганат калия $KMnO_4$; дихромат калия $K_2Cr_2O_7$; растворы азотной кислоты HNO_3 различных концентраций; концентрированная серная кислота H_2SO_4; пероксид (перекись) водорода; оксиды марганца (IV) MnO_2, и свинца (IV) PbO_2; смесь концентрированных азотной и соляной кислот (1:3, «царская водка), хлорная кислота $HClO_4$.

Из сложных веществ в лабораторной практике наиболее часто используются следующие восстановители: иодид калия KI; сульфит натрия Na_2SO_3; сульфид натрия Na_2S и сероводород H_2S; хлорид олова $SnCl_2$, монооксид углерода (угарный газ) аммиак NH_3.

Некоторые из этих веществ проявляют как окислительные, так и восстановительные свойства в зависимости от ОВР: CO, H_2O_2, MnO_2, так как содержат элемент в промежуточной степени окисления.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Определите степени окисления всех элементов, входящих в состав следующих веществ:

Номер варианта	Вещества	Номер варианта	Вещества
1	MnO_2, CH_4, Cl_2, $KMnO_4$	11	HF, Zn, H_3PO_4, NH_4Cl
2	H_2O_2, H_2SO_4, I_2, $K_2Cr_2O_7$	12	H_2SO_3, NaH_2SbO_3, Au, $ZnCl_2$
3	NaH, F_2, K_2HPO_4, N_2H_4	13	NH_4HS, P, C_6H_6, $Ba(ClO_4)_2$
4	OF_2, C_2H_6, O_2, K_2MnO_4	14	$NaNO_2$, $Ca(HS)_2$, Ag, PH_3
5	CaH_2, C_2H_4, Br_2, $Fe_2(SO_4)_3$	15	$BaCO_3$, AsH_3, Ca, Na_3SbO_4
6	PbO_2, C_2H_2, O_3, $MnOHNO_3$	16	HNO_3, Xe, $KClO_4$, NH_4OH
7	Na_2O_2, N_2, H_2O, K_2SiO_3	17	$Sn(OH)_2$, $CuCl_2$, K_2S, Mn
8	H_2S, Mg, Na_3SbO_3, $Cr(OH)_3$	18	Al_2S_3, Na_2SO_3, $NaClO$, Se
9	Na_2S, NH_3, H_2, $KHCO_3$	19	$NaClO_2$, Al_4C_3, He, $Bi(NO_3)_3$,
10	AlP, CO, HCl, NH_4NO_3	20	$NaHSO_3$, Si, Na_3AsO_3, $Cr(OH)_3$

2. В каких из перечисленных соединений хлор может проявлять только окислительные свойства: $NaCl$, $NaClO$, HCl, $KClO_3$, $NaClO_4$, Cl_2O_7, $HClO_2$?

3. В каких из перечисленных соединений азот может проявлять только восстановительные свойства: $NaNO_2$, NO, N_2O_3, N_2H_4, N_2O, HNO_3, N_2O_5, NH_4NO_3, NH_3, NH_4Cl?

4. В каких из перечисленных соединений сера может быть как окислителем, так и восстановителем: H_2SO_4, $Ca(HS)_2$, H_2S, Na_2SO_3, Na_2S, SO_2, $Na_2S_2O_3$, SO_3, SO?

2. Классификация окислительно–восстановительных реакций

Окислительно-восстановительные реакции обычно разделяют на три типа: межмолекулярные, внутримолекулярные и реакции диспропорционирования (самоокисления-самовосстановления). Иногда в эту классификацию добавляют четрветрый тип – реакции конпропорционирования.

1) Межмолекулярные реакции протекают с изменением степени окисления атомов, которые находятся в различных молекулах. Например:

$$2\ Al + Fe_2O_3 \xrightarrow{t^o} Al_2O_3 + 2\ Fe,$$

$$C + 4\ HNO_{3(конц)} = CO_2 \uparrow + 4\ NO_2 \uparrow + 2\ H_2O.$$

2) К внутримолекулярным реакциям относятся такие реакции, в которых окислитель и восстановитель входят в состав одной и той же молекулы, например:

$$2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^o} 2CuO + 4NO_2 + O_2 \uparrow$$

$$2\ KNO_3 \xrightarrow{t^o} 2\ KNO_2 + O_2 \uparrow.$$

3) В реакциях диспропорционирования (самоокисления-самовосстановления) один и тот же элемент является и окислителем, и восстановителем:

$$Cl_2 + 2\ KOH \xrightarrow{\text{на холоду}} KCl + KClO + H_2O,$$

$$2\ NO_2 + 2\ NaOH \rightarrow NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O.$$

4) В реакциях конпропорционирования один и тот же химический элемент, имеющий разные степени окисления, в результате приводится к единой степени окисления:

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$$

$$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$$

Вопросы для самостоятельной работы

1. Какие из перечисленных веществ могут вступать в реакции диспропорционирования: HNO_3, HNO_2, H_2SO_4, NH_4NO_3, Br_2, H_2O_2, CaH_2?

2. Приведите пример реакции межмолекулярного конпропорционирования.

3. Является ли реакция разложения перманганата калия реакцией диспропорционирования? Реакцией конпропорционирования?

$$2\ KMnO_4 \xrightarrow{t^o} K_2MnO_4 + MnO_2 + 2O_2 \uparrow$$

3. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса

Для составления уравнений ОВР используются два метода: метод электронного баланса и метод полуреакций (электронно-ионного баланса). При использовании любого из этих методов прежде всего необходимо определить окислитель и восстановитель, рассчитав степени окисления всех элементов в левой и правой частях уравнения. Затем записать отдельно процесс окисления и процесс восстановления, соблюдая принцип электронного баланса: число электронов, отданных восстановителем, должно быть равно числу электронов, принятых окислителем.

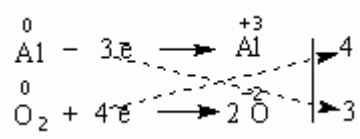
Метод электронного баланса универсален, он позволяет определить коэффициенты реакциях, протекающих как в растворах, так и без растворителя, в веществах в любых агрегатных состояниях. Он удобен для написания реакций термического разложения, взаимодействия двух простых веществ

Пример 1. $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$

Определим степени окисления:

$$\overset{0}{Al} + \overset{0}{O_2} = \overset{+3\ -2}{Al_2O_3}$$

Алюминий отдает электроны (приобретает положительную степень окисления), а кислород – принимает электроны (приобретает отрицательную степень окисления). Чтобы получить степень окисления +3, атом алюминия должен отдать 3 электрона. Молекула кислорода, чтобы превратиться в кислородные атомы со степенью окисления –2, должна принять 4 электрона:



Чтобы количество отданных и принятых электронов выровнялось, первое уравнение надо умножить на 4, а второе – на 3. Для этого достаточно переместить числа отданных и принятых электронов против верхней и нижней строчки так, как показано на схеме вверху.

Если теперь в уравнении перед восстановителем (Al) мы поставим найденный нами коэффициент 4, а перед окислителем (O_2) – найденный нами коэффициент 3, то количество отданных и принятых электронов выравнивается и становится равным 12. Электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции Al_2O_3 необходим коэффициент 2. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$$

Пример 2. $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^o} N_2 + Cr_2O_3 + H_2O$

Определим степени окисления:

$$\overset{-3+1}{(NH_4)_2}\ \overset{+6}{Cr_2}\ \overset{-2}{O_7} = \overset{0}{N_2} + \overset{+3}{Cr_2}\overset{-2}{O_3} + \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}$$

Азот отдаёт электроны, хром получает.

$$2N^{-3} - 6\bar{e} = N_2^0$$
$$2Cr^{+6} + 6\bar{e} = 2\ Cr^{+3}$$

Число электронов отданных и принятых одинаково, электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции H_2O необходим коэффициент 4. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^o} N_2\uparrow + Cr_2O_3 + 4\ H_2O$$

Пример 3. $Hg(NO_3)_2 \rightarrow Hg + NO_2 + O_2$

Определим степени окисления:

$$\overset{0}{Hg}\quad \overset{+2}{(}\overset{+5}{N}\ \overset{-2}{O_3})_2 = \overset{0}{Hg} + \overset{+4}{N}\overset{-2}{O_2} + \overset{0}{O_2}$$

Кислород отдаёт электроны, ртуть и азот получают, здесь вместо привычных двух участников обмена электронами их сразу три:

$$2O^{-2} - 4\bar{e} = O_2^0$$
$$2N^{+5} + 1\ \bar{e} = 2\ N^{+4}$$
$$Hg^{+2} + 2\ \bar{e} = Hg^0$$

Число электронов отданных и принятых одинаково, электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции NO_2 необходим коэффициент 2. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:

$$Hg(NO_3)_2 \rightarrow Hg + 2NO_2 + O_2$$

Задания для самостоятельной работы

1. Расставьте коэффициенты уравнениях реакций разложения методом электронного баланса (по вариантам). Укажите окислитель и восстановитель:

Номер варианта	Схема реакции	Номер варианта	Схема реакции
1	$Mn(NO_3)_2 \rightarrow MnO_2 + NO_2$	11	$BaO_2 \rightarrow BaO + O_2$
2	$K_2MnO_4 \rightarrow K_3MnO_4\ MnO_2 + O_2$	12	$AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$
3	$Zn(NO_3)_2 \rightarrow ZnO + NO_2 + O_2$	13	$FeSO_4 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$
4	$K_2Cr_2O_7 \rightarrow O_2 + Cr_2O_3 + K_2CrO_4$	14	$KClO_4 \rightarrow KCl + O_2$
5	$Fe(NO_3)_2 \rightarrow Fe_2O_3 + NO_2 + O_2$	15	$CdSO_3 \rightarrow CdSO_4 + CdS$
6	$KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$	16	$HNO_3 \rightarrow H_2O + NO_2 + O_2$
7	$Fe(NO_3)_2 \rightarrow Fe_2O_3 + NO_2 + O_2$	17	$NaClO_2 \rightarrow NaClO_3 + NaCl$
8	$HNO_2 \rightarrow NO + NO_2 + H_2O$	18	$KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$
9	$Co(NO_3)_2 \rightarrow CoO + NO_2 + O_2$	19	$SnSO_4 \rightarrow SnO_2 + SO_2$
10	$LiNO_3 \rightarrow Li_2O + NO_2 + O_2$	20	$Ni(NO_3)_2 \rightarrow Ni(NO_2)_2 + O_2$

2. Расставьте коэффициенты уравнениях реакций замещения методом электронного баланса (по вариантам). Укажите окислитель и восстановитель:

Номер варианта	Схема реакции	Номер варианта	Схема реакции
1	$Fe_2O_3 + C \rightarrow CO_2 + Fe$	11	$Zn + AgNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + Ag$
2	$KBr + Cl_2 \rightarrow KCl + Br_2$	12	$Al_2O_3 + Mg \rightarrow MgO + Al$
3	$Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow H_2O + Fe$	13	$MnO_2 + Al \rightarrow Al_2O_3 + Mn$
4	$Al + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2$	14	$H_2S + Br_2 \rightarrow S + HBr$
5	$O_2 + HI \rightarrow H_2O + I_2$	15	$CuCl_2 + Cr \rightarrow Cu + CrCl_3$
6	$Al + CuSO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + Cu$	16	$Mg + SiO_2 \rightarrow MgO + Si$
7	$Ca + H_2O \rightarrow H_2 + Ca(OH)$	17	$NaI + Cl_2 \rightarrow NaCl + I_2$
8	$TiO_2 + Mg \rightarrow MgO + Ti$	18	$Na + H_2O \rightarrow H_2 + NaOH$
9	$Al + FeO \rightarrow Al_2O_3 + Fe$	19	$KClO_3 + I_2 \rightarrow KIO_3 + Cl_2$
10	$KI + Br_2 \rightarrow KBr + I_2$	20	$Al + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + H_2$

4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронно - ионного баланса (метод полуреакций).

Метод полуреакций применим преимущественно для реакций в растворах, зато он позволяет определить коэффициенты не только у окислителя и восстановителя, но и вещества, определяющего среду раствора (кислота, щёлочь, вода), и более удобен для тех реакций, где участвуют органические молекулы. От метода электронного баланса он отличается тем, что окисление и восстановление записывают не для отдельных атомов, а для частиц, реально присуствующих в растворе: катионов, анионов, молекул. Сильные электролиты записываются в виде ионов, слабые электролиты, газы, нерастворимые вещества – в виде молекул. Для материального баланса по кислороду и водороду используются ионы H^+ или OH^- и молекулы воды. При использовании этого метода, кроме алгоритма составления полуреакций, необходимо придерживаться нескольких правил:

1. В кислой среде ни в левой, ни в правой части не должно быть ионов OH^- . Уравнивание осуществляется за счет ионов H^+ и молекул воды.
2. В щелочной среде ни в левой, ни в правой части не должно быть ионов H^+. Уравнивание осуществляется за счет ионов OH^- и молекул воды.
3. В нейтральной среде ни ионов H^+, ни OH^-в левой части быть не должно. Однако в правой части среди продуктов реакции они могут появиться.

Алгоритм подбора коэффициентов в уравнениях ОВР методом ионно-электронного баланса:

1. Составить молекулярную схему реакции с указанием исходных веществ и продуктов реакции.

2. Составить полную ионно-молекулярную схему реакции, записывая слабые электролиты, малорастворимые, нерастворимые и газообразные вещества в молекулярном виде, а сильные электролиты – в ионном.

3. Исключив из ионно-молекулярной схемы ионы, не изменяющиеся в результате реакции (без учета их количества), переписать схему в кратком ионно-молекулярном виде.

4. Отметить элементы, изменяющие в результате реакции степень окисления; найти окислитель, восстановитель, продукты восстановления, окисления.

5. Составить схемы полуреакций окисления и восстановления, для этого:

а) указать восстановитель и продукт окисления, окислитель и продукт восстановления;

б) уравнять число атомов каждого элемента в левой и правой частях полуреакций (выполнить баланс по элементам) в последовательности: элемент, изменяющий степень окисления, кислород, другие элементы; при этом следует помнить, что в водных растворах в реакциях могут участвовать молекулы H_2O, ионы H^+ или OH^- в зависимости от характера среды:

Процесс	Кислая среда	Нейтральная среда	Щелочная среда
Связывание избытка кислорода	$O^{-2}+2H^+ =H_2O$	$O^{-2}+H_2O=2OH^-$	$O^{-2}+H_2O=2OH^-$
Восполнение недостатка кислорода	$H_2O= O^{-2}+2H^+$	$H_2O = O^{-2}+2H^+$	$2OH^-=O^{-2}+H_2O$

в) уравнять суммарное число зарядов в обеих частях полуреакций; для этого прибавить или отнять в левой части полуреакций необходимое число электронов (баланс по зарядам).

6. Найти наименьшее общее кратное (НОК) для числа отданных и полученных электронов.

7. Найти основные коэффициенты при каждой полуреакции. Для этого полученное в п.6 число (НОК) разделить на число электронов, фигурирующих в данной полуреакции.

8. Умножить полуреакции на полученные основные коэффициенты, сложить их между собой: левую часть с левой, правую – с правой (получить ионно-молекулярное уравнение реакции). При необходимости “привести подобные” ионы с учетом взаимодействия между ионами водорода и гидроксид-ионами: $H^+ + OH^- = H_2O$.

9. Расставить коэффициенты в молекулярном уравнении реакции.

10. Провести проверку по частицам, не участвующим в ОВР, исключенным из полной ионно-молекулярной схемы (п.3). При необходимости коэффициенты для них находят подбором.

11. Провести окончательную проверку по кислороду.

Пример 3. В кислой среде:

$K_2Cr_2O_7 + KJ + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + J_2 + H_2O + K_2SO_4$

$3 \quad 2J^- - 2\bar{e} = J_2$

$1 \quad Cr_2O_7^{2-} + 6\bar{e} + 14H^+ = 2Cr^{+3} + 7H_2O$

Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$K_2Cr_2O_7 + 6KJ + 7H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3J_2 + 7H_2O + 4K_2SO_4$

Пример 4. В щелочной среде:

$KCrO_2 + KClO_4 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KCl + H_2O$

$8 \quad CrO_2^- - 3\bar{e} + 4OH^- \rightarrow CrO_4^{2-} + 2H_2O$

$3 \quad ClO_4^- + 8\bar{e} + 4H_2O \rightarrow Cl^- + 8OH^-$

Суммарное молекулярное уравнение реакции

$8KCrO_2 + 3KClO_4 + 8KOH \rightarrow 8K_2CrO_4 + 3KCl + 4H_2O$

Пример 5. В нейтральной среде:

$KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + K_2SO_4 + H_2SO_4$

$3 \quad Mn - 2\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4H^+$

$2 \quad MnO_4 + 3\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4OH^-$

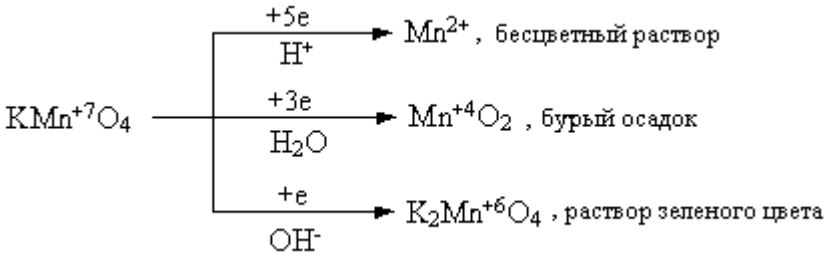
Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$

Примеры некоторых часто используемых ОВР:

1) Окислительно-восстановительные реакции с участием перманганата калия

В зависимости от среды (кислая, нейтральная, щелочная) перманганат калия, выступая в качестве окислителя, дает различные продукты восстановления:



Ниже приведены реакции $KMnO_4$ с сульфидом калия в качестве восстановителя в различных средах В этих реакциях продуктом окисления сульфид-иона является свободная сера. В щелочной среде молекулы КОН не принимают участие в реакции, а лишь определяют продукт восстановления перманганата калия.

$$5\ K_2S + 2\ KMnO_4 + 8\ H_2SO_4 = 5\ S\downarrow + 2\ MnSO_4 + 6\ K_2SO_4 + 8\ H_2O,$$

$$3\ K_2S + 2\ KMnO_4 + 4\ H_2O \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 3\ S\downarrow + 8\ KOH,$$

$$K_2S + 2\ KMnO_4 \xrightarrow{-(KOH)} 2\ K_2MnO_4 + S\downarrow.$$

2) Окислительно-восстановительные реакции с участием дихромата калия

В кислой среде дихромат калия является сильным окислителем. Смесь $K_2Cr_2O_7$ и концентрированной H_2SO_4 (хромпик, хромовая смесь) широко используется в лабораторной практике в качестве окислителя. Взаимодействуя с восстановителем одна молекула дихромата калия принимает шесть электронов, образуя соединения трехвалентного хрома:

$$6\ FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + 7\ H_2SO_4 = 3\ Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7\ H_2O;$$

$$6\ KI + K_2Cr_2O_7 + 7\ H_2SO_4 = 3\ I_2\downarrow + Cr_2(SO_4)_3 + 4\ K_2SO_4 + 7\ H_2O.$$

3) Окислительно-восстановительные реакции с участием пероксида водорода

Пероксид водорода и нитрит калия проявляют преимущественно окислительные свойства:

$$H_2S + H_2O_2 = S\downarrow + 2\ H_2O,$$

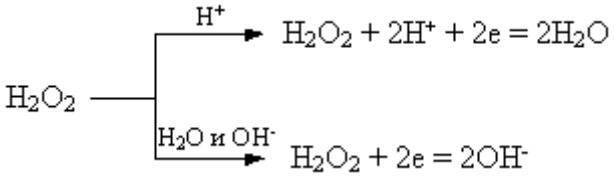
$$2\ KI + 2\ KNO_2 + 2\ H_2SO_4 = I_2\downarrow + 2\ K_2SO_4 + H_2O,$$

Однако, при взаимодействии с сильными окислителями (такими как, например, $KMnO_4$), пероксид водорода и нитрит калия выступают в качестве восстановитеей:

$$5\ H_2O_2 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 = 5\ O_2 + 2\ MnSO_4 + K_2SO_4 + 8\ H_2O,$$

$$5\ KNO_2 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 = 5\ KNO_3 + 2\ MnSO_4 + K_2SO_4 + 3\ H_2O.$$

Пероксид водорода в зависимости от среды восстанавливается по-разному:



При этом в результате реакций образуется вода или гидроксид-ионы:

$$2\ FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2\ H_2O,$$

$$2\ KI + H_2O_2 = I_2\downarrow + 2\ KOH.$$

Задания для самостоятельной работы

Расставьте коэффициенты уравнениях методом полуреакций. Укажите окислитель и восстановитель.

Вариант 1.

1) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow ZnSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $Br_2 + KOH \rightarrow KBr + KBrO_3 + H_2O$

3) $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow O_2\uparrow + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$

4) $C_3H_6 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + C_2H_6(OH)_2 + KOH$

Вариант 2

1) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow ZnSO_4 + S\downarrow + H_2O$

2) $S + KOH \rightarrow K_2S + K_2SO_3 + H_2O.$

3) $BaS + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Ba(NO_3)_2 + S\downarrow + NO_2\uparrow + H_2O$

4) $CH_2{=}C(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3(CO)CH_3 + H_2O + CO_2\uparrow$

Вариант 3

1) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow ZnSO_4 + H_2S\uparrow + H_2O$

2) $NO_2 + NaOH \rightarrow NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O$

3) $CrCl_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow K_2Cr_2O_7 + HCl$

4) $CH_3C{=}C(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3(CO)CH_3 + H_2O + CH_3COOH$

Вариант 4

1) $Al + H_2SO_{4(конц., гор.)} \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2S\uparrow + H_2O$

2) $AuCl_3 + H_2O_2 + KOH \rightarrow Au + H_2O + O_2\uparrow + KCl$

3) $KMnO_4 + Fe(OH)_2 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + Fe(OH)_3\downarrow + KOH$

4) $C_5H_{10} + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O + C_2H_5COOH + CH_3COOH$

Вариант 5

1) $Ag + H_2SO_{4(конц., гор.)} \rightarrow Ag_2SO_4\downarrow + SO_2\uparrow + 2H_2O$

2) $NH_4HS + HNO_{3(конц.)} \rightarrow S\downarrow + 2NO_2\uparrow + NH_4NO_3 + 2H_2O$

3) $MnSO_4 + H_2O_2 + KOH \rightarrow MnO_2\downarrow + K_2SO_4 + H_2O$

4) $C_6H_{12} + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O + C_2H_5COOH$

Вариант 6

1) $Bi + H_2SO_4 \rightarrow Bi_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $CuS + HNO_3 \rightarrow NO_2\uparrow + CuSO_4 + H_2O$

3) $C + H_2SO_{4(конц.)} + K_2Cr_2O_{7(конц.)} \rightarrow CO_2\uparrow + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$

4) $HCOH + NaOH + I_2 \rightarrow HCOONa + NaI + H_2O$

Вариант 7

1) $Ag + HNO_{3(разб.)} \rightarrow AgNO_3 + NO\uparrow + H_2O$

2) $Cr_2(SO_4)_3 + Br_2 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KBr + K_2SO_4 + H_2O$

3) $Br_2 + S + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HBr$

4) $CH_3C{\equiv}CCH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3COOH + H_2O$

Вариант 8

1) $Ba + HNO_{3(разб.)} \rightarrow Ba(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + H_2O$

2) $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + H_2O + Cl_2\uparrow$

3) $As_2O_3 + NaOH + NaNO_3 \rightarrow Na_3AsO_4 + NaNO_2 + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}CH_3 + KMnO_4 \rightarrow C_6H_5COOK + KOH + MnO_2\downarrow + H_2O$

Вариант -9

1) $Be + HNO_{3(разб., гор.)} \rightarrow Be(NO_3)_2 + NO\uparrow + H_2O$

2) $P + H_2SO_4 \rightarrow H_3PO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

3) $Bi(NO_3)_3 + NaClO + NaOH_{(конц.)} \rightarrow NaBiO_3\downarrow + NaNO_3 + NaCl + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}C_2H_5 + KMnO_4 \rightarrow C_6H_5COOK + K_2CO_3 + MnO_2 + H_2O$

Вариант 10

1) $Cd + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Cd(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + 2H_2O$

2) $AlBr_{3(тверд.)} + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + Br_2 + SO_2\uparrow + H_2O$

3) $AsH_3 + NaOH_{(разб.)} + NaClO \rightarrow Na_3AsO_4 + NaCl + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O$

Вариант 11

1) $Ca + HNO_{3(разб.)} \rightarrow Ca(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + H_2O$

2) $NH_4I_{(тверд.)} + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow I_2\downarrow + H_2S\uparrow + H_2O + NH_4HSO_4$

3) $Bi(OH)_3 + KOH_{(конц.)} + KMnO_4 \rightarrow KBiO_3\downarrow + K_2MnO_4 + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}CH(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O + CO_2\uparrow$

Вариант 12

1) $Ba + HNO_{3(оч.\ разб.)} \rightarrow Ba(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$

2) $Au_2S_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Au\downarrow + H_2SO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

3) $HBrO_3 + H_2O + S \rightarrow HBr + H_2SO_4$

4) $C_6H_5\text{-}CH_3 + K_2Cr_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O$

Вариант 13

1) $Bi + HNO_{3(разб.)} \rightarrow Bi(NO_3)_3 + NO\uparrow + H_2O$

2) $PbO_2 + HCl \rightarrow PbCl_2 + Cl_2 + H_2O$

3) $AsH_3 + H_2O + AgNO_3 \rightarrow As_2O_3\downarrow + Ag\downarrow + HNO_3$

4) $CH_3{\equiv}CCH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3COOH + H_2O + CO_2$

Вариант 14

1) $Cd + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Cd(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + H_2O$

2) $C_2N_2 + KOH \rightarrow KCN + KCNO + H_2O$

3) $H_2SO_3 + I_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HI$

4) $C_4H_8 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O + C_2H_5COOH$

Вариант 15

1) $Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $AlP + HNO_{3(конц.,\ гор.)} \rightarrow Al(NO_3)_3 + H_3PO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

3) $Br_2 + SO_2 + H_2O \rightarrow HBr + H_2SO_4$

4) $C_2H_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$

Вариант 16

1) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$

2) $H_2Cr_2O_7 + H_2O_2 \rightarrow H_2CrO_6 + H_2O.$

3) $Si + NaOH + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2\uparrow$

4) $C_2H_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$

Вариант 17

1) $As + H_2SO_{4(конц.,\ гор.)} \rightarrow As_2O_3\downarrow + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $B_2S_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow H_3BO_3\downarrow + H_2SO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

3) $SiH_4 + NaOH + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2\uparrow$

4) $C_6H_5\text{-}CH(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + C_6H_5COOK + K_2CO_3 + KOH$

Вариант 18

1) $Fe + H_2SO_{4(конц.)} \overset{\circ}{\rightarrow} Fe_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 + H_2O$

3) $B + KOH + H_2O \rightarrow KBO_2 + H_2\uparrow$

4) $C_3H_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_2(COOH)_2 + H_2O$

Вариант 19

1) $As + HNO_{3(конц.)} \rightarrow H_3AsO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

2) $K_2C_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + CO\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O$

3) $Pb(CH_3COOH)_2 + CaOCl_2 + H_2O \rightarrow PbO_2\downarrow + CaCl_2 + CH_3COOH$

4) $CH_3COCH_3 + I_2 + NaOH \rightarrow CHI_3 + CH_3COONa + NaI + H_2O$

Вариант 20

1) $C + HNO_{3(конц., гор.)} \rightarrow CO_2\uparrow + NO_2\uparrow + H_2O$

2) $HBr_{(конц.)} + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow Br_2 + SO_2\uparrow + H_2O$

3) $AgNO_3 + NaOH + H_2O_2 \rightarrow Ag\downarrow + NaNO_3 + H_2O + O_2\uparrow$

4) $KMnO_4 + (COOH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + CO_2\uparrow + K_2SO_4 + H_2O$

Дополнительные уравнения

1. $Au_2S_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Au\downarrow + H_2SO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$
2. $As_2S_3 + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow As_2O_3\downarrow + SO_2\uparrow + H_2O$
3. $HNO_3 + Cu_2S \rightarrow NO_2\uparrow + H_2O + CuSO_4 + Cu(NO_3)_2$
4. $SiC + NaOH + O_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O + Na_2CO_3$
5. $Bi(NO_3)_3 + Na_2O_2 + NaOH \rightarrow NaBiO_3 + NaNO_2 + H_2O + O_2$
6. $AgCN + HNO_{3(конц., гор.)} \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + NH_4NO_3 + CO_2\uparrow$
7. $Al + NaOH + 6H_2O \rightarrow Na[Al(OH)_4] + H_2$
8. $Au + HCl + HNO_3 \rightarrow H[AuCl_4] + NO + H_2O$
9. $[Co(H_2O)_6]^{2+} + NH_3 + O_2 + H^+ \rightarrow [Co(NH_3)_6]^{3+} + H_2O.$
10. $Au + NaCN + H_2O + O_2 \rightarrow Na[Au(CN)_2] + NaOH$
11. $Pt + HNO_3 + HCl \rightarrow H_2[PtCl_6] + NO + H_2O$
12. $Na[Au(CN)_2] + Zn \rightarrow Na_2[Zn(CN)_4] + Au$
13. $Fe + C_6H_5COONa + H_2O + O_2 \rightarrow [Fe(C_6H_5COOH)_6](OH)_3 + NaOH$

Направление протекания окислительно-восстановительных реакций

Направление протекания ОВР в водном растворе устанавливается в стандартных условиях по значениям **стандартных потенциалов** φ° полуреакций восстановления:

Окисленная форма + ne^- → Восстановленная форма

Окислительно-восстановительные реакции протекают самопроизвольно, если разность стандартных электродных потенциалов окислителя и восстановителя, или э.д.с. окислительно-восстановительной реакции $\Delta E > 0$.

Стандартные условия протекания реакции: температура 298,15 К, давление в системе при отсутствии газообразных реагентов или продуктов 1 атмосфера (101325 Па), парциальное давление каждого газообразного реагента или продукта при их наличии 1 атмосфера. Стандартная концентрация каждой окисленной и восстановленной формы в растворе 1 моль/л. Стандартные потенциалы измеряют по отношению к стандартному водородному электроду, потенциал которого условно принят равным нулю.

Если значение φ° для окислительно-восстановительной пары, отрицательное, например

$Zn^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Zn$; φ° = – 0,763 В

то реакция, в которой Zn^{2+} – окислитель и H_2 – восстановитель, характеризуется отрицательным значением разности стандартных потенциалов соответствующих пар.

$Zn^{2+} + H_{2(г)} \rightarrow Zn + 2\ H^+_{(р)}$ $\varphi^\circ_{Ок} - \varphi^\circ_{Вс} = -0{,}763 - (0) = -0{,}763$ В.

Направление ОВР определяет окислитель, у которого значение электродного потенциала больше. На практике самопроизвольно осуществляется обратный процесс: $Zn + 2\ H^+_{(р)} \rightarrow Zn^{2+} + H_{2(г)}$ $\varphi^\circ_{Ок} - \varphi^\circ_{Вс} = 0 - (-0{,}763) = +0{,}763$ В

Для положительных значений φ°, например пары Cu^{2+} / Cu

$Cu^{2+} + 2\ e^- = Cu$; φ° = + 0,338 В

реакция

$Cu^{2+} + H_{2(г)} = Cu + 2\ H^+_{(р)}$ $\varphi^\circ_{Ок} - \varphi^\circ_{Вс} = +0{,}338 - (0) = +0{,}338$ В

где 2 $H^+_{(р)}$ – окислитель и H_2 – восстановитель, характеризуется положительным значением разности потенциалов, и может протекать самопроизвольно.

Пример 1. Установить, в каком направлении возможно самопроизвольное протекание реакции

$2NaCl + Fe_2(SO_4)_3 \leftrightarrow 2FeSO_4 + Cl_2 + Na_2SO_4$

Запишем уравнения электронного баланса и стандартные электродные потенциалы электрохимических систем, участвующих в реакции :

$Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$, $\varphi_1^o = 1{,}36$ В;

$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$, $\varphi_2^o = 0{,}77$ В .

Поскольку $\varphi_1^o > \varphi_2^o$, то окислителем будет служить хлор, а восстановителем - ион Fe^{2+}; рассматриваемая реакция будет протекать так:

$2FeSO_4 + Cl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow 2NaCl + Fe_2(SO_4)_3$

Пример 2. Установить, в каком направлении возможно самопроизвольное протекание реакции

$K_2Cr_2O_7 + 14HCl \leftrightarrow 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O$

Запишем уравнения электронно-ионного баланса и стандартные электродные потенциалы электрохимических систем, участвующих в реакции:

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O$ $\varphi^o_1 = +1{,}33$ В

$Cl_2 + 2e = 2Cl^-$ $\varphi^o_2 = +1{,}36$ В

Поскольку $\varphi_2^o > \varphi_1^o$, то окислителем будет служить хлор, а восстановителем – бихромат-ион; рассматриваемая реакция будет протекать так::

$2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O \rightarrow K_2Cr_2O_7 + 14HCl$

В примере 1 стандартные электродные потенциалы взаимодействующих электрохимических систем существенно различались, так что направление протекания процесса однозначно определялось значениями φ^o при любых концентрациях реагирующих веществ. В тех случаях, когда сравниваемые

значения φ^o близки (разность не более 0,3 В), направление протекания процесса может изменяться в зависимости от концентраций участников реакции (пример 2).

Величина окислительно-восстановительного потенциала в условиях, отличающихся от стандартных, определяется уравнением Нернста:

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{[Ox]}{[\mathrm{Re}\, d]},$$

где φ – окислительно-восстановительный потенциал в данных условиях, В;

φ^0 – стандартный окислительно-восстановительный потенциал, В;

R – универсальная газовая постоянная (8.314 Дж/(моль·К));

T – абсолютная температура, K;

n – число электронов, принимающих участие в потенциалопределяющей полуреакции;

F – постоянная Фарадея (F = 96484.56 Кл/моль);

[Ox]– концентрация окисленной формы ионов;

[Red]– концентрация восстановленной формы ионов.

Концентрация твердой фазы принимается за единицу.

Для стандартной температуры 298 К и с переходом от натурального логарифма к десятичному уравнение Нернста будет иметь вид

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0{,}059}{n} \cdot \lg \frac{[Ox]}{[\mathrm{Re}\, d]},$$

Пример 3. Определить направление возможного самопроизвольного протекания реакции

$$2Hg + 2Ag^+ \leftrightarrow 2Ag + Hg_2^{2+}$$

при стандартной температуре и следующих концентрациях ионов:

а) $[Ag^+] = 10^{-4}$ моль/л , $[Hg_2^{2+}] = 10^{-1}$моль/л;

б) $[Ag^+] = 10^{-1}$моль/л , $[Hg_2^{2+}] = 10^{-4}$моль/л.

Выпишем значения стандартных электродных потенциалов взаимодействующих электрохимических систем:

$Hg_2^{2+} + 2e^- = 2Hg$, $\varphi_1^o = 0{,}79$ В;

$Ag^+ + e^- = Ag$, $\varphi_2^o = 0{,}80$ В.

По уравнению Нернста вычислим значения электродных потенциалов при указанных в условиях задачи концентрациях.

а) $\varphi_1 = \varphi_1^o + 0{,}059/2 \cdot \lg [Hg_2^{2+}] = 0{,}79 + 0{,}030 \lg 10^{-1} = 0{,}79 - 0{,}03 = 0{,}76$ В;

$\varphi_2 = \varphi_2^o + 0{,}059 \cdot \lg [Ag^+] = 0{,}80 + 0{,}059 \lg 10^{-4} = 0{,}80 - 0{,}24 = 0{,}56$ В.

В данном случае $\varphi_1 > \varphi_2$, реакция будет протекать справа налево.

б) $\varphi_1 = 0{,}79 + 0{,}030 \cdot \lg 10^{-4} = 0{,}79 - 0{,}12 = 0{,}67$ В;

$\varphi_2 = 0{,}80 + 0{,}059 \cdot \lg 10^{-1} = 0{,}80 - 0{,}06 = 0{,}74$ В.

Теперь $\varphi_1 < \varphi_2$, и реакция протекает слева направо.

Зависимость окислительной способности некоторых веществ от кислотности среды так же определяется уравнением Нернста. Например, для полуреакции

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4\ H_2O$$

окислительно-восстановительный потенциал можно вычислить по формуле

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0{,}059}{5} \cdot \lg \frac{[MnO_4^-] \cdot [H^+]^8}{[Mn^{2+}]}, \text{ или}$$

$$\varphi = 1{,}507 + 0{,}012 \cdot \lg \frac{[MnO_4^-]}{[Mn^{2+}]} - 0{,}095 pH$$

Потенциалы процесса зависит от pH среды и будет тем больше, чем кислее раствор. Зависимость окислительного потенциала $KMnO_4$ от концентрации ионов водорода пользуются для фракционного окисления анионов галогенидов до свободных галогенов. При pH от 5 до 6 перманганат окисляет только йодиды до йода (не действуя на бромиды и хлориды), при pH = 3 окисляются бромиды, и только при значительно более высокой кислотности окисляются хлориды.

Задания для самостоятельной работы

Обоснуйте возможность самопроизвольного протекания реакций №1 вашего варианта на стр. 16-19, используя Приложение.

Приложение

Таблица 1

СТАНДАРТНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

Элемент	Реакция	E^0	Элемент	Реакция	E^0
Ag	α -$Ag_2S + 2\bar{e} = 2Ag + S^{2-}$	-0,70	B	$BF_4^- + 3e = B + 4F^-$	-1,04
	$Ag(CN)_2^- + \bar{e} = Ag + 2CN^-$	-0,29		$H_3BO_3 + 3H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,869
	$AgI + \bar{e} = Ag + I^-$	-0,152		$BO_3^{3-} + 6H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,165
	$AgCN + \bar{e} = Ag + CN^-$	-0,04	Ba	$Ba^{2+} + 2e = Ba$	-2,905
	$Ag(S_2O_3)_2^{3-} + \bar{e} = Ag + 2S_2O_3^{2-}$	0,01	Be	$Be^{2+} + 2e = Be$	-1,847
	$AgBr + \bar{e} = Ag + Br^-$	0,071		$Be(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-1,820
	$AgCl + \bar{e} = Ag + Cl^-$	0,222		$BeO_2^{2-} + 4H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-0,909
	$Ag_2O + H_2O + 2\bar{e} = 2Ag + 2OH^-$	0,344	Bi	$Bi_2O_3 + 3H_2O + 6e = 2Bi + 6OH^-$	-0,46
	$Ag(NH_3)_2^+ + \bar{e} = Ag + 2NH_3$	0,373		$BiOCl + 2H^+ + 3e = Bi + Cl^- + H_2O$	0,16
	$Ag_2CrO_4 + 2\bar{e} = 2Ag + CrO_4^{2-}$	0,446		$Bi^{3+} + 3e = Bi$	0,215
	$Ag_2C_2O_4 + 2\bar{e} = 2Ag + C_2O_4^{2-}$	0,472		$BiO^+ + 2H^+ + 3e = Bi + H_2O$	0,32
	$AgBrO_3 + \bar{e} = Ag + BrO_3^-$	0,55		$Bi_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Bi + 3H_2O$	0,371
	$2AgO + H_2O + 2\bar{e} = Ag_2O + 2OH^-$	0,60		$NaBiO_3$(т) + $6H^+$+ 2e = $Bi^{3+} + Na^+ + 3H_2O$	1,6 - 1,808
	$Ag^+ + \bar{e} = Ag$	0,799	Br	$2BrO^- + 2H_2O + 2e = Br_2 + 4OH^-$	0,45
	$Ag_2O + 2H^+ + 2\bar{e} = 2Ag + H_2O$	1,173		$2BrO_3^- + 6H_2O + 10e = Br_2 + 12OH^-$	0,50
	$2AgO + 2H^+ + 2\bar{e} = Ag_2O + H_2O$	1,398		$BrO_3^- + 2H_2O + 4e = BrO^- + 4OH^-$	0,54
Al	$AlO_2^- + 2H_2O + 3\bar{e} = Al + 4OH^-$	-2,35		$BrO_3^- + 3H_2O + 6e = Br^- + 6OH^-$	0,61
	$Al(OH)_3 + 3\bar{e} = Al + 3OH^-$	-2,31		$BrO^- + H_2O + 2e = Br^- + 2OH^-$	0,76
	$AlF_6^{3-} + 3\bar{e} = Al + 6F^-$	-2,07		$Br_3^- + 2e = 3Br^-$	1,05
	$Al^{3+} + 3e = Al$	-1,663		Br_2(ж) + 2e = $2Br^-$	1,065
	$Al(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Al + 3H_2O$	-1,471		$BrO_3^- + 6H^+ + 6e = Br^- + 3H_2O$	1,44
	$AlO_2^- + 4H^+ + 3e = Al + 2H_2O$	-1,262		$2BrO_3^- + 12H^+ + 10e = Br_2 + 6H_2O$	1,52
As	$As + 3H^+ + 3e = AsH_3$	-0,60		$2HBrO + 2H^+ + 2e = Br_2 + 2H_2O$	1,59
	$HAsO_2 + 3H^+ + 3e = As + 2H_2O$	0,248	C	$HCOO^- + 2H_2O + 2e = HCHO + 3OH^-$	-1,07
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = HAsO_2 + 2H_2O$	0,559		$2CO_2 + 2H^+ + 2e = H_2C_2O_4$	-0,49
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = H_3AsO_3 + H_2O$	0,58		$CO_2 + 2H^+ + 2e = HCOOH$	-0,20
Au	$Au(CN)_2 + e = Au + 2CN^-$	-0,61		C(графит) + $4H^+ + 4e = CH_4$	-0,132
	$AuBr_4^- + 2e = AuBr_2^- + 2Br^-$	0,802		$CO_2 + 2H^+ + 2e = CO + H_2O$	-0,12
	$AuCl_4^- + 2e = AuCl_2^- + 2\ Cl^-$	0,926		$HCOOH + 2H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	-0,01
	$AuBr_2^- + e = Au + 2Br^-$	0,959		$HCOOH + 4H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,145
	$AuCl_2^- + 2e = Au + 2Cl^-$	1,15		$HCOO^- + 3H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	0,167
	$Au^{3+} + 2e = Au^+$	1,401		$CH_3CHO + 2H^+ + 2e = C_2H_5OH$	0,19
	$Au^{3+} + 3e = Au$	1,498		$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = HCHO + 2H_2O$	0,197
	$Au^+ + 3e = Au$	1,692		$HCOO^- + 5H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,199
Элемент	Реакция	E^0	Элемент	Реакция	E^0

C	$CO_3^{2-} + 8H^+ + 6e = CH_3OH + 2H_2O$	0,209	Co	$Co(OH)_2 + 2e = Co + 2OH^-$	-0,73
	$CO_3^{2-} + 3H^+ + 2e = HCOO^- + H_2O$	0,227		$CoCO_3 + 2e = Co + CO_3^{2-}$	-0,64
	$HCHO + 2H^+ + 2e = CH_3OH$	0,232		$Co(NH_3)_6^{2+} + 2e = Co + 6NH_3$	-0,42
	$2CO_3^{2-} + 4H^+ + 2e = C_2O_4^{2-} + 2H_2O$	0,441		$Co^{2+} + 2e = Co$	-0,277
	$C_2H_5OH + 2H^+ + 2e = C_2H_6 + H_2O$	0,46		$Co(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Co + 2H_2O$	0,095
	$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = C(графит) + 3H_2O$	0,475		$Co(NH_3)_6^{3+} + e = Co(NH_3)_6^{2+}$	0,1
	$CO + 6H^+ + 6e = CH_4 + H_2O$	0,497		$CoO + 2H^+ + 2e = Co + H_2O$	0,166
	$CH_3OH + 2H^+ + 2e = CH_4 + H_2O$	0,59		$Co(OH)_3 + e = Co(OH)_2 + OH^-$	0,17
Ca	$Ca^{2+} + 2e = Ca$	-2,866		$Co^{3+} + 3e = Co$	0,33
Cd	$CdS + 2e = Cd + S^{2-}$	-1,175		$Co^{3+} + e = Co^{2+}$	1,38 - 1,842
	$Cd(CN)_4^{2-} + 2e = Cd + 4CN^-$	-1,09	Cr	$Cr(OH)_2 + 2e = Cr + 2OH^-$	-1,4
	$Cd(OH)_2 + 2e = Cd + 2OH^-$	-0,81		$Cr(OH)_3 + 3e = Cr + 3OH^-$	-1,3
	$Cd(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cd + 4NH_3$	-0,61		$CrO_2^- + 2H_2O + 3e = Cr + 4OH^-$	-1,2
	$Cd^{2+} + 2e = Cd$	-0,403		$Cr^{2+} + 2e = Cr$	-0,913
	$Cd(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cd + 2H_2O$	0,005		$Cr^{3+} + 3e = Cr$	-0,744
	$CdO + 2H^+ + 2e = Cd + H_2O$	0,063		$Cr(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Cr + 3H_2O$	-0,654
Ce	$Ce^{3+} + 3e = Ce$	-2,48		$Cr^{3+} + e = Cr^{2+}$	-0,407
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M H_2SO_4)	1,44		$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e = Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0,13
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M HNO_3)	1,61		$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 12e = 2Cr + 7H_2O$	0,294
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M $HClO_4$)	1,70		$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Cr + 4H_2O$	0,366
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$	1,77		$CrO_4^{2-} + 4H^+ + 3e = CrO_2^- + 2H_2O$	0,945
Cl	$ClO_4^- + H_2O + 2e = ClO_3^- + 2OH^-$	0,36		$CrO_2^- + 4H^+ + e = Cr^{2+} + 2H_2O$	1,188
	$2ClO^- + 2H_2O + 2e = Cl_2 + 4OH^-$	0,40		$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1,333
	$ClO_4^- + H_2O + 8e = Cl^- + 8OH^-$	0,56		$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 3e = Cr^{3+} + 4H_2O$	1,477
	$ClO_3^- + 3H_2O + 6e = Cl^- + 6OH^-$	0,63	Cs	$Cs^+ + e = Cs$	-2,923
	$ClO_2 + 2H_2O + 5e = Cl^- + 4OH^-$	0,85	Cu	$Cu_2S + 2e = 2Cu + S^{2-}$	-0,89
	$ClO^- + H_2O + 2e = Cl^- + 2OH^-$	0,88		$CuS + 2e = Cu + S^{2-}$	-0,71
	$ClO_3^- + 2H^+ + e = ClO_2 + H_2O$	1,15		$Cu(CN)_2^- + e = Cu + 2CN^-$	-0,43
	$ClO_4^- + 2H^+ + 2e = ClO_3^- + H_2O$	1,189		$Cu_2O + H_2O + 2e = 2Cu + 2OH^-$	-0,36
	$ClO_2 + 4H^+ + 4e = 2HCl + H_2O$	1,351		$Cu(OH)_2 + 2e = Cu + 2OH^-$	-0,22
	$Cl_2 + 2e = 2Cl^-$	1,3595		$CuI + e = Cu + I^-$	-0,185
	$ClO_4^- + 8H^+ + 8e = Cl^- + 4H_2O$	1,38		$Cu(NH_3)_2^+ + e = Cu + 2NH_3$	-0,12
	$2ClO_4^- + 16H^+ + 14e = Cl_2 + 8H_2O$	1,39		$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu + 4NH_3$	-0,07
	$ClO_2 + 5H^+ + 5e = HCl + 2H_2O$	1,436		$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu(NH_3)_2^+ + 2NH_3$	-0,01
	$ClO_3^- + 6H^+ + 6e = Cl^- + 3H_2O$	1,451		$CuI_2^- + e = Cu + 2I^-$	0,00
	$2ClO_3^- + 12H^+ + 10e = Cl_2 + 6H_2O$	1,47		$CuBr + e = Cu + Br^-$	0,03
	$HClO + H^+ + 2e = Cl^- + H_2O$	1,494		$CuCl + e = Cu + Cl^-$	0,137
	$ClO_2 + 4H^+ + 5e = Cl^- + 2H_2O$	1,51		$Cu^{2+} + e = Cu^+$	0,153
	$2ClO_2 + 8H^+ + 8e = Cl_2 + 4H_2O$	1,549		$CuCl_2^- + e = Cu + 2Cl^-$	0,177
	$HClO_2 + 3H^+ + 4e = Cl^- + 2H_2O$	1,57		$2Cu^{2+} + H_2O + 2e = Cu_2O + 2H^+$	0,203
	$2HClO + 2H^+ + 2e = Cl_2 + 2H_2O$	1,63		$Cu^{2+} + 2e = Cu$	0,345
	$2HClO_2 + 6H^+ + 6e = Cl_2 + 4H_2O$	1,64		$Cu^{2+} + 2Cl^- + e = CuCl_2^-$	0,463
Co	β -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-1,07		$Cu^+ + e = Cu$	0,520
	α -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-0,90		$Cu^{2+} + Cl^- + e = CuCl$	0,538
Cu	$CuO + 2H^+ + 2e = Cu + H_2O$	0,570	Hg	$HgBr_4^{2-} + 2e = Hg + 4Br^-$	0,21

	$Cu(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cu + 2H_2O$	0,609		$Hg_2Cl_2 + 2K^+ + 2e = 2Hg + 2KCl$ (тв)	0,2415
	$Cu^{2+} + Br^- + e = CuBr$	0,640		$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$	0,268
	$2CuO + 2H^+ + 2e = Cu_2O + H_2O$	0,669		$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$ (1M KCl)	0,28
	$Cu^{2+} + I^- + e = CuI$	0,86		$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$ (0,1M KCl)	0,334
	$Cu^{2+} + 2CN^- + e = Cu(CN)_2$	1,12		$HgCl_4^{2-} + 2e = Hg + 4Cl^-$	0,48
Dy	$Dy^{3+} + 3e = Dy$	-2,353		$Hg_2SO_4 + 2e = 2Hg + SO_4^{2-}$	0,6151
Eu	$Eu^{2+} + 2e = Eu$	-3,395		$Hg_2^{2+} + 2e = 2Hg$	0,788
	$Eu^{3+} + e = Eu^{2+}$	-0,429		$Hg^{2+} + 2e = Hg$	0,850
F	$F_2O + 2H^+ + 4e = 2F^- + H_2O$	2,1		$2Hg^{2+} + 2e = Hg_2^{2+}$	0,920
	$F_2 + 2e = 2F^-$	2,87		$HgO + 2H^+ + 2e = Hg + H_2O$	0,926
Fe	$FeS + 2e = Fe + S^{2-}$	-0,95	Ho	$Ho^{3+} + 3e = Ho$	-2,319
	$Fe(OH)_2 + 2e = Fe + 2OH^-$	-0,877	I	$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,14
	$FeCO_3 + 2e = Fe + CO_3^{2-}$	-0,756		$2IO_3^- + 6H_2O + 10e = I_2 + 12OH^-$	0,21
	$Fe(OH)_3 + e = Fe(OH)_2 + OH^-$	-0,56		$IO_3^- + 3H_2O + 6e = I^- + 6OH^-$	0,25
	$Fe^{2+} + 2e = Fe$	-0,440		$2IO^- + H_2O + 2e = I_2 + 4OH^-$	0,45
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 8e = 3Fe + 4H_2O$	-0,085		$IO^- + H_2O + 2e = I^- + 2OH^-$	0,49
	$Fe_2O_3 + H_2O + 2H^+ + 2e = 2Fe(OH)_2$	-0,057		$I_2 + 2e = 2I^-$	0,536
	$Fe_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Fe + 3H_2O$	-0,051		$I_3^- + 2e = 3I^-$	0,545
	$Fe(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Fe + 2H_2O$	-0,047		$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,56
	$Fe^{3+} + 3e = Fe$	-0,037		$HIO + H^+ + 2e = I^- + H_2O$	0,99
	$Fe(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Fe + 3H_2O$	0,059		$2ICl_2^- + 2e = I_2 + 4Cl^-$	1,06
	$Fe(OH)_3 + H^+ + e = Fe(OH)_2 + H_2O$	0,271		$IO_3^- + 6H^+ + 6e = I^- + 3H_2O$	1,085
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$	0,356		$IO_3^- + 5H^+ + 4e = HIO + 2H_2O$	1,14
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M H_2SO_4)	0,68		$2IO_3^- + 12H^+ + 10e = I_2 + 6H_2O$	1,19
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M HCl)	0,70		$2HIO + 2H^+ + 2e = I_2 + 2H_2O$	1,45
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$ (1M HCl)	0,71		$H_5IO_6 + H^+ + 2e = IO_3^- + 3H_2O$	1,60
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$	0,771	Ir	$IrO_2 + 4H^+ + 4e = Ir + H_2O$	0,93
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 2e = 3Fe^{2+} + 4H_2O$	0,980		$Ir^{3+} + 3e = Ir$	1,15
Ga	$Ga^{3+} + 3e = Ga$	-0,53	K	$K^+ + e = K$	-2,924
Gd	$Gd^{3+} + 3e = Gd$	-2,397	La	$La^{3+} + 3e = La$	-2,522
Ge	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 2e = Ge^{2+} + 3H_2O$	-0,363	Li	$Li^+ + e = Li$	-3,045
	$GeO_2 + 4H^+ + 4e = Ge + 2H_2O$	-0,15	Mg	$Mg(OH)_2 + 2e = Mg + 2OH^-$	-2,69
	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 4e = Ge + 3H_2O$	-0,13		$Mg^{2+} + 2e = Mg$	-2,363
	$Ge^{2+} + 2e = Ge$	0,000		$Mg(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mg + 2H_2O$	-1,862
H	$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$	-0,828	Mn	$MnCO_3 + 2e = Mn + CO_3^{2-}$	-1,48
	$2H^+ + 2e = H_2$	0,0000		$Mn^{2+} + 2e = Mn$	-1,18
	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776		$Mn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mn + 2H_2O$	-0,727
Hf	$Hf^{4+} + 4e = Hf$	-1,70		$MnO_4^- + e = MnO_4^{2-}$	0,564
	$HfO_2 + 4H^+ + 4e = Hf + 2H_2O$	-1,57		$MnO_4^- + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^-$	0,60
Hg	$HgS + 2e = Hg + S^{2-}$	-0,69		$MnO_2 + 4H^+ + 2e = Mn^{2+} + 2H_2O$	1,228
	$Hg(CN)_4^{2-} + 2e = Hg + 4CN^-$	-0,37		$Mn_2O_3 + 6H^+ + 2e = 2Mn^{2+} + 3H_2O$	1,443
	$Hg_2I_2 + 2e = 2Hg + 2I^-$	-0,041		$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$	1,507
	$HgI_4^{2-} + 2e = Hg + 4I^-$	-0,04		$Mn^{3+} + e = Mn^{2+}$ (8M H_2SO_4)	1,509
	HgO(красная) $+ H_2O + 2e = Hg + 2OH^-$	0,098		$MnO_4^- + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$	1,692
	$Hg_2Br_2 + 2e = 2Hg + 2Br^-$	0,140		$MnO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MnO_2 + 2H_2O$	2,257
Mo	$H_2MoO_4 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	-1,091	Nd	$Nd^{3+} + 3e = Nd$	-2,431

	$MoO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = Mo + 8OH^-$	-1,05	Ni	γ-NiS + 2e = Ni + S^{2-}	-1,04
	$Mo^{3+} + 3e = Mo$	-0,200		α-NiS + 2e = Ni + S^{2-}	-0,83
	$MoO_2 + 4H^+ + 4e = Mo + 2H_2O$	-0,072		$Ni(OH)_2 + 2e = Ni + 2OH^-$	-0,72
	$MoO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Mo + 4H_2O$	0,154		$Ni(NH_3)_6^{2+} + 2e = Ni + 6NH_3$	-0,49
	$MoO_3 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + H_2O$	0,320		$NiCO_3 + 2e = Ni + CO_3^{2-}$	-0,45
	$MoO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	0,606		$Ni^{2+} + 2e = Ni$	-0,25
N	$3N_2 + 2\bar{e} = 2N_3^-$	-3,4		$Ni(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Ni + 2H_2O$	0,110
	$3N_2 + 2H^+ + 2\bar{e} = 2HN_3$	-3,1		$NiO + 2H^+ + 2e = Ni + H_2O$	0,116
	$N_2 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_2OH + 2OH^-$	-3,04		$NiO_2 + 4H^+ + 2e = Ni^{2+} + 2H_2O$	1,68
	$N_2 + 4H_2O + 4\bar{e} = N_2H_4 + 4OH^-$	-1,16	O	$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$	0,401
	$N_2 + 8H_2O + 6\bar{e} = 2NH_4OH + 6OH^-$	-0,74		$O_2 + 2H^+ + 2e = H_2O_2$	0,682
	$NO_2^- + H_2O + \bar{e} = NO + 2OH^-$	-0,46		$H_2O_2 + 2e = 3OH^-$	0,88
	$NO_2^- + 6H_2O + 6\bar{e} = NH_4OH + 7OH^-$	-0,15		$O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O$	1,229
	$NO_3^- + 2H_2O + 3\bar{e} = NO + 4OH^-$	-0,14		$O_3 + H_2O + 3e = O_2 + 2OH^-$	1,24
	$NO_3^- + 7H_2O + 8\bar{e} = NH_4OH + 9OH^-$	-0,12		$O_3 + 6H^+ + 6e = 3H_2O$	1,511
	$NO_3^- + H_2O + 2\bar{e} = NO_2^- + 2OH^-$	0,01		$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776
	$N_2 + 6H^+ + 6\bar{e} = 2NH_3$	0,057		$O_3 + 2H^+ + 2e = O_2 + H_2O$	2,07
	$N_2H_4 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_4OH + 2OH^-$	0,1	Os	$OsO_2 + 2H_2O + 4e = Os + 4OH^-$	-0,15
	$N_2 + 8H^+ + 6\bar{e} = 2NH_4^+$	0,275		$OsCl_6^{3-} + e = Os^{2+} + 6Cl^-$	0,4
	$2NO_2^- + 4H_2O + 6\bar{e} = N_2 + 8OH^-$	0,41		$OsO_4 + 8H^+ + 8e = Os + 4H_2O$	0,85
	$NH_2OH + 2H_2O + 2\bar{e} = NH_4OH^- + 2OH^-$	0,42		$OsCl_6^{2-} + e = OsCl_6^{3-}$	0,85
	$2NO_2 + 4H_2O + 8e = N_2 + 8OH^-$	0,53		$Os^{2+} + 2e = Os$	0,85
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,78		$OsO_4 + 4H^+ + 4e = OsO_2 + 2H_2O$	0,96
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,80	P	$H_2PO_2^- + e = P + 2OH^-$	-2,05
	$2NO + 2H_2O + 4e = N_2 + 4OH^-$	0,85		$HPO_3^{2-} + 2H_2O + 2e = H_2PO_2^- + 3OH^-$	-1,57
	$HNO_2 + 7H^+ + 6e = NH_4^+ + 2H_2O$	0,864		$PO_4^{3-} + 2H_2O + 2e = HPO_3^{2-} + 3OH^-$	-1,12
	$NO_3^- + 10H^+ + 8e = NH_4^+ + 3H_2O$	0,87		$2H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_4P_2O_6 + 2H_2O$	-0,94
	$2NO_2 + 2e = 2NO_2^-$	0,88		$P + 3H_2O + 3e = PH_3 + 3OH^-$	-0,89
	$N_2O + H_2O + 2e = N_2 + 2OH^-$	0,94		$H_3PO_2 + H^+ + e = P + 2H_2O$	-0,51
	$NO_3^- + 3H^+ + 2e = HNO_2 + 2H_2O$	0,94		$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(бел) + 3H_2O$	-0,502
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,957		$H_3PO_3 + 3H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,96		$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(кр) + 3H_2O$	-0,454
	$HNO_2 + H^+ + e = NO + H_2O$	1,00		$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(бел) + 4H_2O$	-0,411
	$NO_2 + 2H^+ + 2e = NO + H_2O$	1,03		$H_3PO_4 + 4H^+ + 4e = H_3PO_2 + 2H_2O$	-0,39
	$NO_2 + H^+ + e = HNO_2$	1,09		$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(кр) + 4H_2O$	-0,383
	$2NO_3^- + 10H^+ + 8e = N_2O + 5H_2O$	1,116		$H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_3PO_3 + H_2O$	-0,276
	$2NO_3^- + 12H^+ + 10e = N_2 + 6H_2O$	1,246		$H_3PO_3 + 2H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$2HNO_2 + 4H^+ + 4e = N_2O + 3H_2O$	1,297		$P + 3H^+ + 3e = PH_3$	0,06
	$2NO_2 + 8H^+ + 8e = N_2 + 4H_2O$	1,36		$H_4P_2O_6 + 2H^+ + 2e = 2H_3PO_3$	0,38
	$2HNO_2 + 6H^+ + 6e = N_2 + 4H_2O$	1,45	Pb	$PbS + 2e = Pb + S^{2-}$	-0,93
	$2NO + 4H^+ + 4e = N_2 + 2H_2O$	1,678		$PbO + H_2O + 2e = Pb + 2OH^-$	-0,58
	$N_2O + 2H^+ + 2e = N_2 + H_2O$	1,766		$PbCO_3 + 2e = Pb + CO_3^{2-}$	-0,506
Na	$Na^+ + e = Na$	-2,714		$PbI_2 + 2e = Pb + 2I^-$	0,365
Pb	$PbSO_4 + 2e = Pb + SO_4^{2-}$	-0,3563	S	$S + 2H^+ + 2e = H_2S$	0,141

	$PbF_2 + 2e = Pb + 2F^-$	-0,350		$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SO_3 + H_2O$	0,17
	$PbBr_2 + 2e = Pb + 2Br^-$	-0,280		$SO_3^{2-} + 6H^+ + 6e = S^{2-} + 3H_2O$	0,231
	$PbCl_2 + 2e = Pb + 2Cl^-$	-0,268		$2SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = S_2O_3^{2-} + 5H_2O$	0,29
	$Pb^{2+} + 2e = Pb$	-0,126		$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = H_2S + 4H_2O$	0,311
	$PbO_3^{2-} + H_2O + 2e = PbO_2^{2-} + 2OH^-$	0,2		$SO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = S + 4H_2O$	0,357
	$PbO + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,248		$2H_2SO_3 + 2H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,40
	$Pb(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,277		$H_2SO_3 + 4H^+ + 4e = S + 3H_2O$	0,449
	$PbO_2 + H_2O + 2e = PbO + 2OH^-$	0,28		$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 4e = 2S + 3H_2O$	0,5
	$Pb_3O_4 + 2H^+ + 2e = 3PbO + H_2O$	0,972		$2SO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,705
	$PbO_2 + 4H^+ + 2e = Pb^{2+} + 2H_2O$	1,449-1,455		$S_2O_8^{2-} + 2e = 2SO_4^{2-}$	2,01
	$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = PbSO_4 + 2H_2O$	1,685	Sb	$SbO_2^- + 2H_2O + 3e = Sb + 4OH^-$	-0,675
	$Pb^{4+} + 2e = Pb^{2+}$	1,694		$Sb + 3H^+ + 3e = SbH_3$	-0,51
Pd	$Pd(OH)_2 + 2e = Pd + 2OH^-$	0,07		$SbO_3^- + H_2O + 2e = SbO_2^- + 2OH^-$	-0,43
	$PdI_6^{2-} + 2e = PdI_4^{2-} + 2I^-$	0,623		$Sb_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Sb + 3H_2O$	0,152
	$PdCl_4^{2-} + 2e = Pd + 4Cl^-$	0,623		$SbO^+ + 2H^+ + 3e = Sb + H_2O$	0,212
	$PdO + 2H^+ + 2e = Pd + H_2O$	0,896		$SbO_3^- + 2H^+ + 3e = SbO_2^- + H_2O$	0,353
	$PdCl_6^{2-} + 4e = Pd + 6Cl^-$	0,96		$SbO_2^- + 4H^+ + 3e = Sb + 2H_2O$	0,446
	$Pd^{2+} + 2e = Pd$	0,987		$Sb_2O_5 + 6H^+ + 4e = 2SbO^+ + 3H_2O$	0,581
	$PdBr_6^{2-} + 2e = PdBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,993		$Sb_2O_5 + 4H^+ + 4e = Sb_2O_3 + 2H_2O$	0,671
	$PdO_2 + 2H^+ + 2e = PdO + H_2O$	1,283	Sc	$Sc^{3+} + 3e = Sc$	-2,077
	$PdCl_6^{2-} + 2e = PdCl_4^{2-} + 2Cl^-$	1,288	Se	$Se + 2e = Se^{2-}$	-0,92
Pt	$PtS + 2e = Pt + S^{2-}$	-0,95		$Se + 2H^+ + 2e = H_2Se$	-0,40
	$PtS_2 + 2e = PtS + S^{2-}$	-0,64		$SeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Se + 6OH^-$	-0,366
	$Pt(OH)_2 + 2e = Pt + 2OH^-$	0,15		$SeO_4^{2-} + H_2O + 2e = SeO_3^{2-} + 2OH^-$	0,05
	$PtI_6^{2-} + 2e = PtI_4^{2-} + 2I^-$	0,393		$H_2SeO_3 + 4H^+ + 4e = Se + 3H_2O$	0,741
	$PtBr_4^{2-} + 2e = Pt + 4Br^-$	0,58		$SeO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SeO_3 + H_2O$	1,15
	$PtBr_6^{2-} + 2e = PtBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,59	Si	$SiO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Si + 6OH^-$	-1,7
	$PtCl_6^{2-} + 2e = PtCl_4^{2-} + 2Cl^-$	0,720		$SiF_6^{2-} + 4e = Si + 6F^-$	-1,2
	$PtCl_4^{2-} + 2e = Pt + 4Cl^-$	0,73		$SiO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = Si + 3H_2O$	-0,455
	$Pt(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pt + 2H_2O$	0,980		$Si + 4H^+ + 4e = SiH_4$	0,102
	$PtO_2 + 2H^+ + 2e = Pt(OH)_2$	1,045	Sn	$SnS + 2e = Sn + S^{2-}$	-0,94
	$Pt^{2+} + 2e = Pt$	1,188		$Sn(OH)_6^{2-} + 2e = HSnO_2^- + H_2O + 3OH^-$	-0,93
Ra	$Ra^{2+} + 2e = Ra$	-2,925		$HSnO_2^- + H_2O + 2e = Sn + 3OH^-$	-0,91
Rb	$Rb^+ + e = Rb$	-2,925		$SnF_6^{2-} + 4e = Sn + 6F^-$	-0,25
	$SO_4^{2-} + H_2O + 2e = SO_3^{2-} + 2OH^-$	-0,93		$Sn^{2+} + 2e = Sn$	-0,136
	$2SO_4^{2-} + 5H_2O + 8e = S_2O_3^{2-} + 10OH^-$	-0,76		$SnO_2 + 2H^+ + 2e = SnO + H_2O$	-0,108
	$SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S + 6OH^-$	-0,66		$SnO_2 + 4H^+ + 4e = Sn + 2H_2O$	-0,106
	$2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S_2O_3^{2-} + 6OH^-$	-0,58		$SnO + 2H^+ + 2e = Sn + H_2O$	-0,104
	$S_2^{2-} + 2e = 2S^{2-}$	-0,524		$Sn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Sn + 2H_2O$	-0,091
S	$S + 2e = S^{2-}$	-0,48		$SnCl_6^{2-} + 2e = SnCl_4^{2+} + 2Cl^-$	0,14
	$2S + 2e = S_2^{2-}$	-0,476		$Sn^{4+} + 2e = Sn^{2+}$	0,151
	$S + H^+ + 2e = HS^-$	-0,065	Sr	$Sr^{2+} + 2e = Sr$	-2,888
	$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 8e = 2S^{2-} + 3H_2O$	-0,006	Te	$Te + 2e = Te^{2-}$	-1,14
	$S_4O_6^{2-} + 2e = 2S_2O_3^{2-}$	0,08		$Te + 2H^+ + 2e = H_2Te$	-0,72
	$SO_4^{2-} + 8H^+ + 8e = S^{2-} + 4H_2O$	0,149		$TeO_3^{2-} + 2H_2O + 4e = Te + 6OH^-$	-0,57
	$TeO_2 + 4H^+ + 4e = Te + 2H_2O$	0,529		$V^{2+} + 2e = V$	-1,175

	$TeO_4^{2-} + 2H^+ + 2e = TeO_3^{2-} + H_2O$	0,892		$V^{3+} + e = V^{2+}$	-0,255
	$H_6TeO_6 + 2H^+ + 2e = TeO_2 + 4H_2O$	1,02		$VO_2^+ + 4H^+ + 5e = V + 2H_2O$	-0,25
Ti	$Ti^{2+} + 2e = Ti$	-1,63		$VO_2^{2+} + e = VO^+$	-0,044
	$TiO + 2H^+ + 2e = Ti + H_2O$	-1,306		$VO_2^+ + 4H^+ + 3e = V^{2+} + 2H_2O$	0,360
	$TiF_6^{2-} + 4e = Ti + 6F^-$	-1,19	V	$V_2O_5 + 6H^+ + 2e = 2VO^{2+} + 3H_2O$	0,958
	$TiO_2 + 4H^+ + 4e = Ti + 2H_2O$	-0,86		$VO_2^+ + 2H^+ + e = VO^{2+} + H_2O$	1,004
	TiO_2(рутил) $+ H^+ + 4e = Ti^{3+} + 2H_2O$	-0,666		$VO_4^{3-} + 6H^+ + 2e = VO^+ + 3H_2O$	1,256
	TiO_2(рутил) $+ 2H^+ + 4e = Ti^{2+} + 2H_2O$	-0,502		$H_2VO_4^- + 4H^+ + e = VO^{2+} + 3H_2O$	1,314
	$Ti^{3+} + e = Ti^{2+}$	-0,368		$WO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = W + 8OH^-$	-1,05
	$Ti^{4+} + e = Ti^{3+}$ (5M H_3PO_4)	-0,15	W	$WO_2 + 4H^+ + 4e = W + 2H_2O$	-0,119
	$TiO^{2+} + 2H^+ + 2e = Ti^{2+} + H_2O$	-0,135		$WO_3 + 6H^+ + 6e = W + 3H_2O$	-0,09
	$TiO^{2+} + 2H^+ + e = Ti^{3+} + H_2O$	0,10		$W_2O_5 + 2H^+ + 2e = 2WO_2 + H_2O$	-0,031
Tl	$Tl_2S + 2e = 2Tl + S^{2-}$	-0,93		$2WO_3 + 2H^+ + 2e = W_2O_5 + H_2O$	-0,029
	$TlI + e = Tl + I^-$	-0,753		$WO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = W + 4H_2O$	0,049
	$TlBr + e = Tl + Br^-$	-0,658		$2WO_4^{2-} + 6H^+ + 2e = W_2O_5 + 3H_2O$	0,801
	$TlCl + e = Tl + Cl^-$	-0,557		$ZnS + 2e = Zn + S^{2-}$	-1,405
	$TlOH + e = Tl + OH^-$	-0,344	Zn	$Zn(CN)_4^{2-} + 2e = Zn + 4CN^-$	-1,26
	$Tl^+ + e = Tl$	-0,3363		$Zn(OH)_2 + 2e = Zn + 2OH^-$	-1,245
	$Tl(OH)_3 + 2e = TlOH + 2OH^-$	-0,05		$Zn(OH)_4^{2-} + 2e = Zn + 4OH^-$	-1,22
	$Tl_2O_3 + 3H_2O + 4e = 2Tl^+ + 6OH^-$	0,02		$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e = Zn + 4OH^-$	-1,216
	$TlOH + H^+ + e = Tl + H_2O$	0,778		$ZnCO_3 + 2e = Zn + CO_3^{2-}$	-1,06
	$Tl^{3+} + 2e = Tl^+$	1,252		$Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e = Zn + 4NH_3$	-1,04
U	$UO_2 + 2H_2O + 4e = U + 4OH^-$	-2,39		$Zn^{2+} + 2e = Zn$	-0,763
	$U^{3+} + 3e = U$	-1,798		$ZnO_2^{2-} + 4H^+ + 2e = Zn + 2H_2O$	0,441
	$U^{4+} + e = U^{3+}$	-0,607		$ZrO^{2+} + 2H^+ + 4e = Zr + H_2O$	-1,570
	$UO_2^{2+} = UO_2^+$	0,05	Zr	$ZrO_2 + 4H^+ + 4e = Zr + 2H_2O$	-1,553
	$UO_2^{2+} + 4H^+ + 2e = U^{4+} + 2H_2O$	0,334		$Zr^{4+} + 4e = Zr$	-1,539
	$UO_2^+ + 4H^+ + e = U^{4+} + 2H_2O$	0,62			

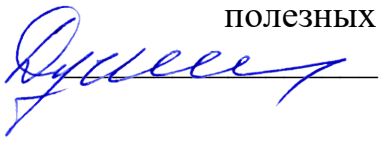
Список литературы

Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия.: учебник 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Глинка Н.Л. Общая химия.: учебник / под ред. В.А. Попкова, А.В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Глинка Н.Л. Общая химия. Задачи и упражнения: учебно-практическое пособие. Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2014. 240 с.

Хомченко И.Г. Общая химия. Сборник задач и упражнений. Изд-во «Новая волна», 2011. 256 с.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
 В.А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.Б.1.14 ГЕОЛОГИЯ

для обучающихся специальности

25.05.04 Горное дело

Авторы: Макаров А.Б., профессор, д.г.-м.н., Малюгин А.А., доцент, к.г.-м.н

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
наименование кафедры
Протокол № 184 от 17.04.2019 г
дата

Екатеринбург
2019

Самостоятельная работа студентов в рамках учебного процесса играет важную роль в изучении дисциплины «Геология», поскольку основными объектами труда горных инженеров являются месторождения полезных ископаемых. Поэтому в процессе обучения у студентов формируются, как навыки в области геологии в целом, так и представления о месторождения полезных ископаемых как геологических объектах, возникающих в процессах формирования и развития земной коры. Главные задачи профессиональной деятельности – разработка месторождений полезных ископаемых, могут быть успешно решены при условии овладения студентом современных представлений о геологии, геологических и физико-химических условиях формирования месторождений, особенностями геолого-промышленной оценки. В процессе самостоятельной работы студент получает представление об особенностях проявления геологических процессов, типа месторождений с которыми он будет сталкиваться в процессе своей будущей практической деятельности, и сравнивать с ними конкретные объекты. Для этого в рамках самостоятельной работы в первую очередь следует обратить внимание на изучение имеющегося на кафедре каменного материала, характеризующего большую часть типов промышленных месторождений.

Основное содержание дисциплины и объемы самостоятельной работы по разделам дисциплины приведены в таблице

№№ тем	Содержание	Часы по СРС
1	Изучение минералов и горных пород	10
2	Форма и условия залегания рудных тел	2
3	Структуры и текстуры руд	14
4	Изучение генетических и промышленных типов месторождений полезных ископаемых	10
5	Разведка месторождений	9
6	Подготовка к экзамену	27

Методические указания по организации самостоятельного изучения дисциплины

1. Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине «Геология» дают главный материал, как по теории, так и по практике в области геологических наук, генезиса и геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых, разведки месторождений. Современные проблемы, рассматриваемые в данной

дисциплине, обусловлены как появлением новых теоретических представлений о геологии в целом, так и месторождений, их новых промышленных типов, методов и способов разведки. Это требует после прослушивания лекций обращаться к рекомендуемой литературе для более глубокой проработки соответствующей темы, детального рассмотрения основных терминов, проблемных вопросов и подходов к их решению, а также изучения дополнительного материала по теме для последующего выполнения лабораторных заданий.

После прослушивания лекции необходимо:

- внимательно просмотреть конспект лекции и (используя поля) сделать необходимые пояснения к сокращениям, аббревиатурам, терминам и т.п.;
- используя рекомендованную литературу уяснить проблемные вопросы и подходы к их решению;
- в письменном виде сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю для окончательного усвоения темы лекции;
- следует взять за правило – выполнять работу с конспектом лекций в тот же день, когда лекция прослушана и в памяти еще осталась часть ее содержания.

2. Подготовка, выполнение и оформление практических занятий

Практические занятия расширяют область знаний в изучаемой дисциплине и показывают применение теоретической части в практике исследований, позволяют самостоятельно оперировать знаниями в решении практических задач.

Наиболее важным в этом плане является изучение и закрепление знаний о минералах и горных породах, вещественном составе минерального сырья по методическим указаниям, имеющимся на кафедре ГПР МПИ. Последующим этапом закрепления теоретического материала является изучение новых разрабатываемых месторождений в рамках существующих геолого-промышленных типов и генетической классификации МПИ и методов их разведки.

Особое внимание при изучении курса «Геология» следует обратить на работу с научной литературой по данной проблематике.

Чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнения в решении практических задач, подготовка к занятиям проводятся по прочитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных разделов лекционного курса. Они вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности. В рамках программы изучения дисциплины «Геология» предусматривается следующая тематика практических работ.

Тема 1. **Изучение минералов и горных пород.**

Цель практических работ – изучить основные классы минералов, обращая внимание на главные рудные минералы и горные породы – магматические, осадочные, метаморфические. Дополнительное их изучение рекомендуется проводить в Уральском геологическом музее.

Тема 2. Форма и условия залегания рудных тел.

Цель практических работ – ознакомиться с принципами определения формы рудных тел, изучить геологические разрезы, определить формы рудных тел на реальных геологических разрезах и найти их место в квалификационной таблице; по геологической обстановке на разрезе определить главные факторы, обусловившие форму и место локализации полезного ископаемого.

Места локализации рудных тел и, соответственно, их форма определяется рядом геологических факторов, в частности, условиям образования (эндогенными, экзогенными, или метаморфогенными). Как следствие, при изучении геологических разрезов месторождений, после определения формы рудного тела следует внимательно ознакомиться с геологической обстановкой и попытаться определить, какой из геологических факторов является определяющим: сингенетичность или эпигенетичность руд: отложения или замещения и др.

При выполнении работы следует иметь в виду, что форма природных геологических тел в большинстве случаев далека от идеальной, и при определении названия подбирается наиболее близкий эталон – идеальное геологическое тело.

Тема 3. Структуры и текстуры руд

Цель занятий – ознакомиться с основными структурами и текстурами руд, описать особенности минералогического состава и текстур руд различного генезиса. При изучении образцов необходимо, прежде всего, определить рудные минералы, текстуры, определить тип месторождения по типоморфным текстурам. Для этого используются таблицы «Типы текстур руд» по С.А. Вахромееву (1979).

Тема 4. Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых

Цель практических работ – изучение теоретического и имеющегося в учебных коллекциях каменного материала, изучить парагенетические ассоциации минералов руд, описать имеющиеся в коллекциях образцы руд и определить их место согласно генетической классификации месторождений

полезных ископаемых (по В.Ф. Рудницкому, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 46).

Последовательность изучения генетических типов МПИ рекомендуется следующим образом:

1). Повторение теоретического материала по лекции, учебным пособиям, консультации с преподавателем, просмотр дополнительной литературы из рекомендованного списка.

2). Самостоятельная работа по дополнительному изучению образцов руд из учебных коллекций кафедры.

3). Изучение примеров месторождений данного класса по литературным данным.

4). Проверка усвоения материала по «Вопросам и заданиям для самопроверки» (В.Ф. Рудницкий, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 233-245).

Тема 5. Разведка месторождений.

Проработка материала по теме проводится по методическим указаниям к лабораторным работам кафедры ГПР МПИ.

3. Рекомендации по работе с литературой

Изучение учебной и научной литературы является основным видом самостоятельной работы, которая сопровождает весь процесс изучения любой дисциплины. Организацию этой работы следует строить, используя следующие рекомендации:

1. Составить перечень книг, с которыми следует познакомиться, ориентируясь на источники, содержащие необходимый материал.

2. Систематизировать перечень источников (для экзамена, для написания исследовательских работ.

3. Зафиксировать выходные данные по каждой книге.

4. Установить для себя, какие книги (или какие главы книги) следует прочитать более внимательно, а какие – просмотреть. При этом целесообразно проконсультироваться с преподавателем.

5. Все прочитанные книги, учебники и статьи рекомендуется конспектировать с указанием основных идей автора, наиболее ярких цитат (с указанием страниц источника).

6. На собственных книгах допускается делать на полях краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте – это позволяет экономить время и быстро находить «избранные» места в разных книгах.

7. Рекомендуется широко использовать интернет-источники и базы геологической литературы.

4. Подготовка к экзамену

На экзамене будут оценены полученные в процессе обучения знания (примерный перечень рассматриваемых на экзамене вопросов приведен ниже).

1. Геология, объект и предмет геологии, основные этапы развития и достижения российской геологии
2. Солнечная система и гипотезы ее происхождения
3. Физические свойства Земли (сила тяжести, плотность, магнетизм, упругие свойства)
4. Модели внутреннего строения Земли
5. Состав и строение земной коры
6. Геохронология и стратиграфия
7. Геосинклинали и платформы
8. Тектонические движения, складки и их типы
9. Разрывные нарушения, их элементы и типы
10. Землетрясения, их классификация и прогноз
11. Магматизм, классификация магматических пород
12. Минералы и их классификация
13. Метаморфизм, фации метаморфических пород
14. Выветривание горных пород, типы выветривания
15. Геологическая деятельность ветра
16. Геологическая деятельность ледников
17. Геологическая деятельность поверхностных текущих вод
18. Геологическая деятельность моря
19. Подземные воды и их классификация
20. Понятие о полезных ископаемых и их месторождениях
21. Вещественный состав полезных ископаемых. Текстуры и структуры руд
22. Форма тел полезных ископаемых
23. Магматические месторождения и их примеры
24. Гидротермальные месторождения и их примеры
25. Осадочные месторождения полезных ископаемых
26. Метаморфогенные месторождения и их примеры
27. Принципы поисковых и разведочных работ, стадии геологоразведочных пород
28. Поиски месторождений полезных ископаемых и их методы

29. Задачи разведки месторождений полезных ископаемых и технические средства разведки
30. Опробование полезных ископаемых. Классификация и подсчет запасов месторождений

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. В процессе подготовки к экзамену имеющиеся пробелы в знаниях, углубляются, систематизируются и упорядочиваются знания. На экзамене демонстрируются знания и навыки, приобретенные в процессе обучения по данной дисциплине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ

Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Короновский Н.В., Старостин В.И., Авдонин В.В. Геология для горного дела. М.: Изд. Центр «Академия», 2007. 576с.	100
2	Попова О.М. Полезные ископаемые : Лабораторный практикум с основами теории. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ 2007. 97с.	10
3	Поленов Ю.А. Основы геологии: учебник / Ю.А. Поленов; Урал.гос.горный ун-т. 4-е издание, испр. доп. Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2018. 338с.	50

Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
4	Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов/ под ред. В.В.Ершова. М.: Недра, 1989 – 399с.	100
5	Рудницкий В.Ф. Основы учения о полезных ископаемых. Екатеринбург: 3-е изд. УГГУ, 2015. 238с.	100
6	Ершов В.В., Новиков А.А., Попова Г.Б. Основы геологии. М.: Недра,1986	электронная библиотека
7	Баранников А.Г., Никулина И.А., Хасанова Г.Г. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учебное пособие. УГГУ, 2018.184с.	50
8	Дворник Г.П. Горнопромышленная геология. Учебное пособие. УГГУ. 2018. 234с.	50

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Все о геологии http://www.geo.web.ru

Единое окно доступа к образовательным ресурсам- Режим доступа: http://window.edu.ru

Геоинформмарк http://www.geoinform.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

И.Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Методичесое пособие

К курсовой работе

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело

специализация «Маркшейдерское дело»

очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 4

1.ТРУБНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА 5

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ 9

3. ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРУБНЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ» 10

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 12

4.1. Соединение труб муфтами 12

4.1.1. Соединение труб прямой муфтой 12

4.1.2. Соединение труб переходной муфтой 17

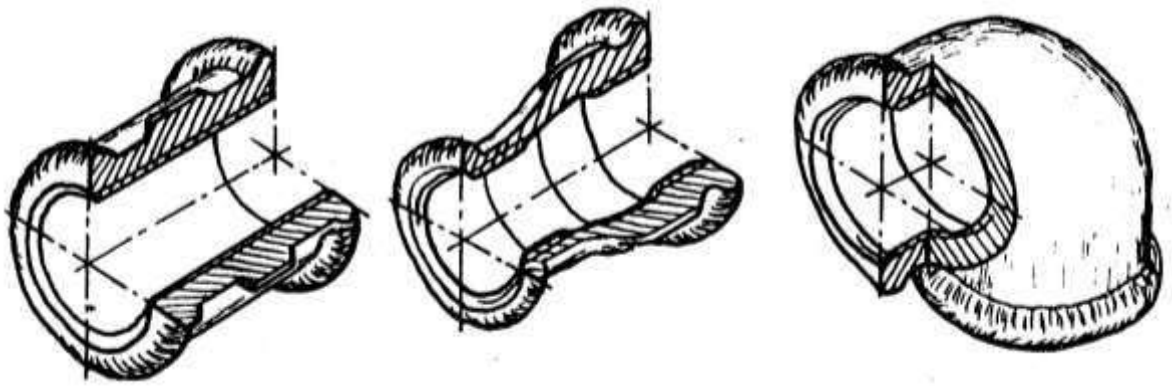
4.2. Соединение труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами 19

4.3. Перекрытие труб колпаком 23

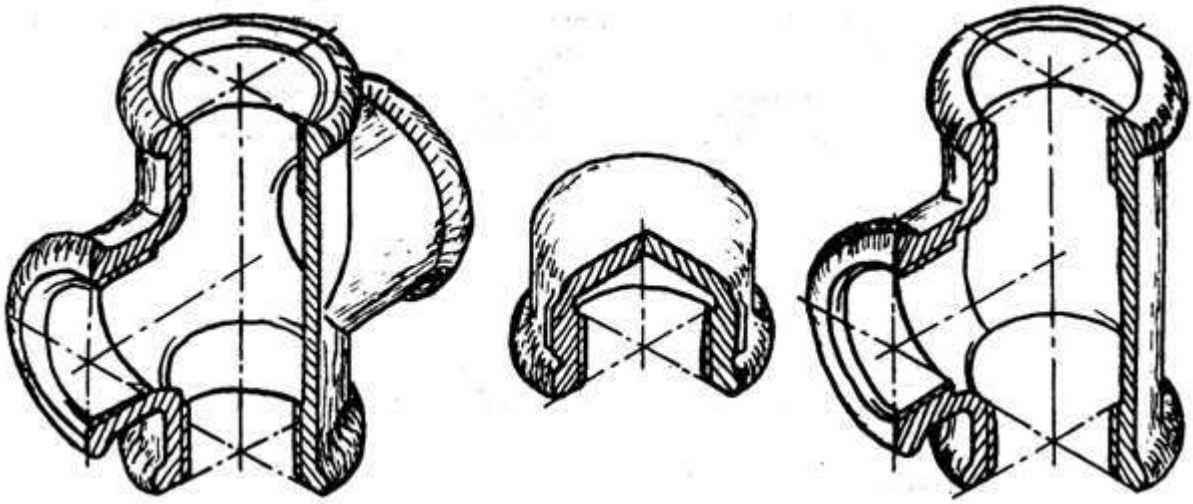
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 26

ВВЕДЕНИЕ

В промышленности трубы, имеющие на концах наружную резьбу, соединяются соединительными частями (фитингами), которые имеют резьбу в отверстиях. Виды резьбовых трубных соединений определяются условиями их работы. В обычных трубопроводах с нормальным давлением (в системах отопления, вентиляции, газификации, водоснабжения) чаще всего имеют место соединения труб деталями с трубной цилиндрической резьбой.



Муфта прямая Муфта переходная Угольник прямой



Крест прямой Колпак Тройник прямой

Рис. 1. Соединительные части (фитинги)

Соединительные части - фитинги (рис. 1) – позволяют соединить сразу несколько труб, устраивать ответвления под разными углами, переходы с одного диаметра на другой и т. д. Фитинги изготавливают из ковкого чугуна для условных проходов от 8 до 150 мм. Для придания фитингам из ковкого чугуна необходимой жесткости их снабжают по краям буртиками, а муфты для обеспечения лучшего захвата газовым ключом – несколькими ребрами, расположенными на боковой поверхности по направлению образующих.

1. ТРУБНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА

Профиль трубной цилиндрической резьбы – равнобедренный треугольник с углом α=55°, вершины и впадины профиля закруглены, а в соединении между вершинами и впадинами наружной и внутренней резьбы отсутствуют зазоры. Трубная резьба разработана в дюймовой системе (1 дюйм = 1″=25,4 мм).

Шаг трубной резьбы задают косвенным способом: указывают число ниток резьбы, укладывающихся на 1″. Это число ниток стандартизовано в пределах от 28 до 11.

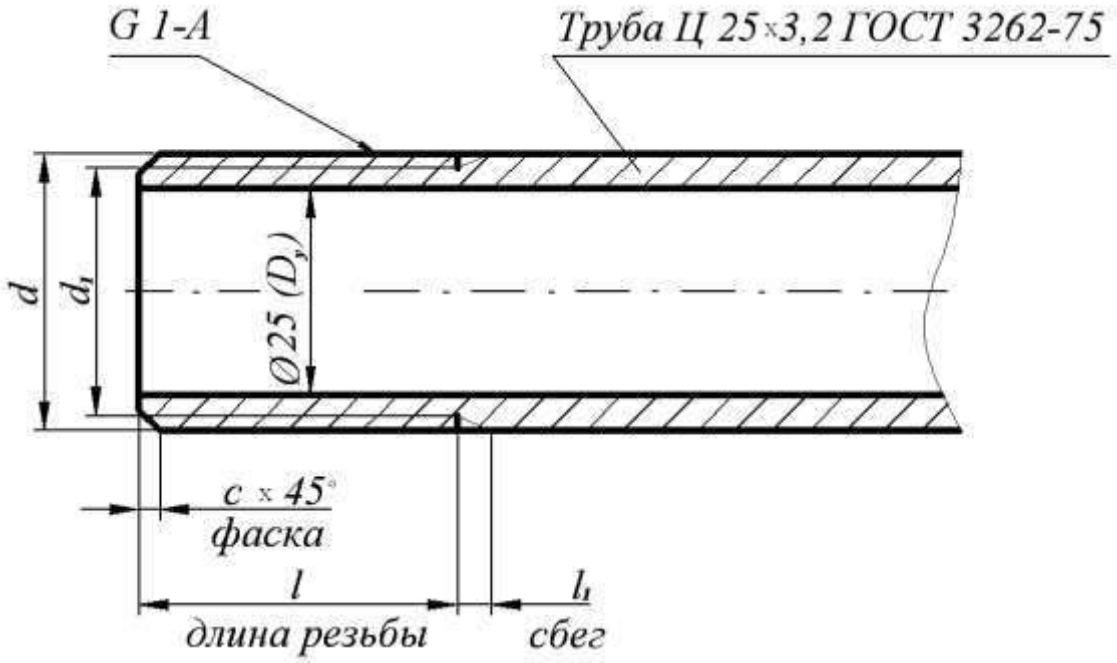


Рис. 2. Изображение трубы

Обозначение размера трубной резьбы имеет особенность, которая заключается в том, что размер задается не наружным диаметром трубы, на которой нарезается резьба, а величиной внутреннего диаметра трубы. Объяснение этой условности состоит в том, что конструктивный расчет трубопроводов ведется по условным проходам трубопроводов, арматуры и соединительных частей.

Например, трубная резьба в 1″ нарезается на трубе, которая имеет внутренний диаметр, равный 25 мм; размер же наружного диаметра всегда больше диаметра в свету на две толщины стенки трубы (рис. 2). По этой причине обозначение резьбы располагают на полке-выноске, которая заканчивается стрелкой, опирающейся на контур трубной резьбы.

Условное обозначение резьбы состоит из буквы *G*, обозначения размера резьбы и класса точности среднего диаметра. Условное обозначение для левой резьбы дополняется буквами *LH*, например,

G 1½ - *B* – трубная цилиндрическая резьба 1½″ класса точности *B*,

G 1½ - *LH* - *B* – то же для левой резьбы.

Длину свинчивания указывают в миллиметрах после обозначения класса точности: *G* 1½ - В –40.

В обозначении трубы указывают условный проход, толщину стенки, другие данные (точность изготовления, покрытие, длину, наличие резьбы и муфты) и номер стандарта, например:

Труба 20×2,8–2000 ГОСТ 3262-75 – труба обыкновенная неоцинкованная без муфты, без резьбы с D_y =20 мм.

Для вычерчивания трубы и соединительных частей используют размеры, предусмотренные ГОСТ 3262-75 и ГОСТ 6357-81 (табл. 1), а также ГОСТ 10549-63 (табл. 2).

Для труб бесшовных горяче- и холоднодеформированных, для толстостенных труб (ГОСТ 8734-75, 8732-78, 9940-81) выполняют рабочие чертежи, на которых указывают длину трубы, условный проход, длину резьбы и величину сбега резьбы.

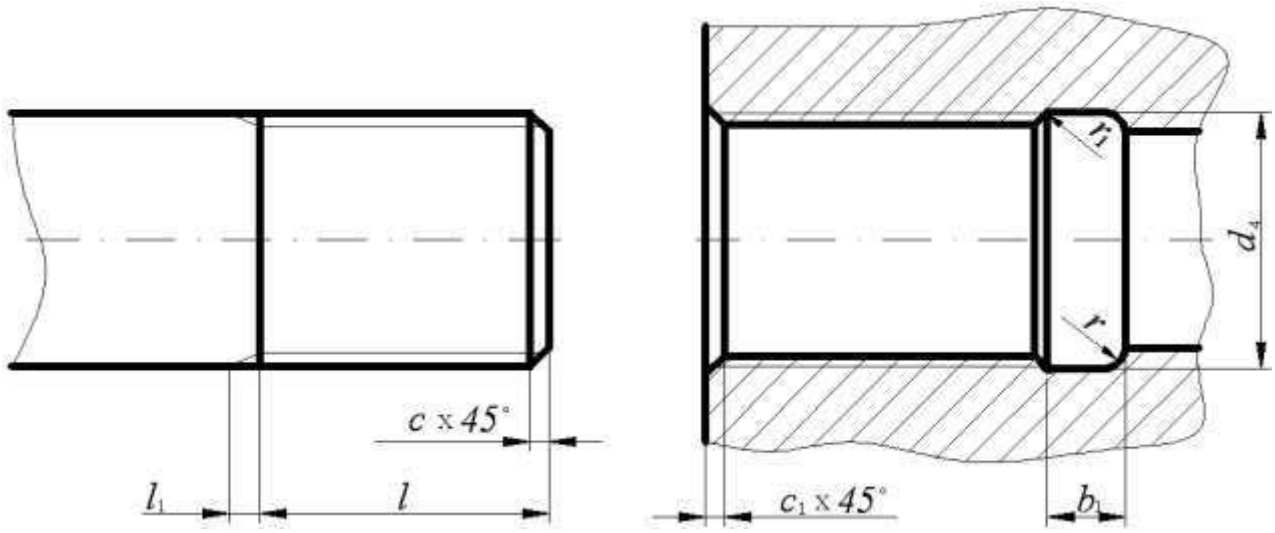
Таблица 1

Резьба трубная цилиндрическая ГОСТ 6357-81

Обозначение размера резьбы		Шаг, мм P	Диаметр резьбы, мм		Толщина стенки труб, мм
D_y, мм	в дюймах		наружный $d=D$	внутренний $d_1=D_1$	
6	1/8	0,907	9,728	8,566	2,0
8	¼	1,337	13,157	11,445	2,2
10	3/8		16,662	14,950	2,2
15	½	1,814	20,955	18,631	2,8
20	¾		26,441	24,117	2,8
25	1	2,304	33,249	30,291	3,2
32	1 ¼		41,910	38,952	3,2
40	1 ½		47,803	44,845	3,5
50	2		59,614	56,656	3,5
65	2 ½		75,184	72,226	4,0
80	3		87,884	84,926	4,0
90	3 ½		100,330	97,372	4,0
100	4		113,030	110,072	4,5

Таблица 2

Размеры сбегов, проточек и фасок для трубной цилиндрической резьбы



D_y, мм	l_1, мм	l, мм		c, мм	b_1, мм	r, мм	r_1, мм	d_4, мм	c_1, мм
		длинной	короткой						
1/8	1,6	-	-	1,0	4	1,0	0,5	10,5	1,0
¼	2,4	-	-	1,6	5	1,6		13,5	
3/8		-	-					17,0	
½	3,2	14	9,0	2,0	8	2,0	1,0	21,5	1,6
¾		16	10,5					27,0	
1	4,1	18	11,0	2,5	10	3,0		34,0	
1 ¼		20	13,0					43,0	
1 ½		22	15,0					48,5	
2		24	17,0					60,5	
2 ½		27	19,5					76,0	
3		30	22,0					89,0	
3 ½		33	26,0					101,0	
4		36	30,0					114,0	

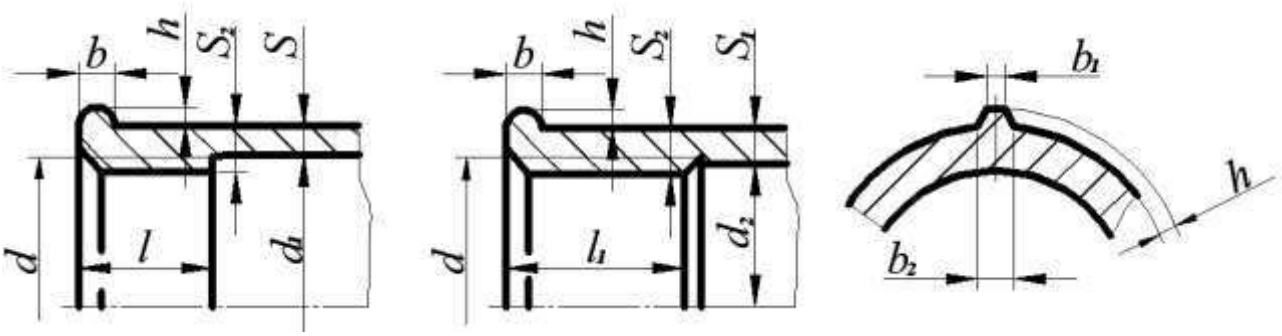
2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

На чертежах трубных соединений, выполняемых как конструктивные чертежи, вычерчиваются все элементы соединительных частей и контргаек (если их ставят) – буртики, фаски, ребра, размеры которых для изделий из ковкого чугуна устанавливает ГОСТ 8945-75.

Таблица 3

Конструктивные размеры соединительных частей, мм

Вариант 1 Вариант 2



Резьба				d_1	d_2	S	S_1	S_2	S_3	b	b_1	b_2	h
Обозначение	d	l	l_1										
		не менее											
$G1/4$	13,16	9,0	9,0	13,5	12,5	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
$G3/8$	16,66	10,0	11,0	17,0	16,0	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
$G1/2$	20,96	12,0	14,0	21,5	20,0	2,8	3,5	4,2	4,2	3,5	2,0	4,0	2,0
$G3/4$	26,44	13,5	16,0	27,0	25,5	3,0	3,5	4,4	4,2	4,0	2,0	4,0	2,5
$G1$	33,25	15,0	19,0	34,0	32,0	3,3	4,0	5,2	4,8	4,0	2,5	4,5	2,5
$G1\frac{1}{4}$	41,91	17,0	21,0	42,5	40,5	3,6	4,0	5,4	4,8	4,0	2,5	5,0	3,0
$G1\frac{1}{2}$	47,81	19,0	21,0	48,5	46,5	4,0	4,0	5,8	4,8	4,0	3,0	5,0	3,0
$G2$	59,62	21,0	24,0	68,5	58,5	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,0	6,0	3,5
$G2\frac{1}{2}$	75,19	23,5	27,0	76,0	74,0	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,5	6,5	3,5
$G3$	87,89	26,0	30,0	89,0	87,0	4,5	4,5	6,5	6,0	6,0	4,0	7,0	4,0
$G4$	113,0	39,0	39,5	115	112	5,5	5,5	8,0	7,0	7,0	5,0	8,5	4,5

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРУБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ»

3.1. Цель задания

Целью задания является изучение правил выполнения трубных резьбовых соединений, условное изображение и обозначение трубной цилиндрической резьбы, конструктивных элементов соединительных частей. При выполнении задания студент должен приобрести навыки общения с Государственными стандартами по данной теме.

3.2. Содержание задания

Задание выполняется карандашом на формате А4 в масштабе, выбранном в соответствии с ГОСТ 2.302-68.

Вычертить соединение труб в двух видах с необходимыми разрезами и нанести размеры согласно стандартам.

Выполнить изображение конца трубы и указать ее конструктивные размеры.

Составить спецификацию.

Таблица 4

Варианты задания

Номер варианта	Соединительная часть	Диаметр условного прохода, мм
1	Угольник	8
2	Крест	80
3	Муфта	40×20
4	Колпак, исполнение 2	80
5	Муфта	50
6	Крест	50
7	Тройник	40
8	Тройник	50
9	Угольник	40
10	Колпак, исполнение 2	65
11	Угольник	20
12	Тройник	25
13	Крест	32
14	Колпак, исполнение 1	20
15	Муфта прямая короткая	15

Продолжение табл. 4

Номер варианта	Соединительная часть	Диаметр условного прохода, мм
16	Муфта прямая длинная	25
17	Муфта переходная	65×32
18	Тройник	50
19	Крест	65
20	Колпак, исполнение 1	15
21	Муфта прямая короткая	32
22	Муфта прямая длинная	20
23	Угольник	10
24	Муфта переходная	80×40
25	Крест	50
26	Колпак, исполнение 2	10
27	Муфта прямая короткая	80
28	Муфта прямая длинная	15
29	Угольник	15
30	Тройник	80
31	Муфта переходная	40×20
32	Колпак, исполнение 1	8
33	Муфта прямая короткая	25
34	Муфта прямая длинная	10
35	Муфта переходная	50×30
36	Тройник	15
37	Крест	20
38	Угольник	32
39	Угольник	20
40	Угольник	80
41	Угольник	15
42	Колпак, исполнение 1	50
43	Крест	25
44	Муфта переходная	32×20
45	Муфта	15
46	Угольник	32
47	Тройник	65
48	Крест	65
49	Колпак, исполнение 1	32
50	Муфта прямая длинная	32

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Изображение трубных резьбовых соединений – это выполнение сборочного чертежа первой сложности. Правила выполнения сборочного чертежа регламентирует ГОСТГОСТ 2.109-73, составление спецификации - ГОСТ 2.302-68, а основную надпись - ГОСТ 2.104-68.

4.1. Соединение труб муфтами

При соединении муфтой ось труб располагают параллельно основной надписи чертежа. Конструкцию соединения показывают в разрезе плоскостью, проходящей через оси труб и фитинга, допускается соединять части вида и разреза. В разрезе показывают только ту часть резьбы фитинга, которая не закрыта резьбой трубы. Второе изображение обычно представляет собой сечение плоскостью, перпендикулярной одной из труб.

Необходимо иметь в виду, что для полностью завинченной трубы за торец соединительной части выходит только сбег резьбы.

Для демонтажа трубного соединения, например, при ремонтных работах, на конце одной из труб нарезают более длинную резьбу – сгон.

Длину сгона рассчитывают так, чтобы можно было свинтить контргайку, муфту и иметь еще запас резьбы 5…7 мм.

Размеры всех деталей трубного соединения зависят от диаметра условного прохода свинчиваемых труб.

Если диаметр отверстия трубы неизвестен, то его можно определить из таблицы размеров трубной цилиндрической резьбы (ГОСТ 6357-81, табл. 1), измерив внутренний диаметр резьбы муфты.

4.1.1. Соединение труб прямой муфтой

Например, необходимо по индивидуальному варианту вычертить прямую муфту, имея деталь, но, не зная диаметра условного прохода.

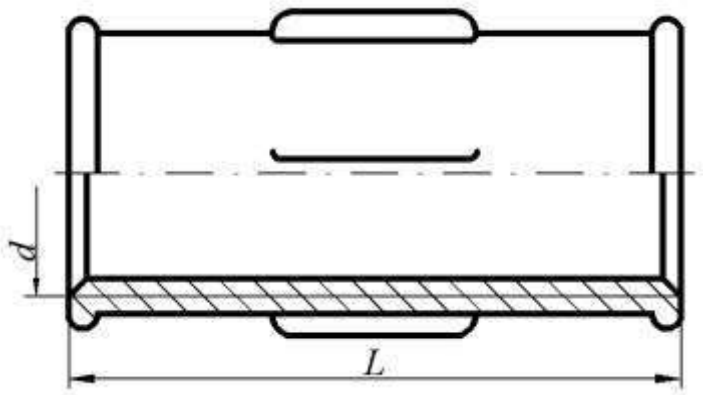
Штангенциркулем измеряется внутренний диаметр резьбы и по табл. 1 определяется диаметр условного прохода соединяемых труб и обозначение резьбы: $D_1 \approx 45$ мм. $D_{1\text{табл}}. = 4{,}845$ мм $\rightarrow D_y = 40$ мм – G 1½.

2. Измеряется длина муфты, L=43 мм.

Для определения названия муфты (короткая или длинная) обращаются к Государственным стандартам (табл. 5).

Таблица 5

Муфты прямые



Резьба	Муфты короткие ГОСТ 8954-75		Муфты длинные ГОСТ 8955-75	
	L, мм	Число ребер	*L*, мм	Число ребер
*G*¼-*B*	22	2	27	2
G$^{3}/_{8}$-*B*	24	2	30	2
*G*½-*B*	28	2	36	2
*G*¾-*B*	31	2	39	2
*G*1-*B*	35	4	45	4
*G*1¼-*B*	39	4	50	4
*G*1½-*B*	43	4	55	4
*G*2-*B*	47	6	65	4
*G*2½-*B*	53	6	74	6
*G*3-*B*	59	6	80	6
*G*4-*B*	84	6	94	6

Примеры условных обозначений:

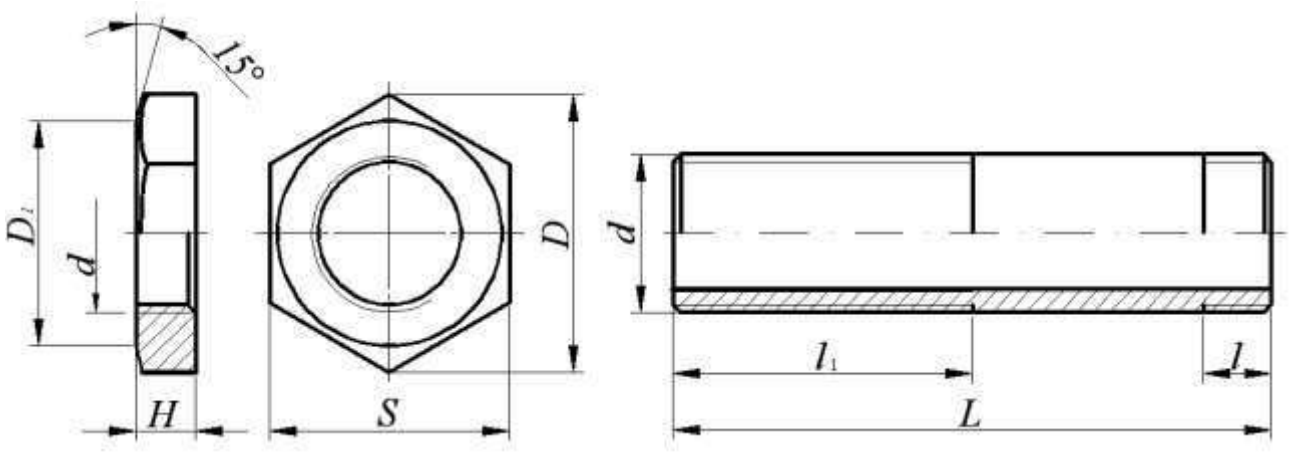
1. Прямая короткая муфта с D_y =40 мм:
   Муфта короткая 40 ГОСТ 8954 - 75.
2. Прямая длинная муфта с D_y =40 мм и цинковым покрытием исполнения 1: Муфта длинная 1-Ц-40 ГОСТ 8955 – 75.

Муфта с резьбой *G* 1½, имеющая длину 43 мм, является короткой, считаем, что она выполнена с цинковым покрытием, следовательно, ее обозначение: Муфта короткая Ц-40 ГОСТ 8954 - 75.

3. Для вычерчивания муфты используют данные из табл. 1, 2, 3.
   1) Наружный диаметр резьбы d=47,803 мм
   2) Фаска с=1,6 мм
   3) Толщина стенки муфты S_2=5,8 мм
   4) Высота буртика b=4,0 мм
   5) Количество ребер жесткости равно 4
   6) Размеры ребер жесткости и буртика: h=3,0 мм; b_1=3,0 мм; b_2=5,0 мм.
4. Для вычерчивания ввинчиваемой трубы используют данные табл. 1 и табл. 2: «Труба Ц-40×3,5 ГОСТ 3262-75» имеет размеры:
   1) Наружный диаметр трубы d=47,803 мм
   2) Внутренний диаметр резьбы d_1=44,845 мм
   3) Длина резьбы l=15 мм
   4) Длина сбега резьбы l_1=4,1 мм
   5) Фаска с=2,5 мм
5. С другой стороны муфты ввинчивается сгон, размеры которого предусмотрены ГОСТ 8969-75, на которой навинчена контргайка (ГОСТ 8961-75, табл. 6).
6. По размерам, указанным в таблицах, для резьбы *G* 1½ вычерчиваются детали в сборе. При выполнении сборочного чертежа соединения фаски, сбеги на деталях не изображаются, каждой детали присваивают номер позиции, который размещают на полке-выноске, заканчивающейся точкой. На сборочном чертеже обязательно указывают установочные размеры: размер резьбы, диаметр условного прохода. Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющих характер сопряжения: длину муфты и др.

Таблица 6

Контргайки и сгоны



Резьба	Контргайки ГОСТ 8961-75				Сгоны ГОСТ 8969-75		
	H, мм	*S*, мм	*D*, мм	D_1, мм	*l*, мм	l_1, мм	*L*, мм
*G*¼-*B*	6	22	25,4	20	7,0	38	80
*G*⅜-*B*	7	27	31,2	25	8,0	42	90
*G*½-*B*	8	32	36,9	30	9,0	40	110
*G*¾-*B*	9	36	41,6	33	10,5	45	110
*G*1-*B*	10	46	53,1	43	11,0	50	130
*G*1¼-*B*	11	55	63,5	52	13,0	53	130
*G*1½-*B*	12	60	69,3	56	15,0	60	150
*G*2-*B*	13	75	86,5	70	17,0	65	150
*G*2½-*B*	16	95	110,0	90	19,5	75	170
*G*3-*B*	19	105	121,0	100	22,0	85	180
*G*4-*B*	21	135	156,0	128	-	-	-

Примеры условных обозначений:

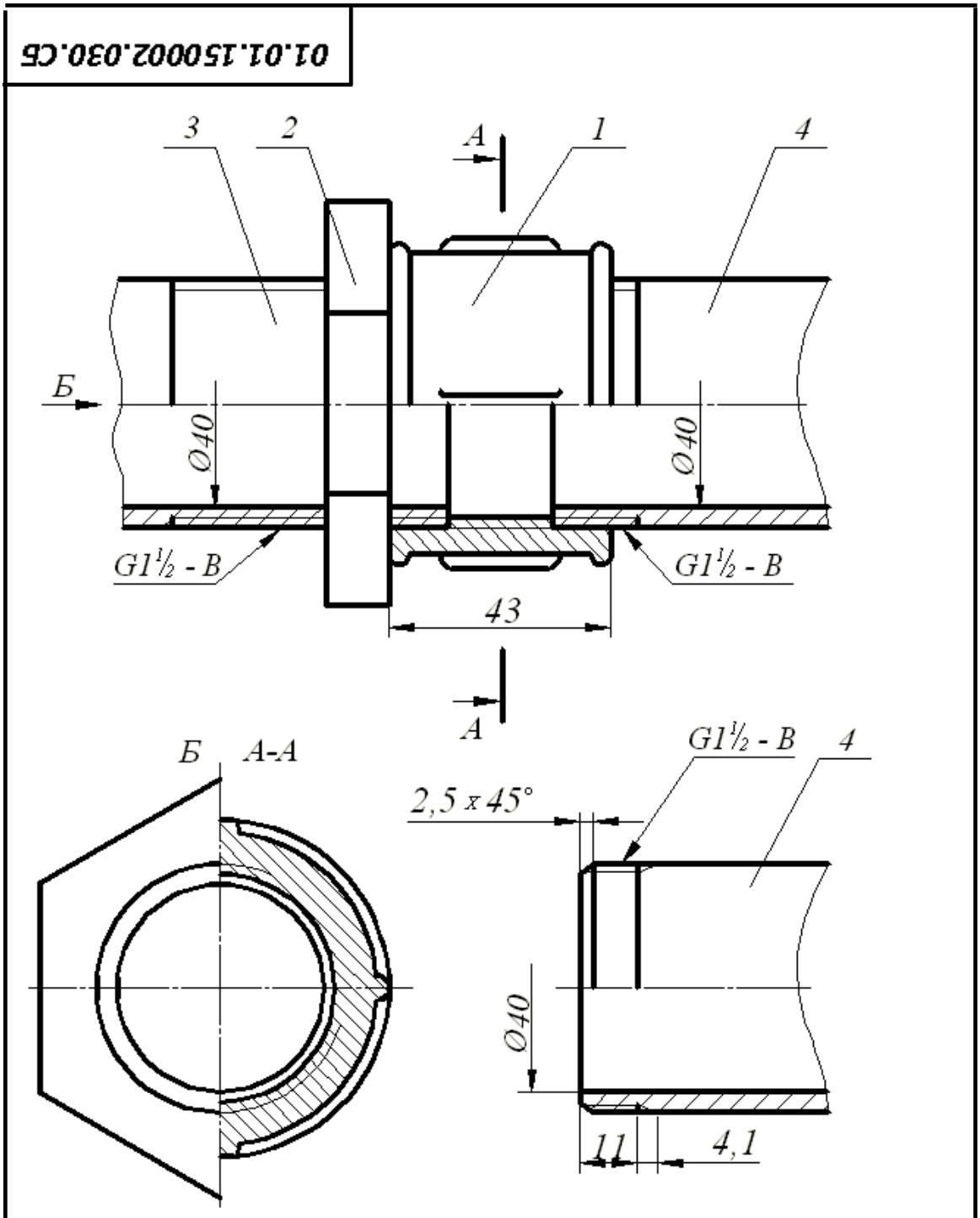
1. Контргайка без покрытия с D_y=40 мм:

   Контргайка 40 ГОСТ 8961-75

2. Сгон с цинковым покрытием с D_y=40 мм

   Сгон Ц-40 ГОСТ 8969-75

Пример выполнения сборочного чертежа соединения труб муфтой показан на рис. 3.



Пример выполнения спецификации
по ГОСТ 2.108-68 на рис. 9

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

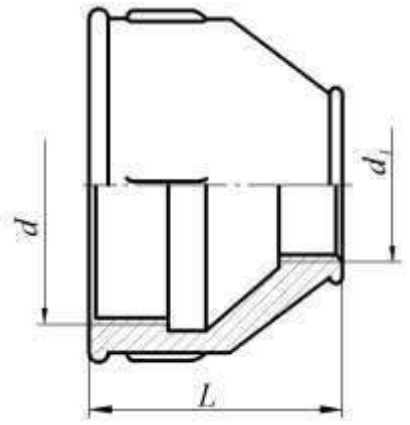
Рис. 3. Соединение труб муфтой

4.1.2. Соединение труб переходной муфтой

Муфты переходные соединяют трубы с различными диаметрами условного прохода (ГОСТ 8957-75, табл. 7).

Таблица 7

Переходные муфты по ГОСТ 8957-75, мм



Условный проход $D_y \times D_{1y}$	L	Число ребер	Условный проход $D_y \times D_{1y}$	L	Число ребер
10×8	30	2	40×25	55	4
15×8	36	2	40×32	55	4
15×10	36	2	50×15	65	6
20×8	39	2	50×20	65	6
20×10	39	2	50×25	65	6
20×15	39	2	50×32	65	6
25×10	45	4	50×40	65	6
25×15	45	4	65×32	74	6
25×20	45	4	65×40	74	6
32×10	50	4	65×50	74	6
32×15	50	4	80×40	80	6
32×20	50	4	80×50	80	6
32×25	50	4	80×65	80	6
40×15	55	4	100×50	94	6
40×20	55	4	100×65	94	6

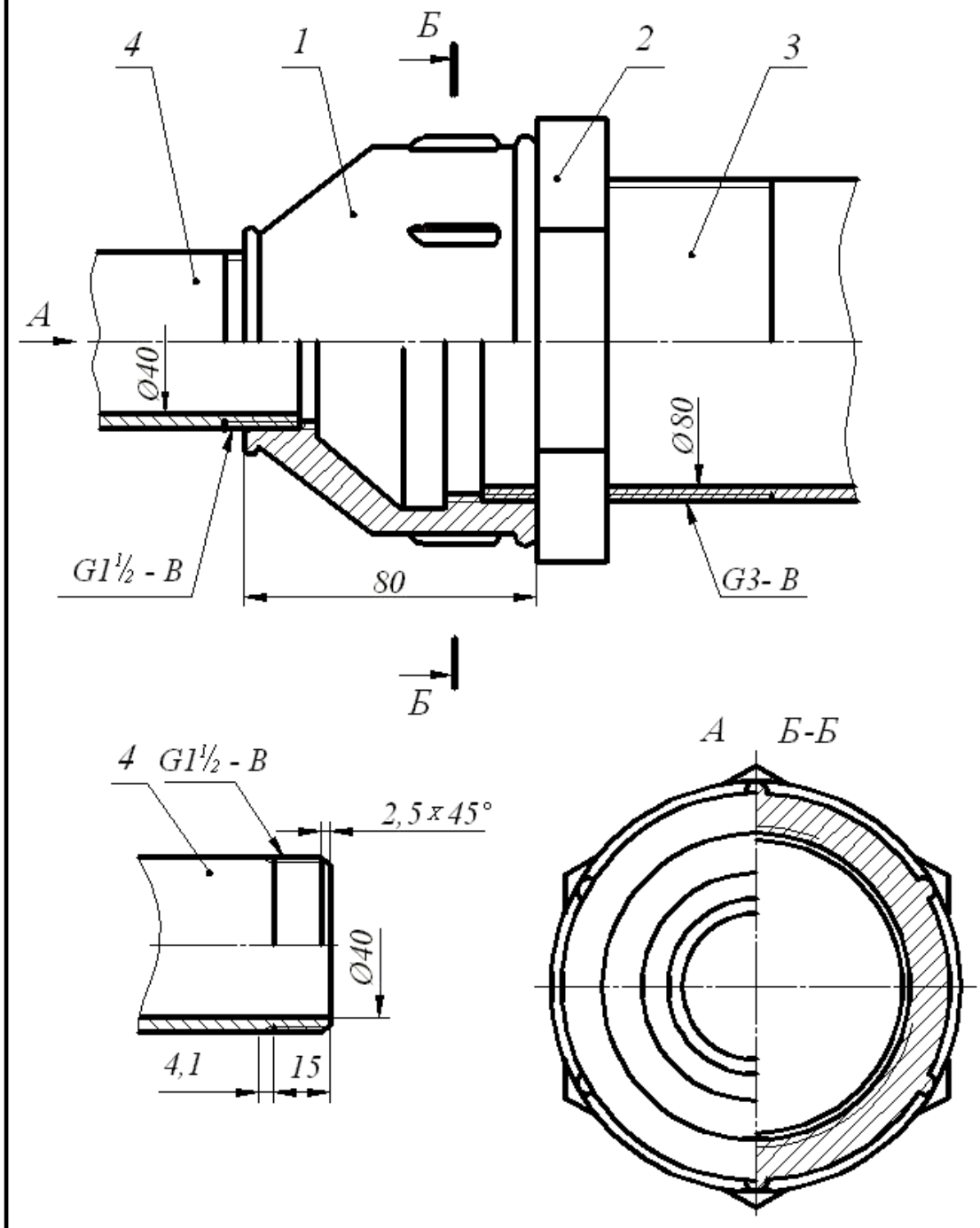
Примеры условных обозначений:

3. Муфта переходная без покрытия с D_y=15 мм на D_y=40 мм:

   Муфта 40×15 ГОСТ 8957-75

4. Муфта переходная с цинковым покрытием:

   Муфта Ц 40×15 ГОСТ 8957-75



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

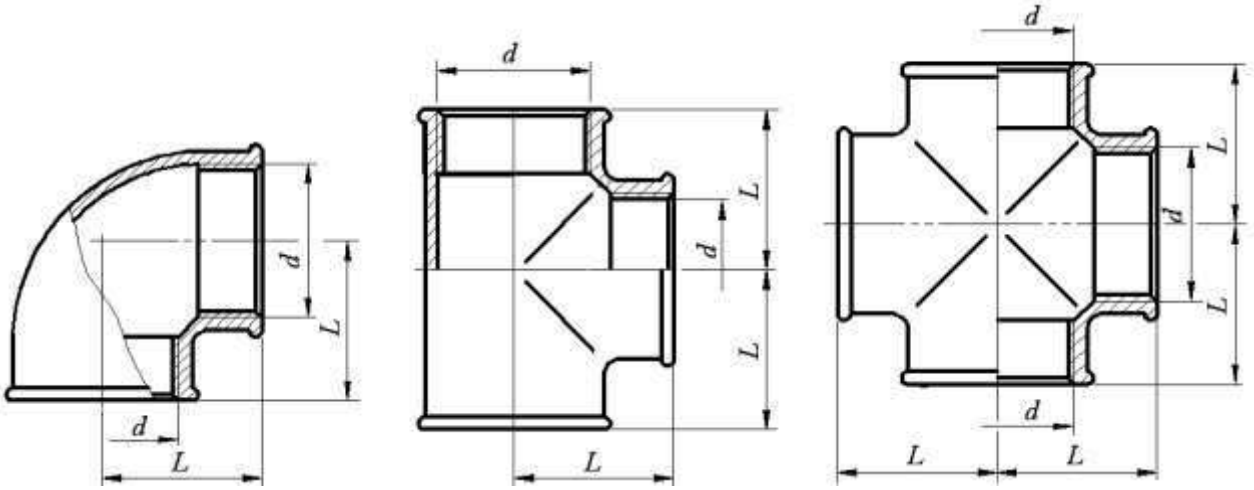
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 4. Соединение труб переходной муфтой

4.2. Соединения труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами

Прямые тройники, кресты и угольники в системах отопления, водо- и газопроводах служат для изменения направления потока жидкости или газа.

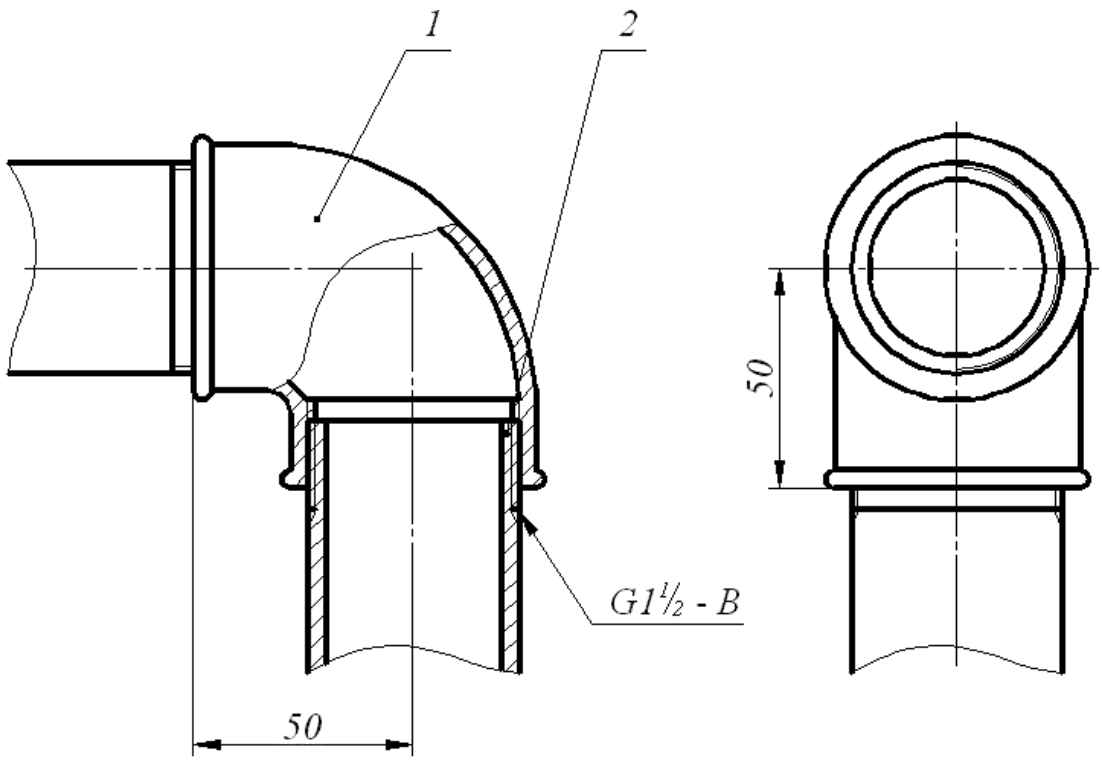
Проходные угольники (ГОСТ 8947-75) Прямые тройники (ГОСТ 8948-75) Прямые кресты (ГОСТ 8951-75)

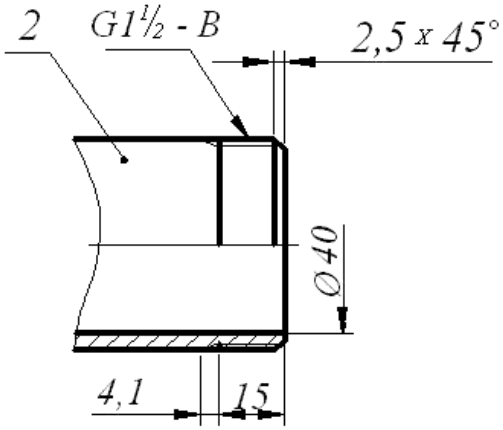


Условный проход $D_y \times D_{1y}$	Резьба	L, мм
8	*G*¼-*B*	21
10	*G*⅜-*B*	25
15	*G*½-*B*	28
20	*G*¾-*B*	33
25	*G*1-*B*	38
32	*G*1¼-*B*	45
40	*G*1½-*B*	50
50	*G*2-*B*	58
65	*G*2½-*B*	69
80	*G*3-*B*	78
100	*G*4-*B*	96

Примеры условных обозначений:

1. Проходной угольник с углом 90° исполнения 1 с цинковым покрытием с D_y=20 мм:
   Угольник 90°-1-Ц-200 ГОСТ 8946-75;
2. Тройник 40 ГОСТ 8948-75;
3. Крест Ц-32 ГОСТ 8951-75.

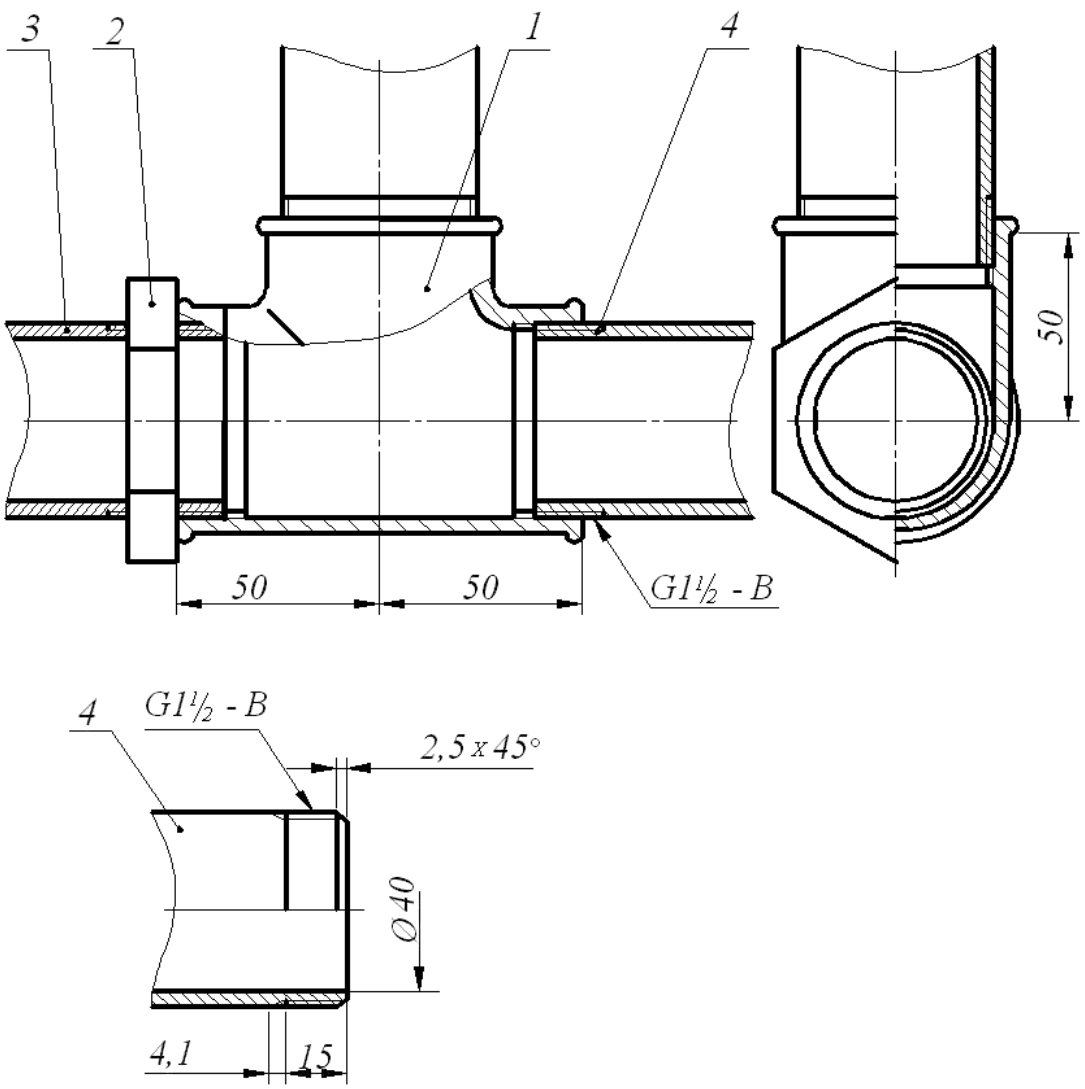




Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

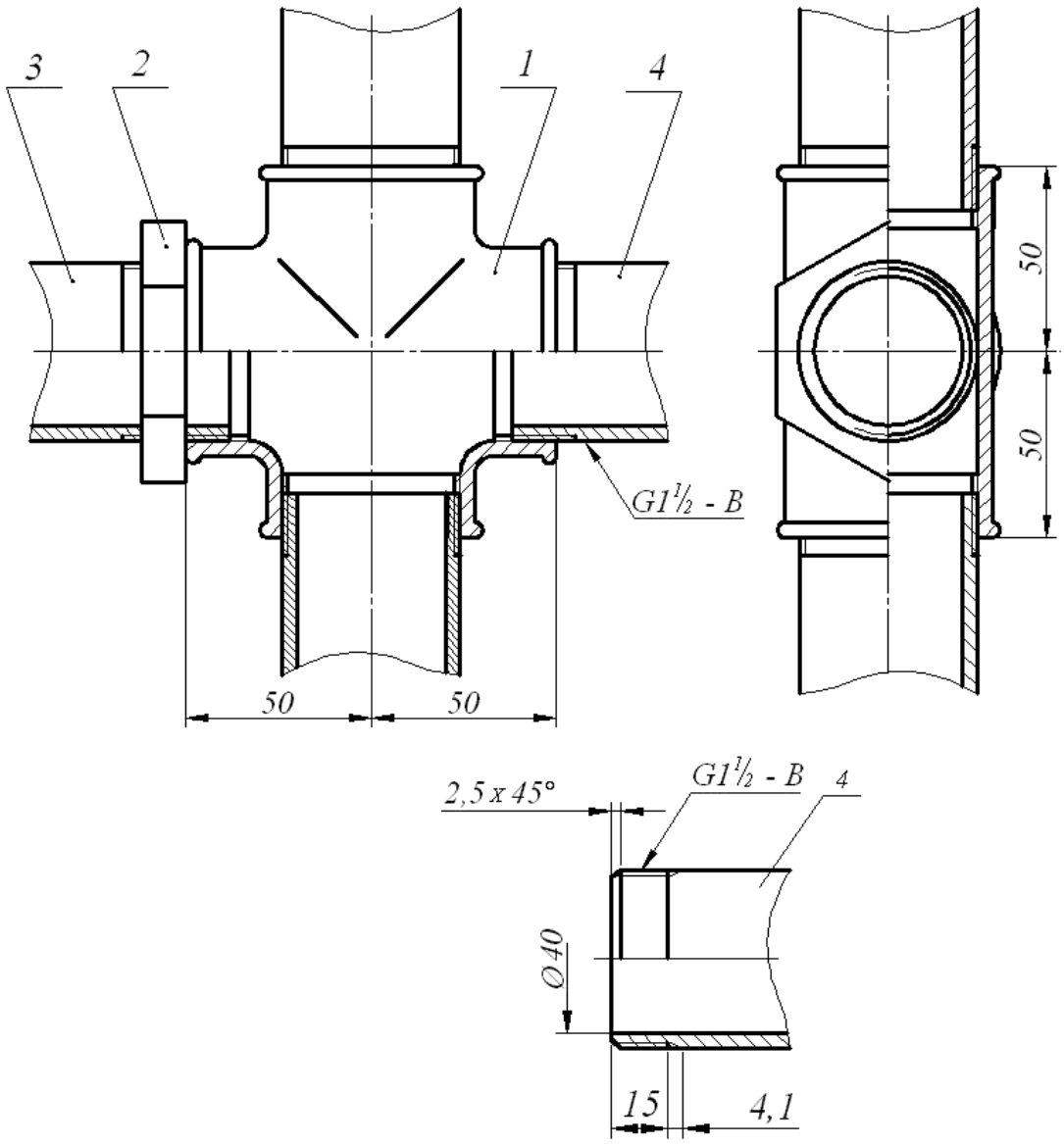
Рис. 5. Соединение труб проходным угольником



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 6. Соединение труб прямым тройником



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

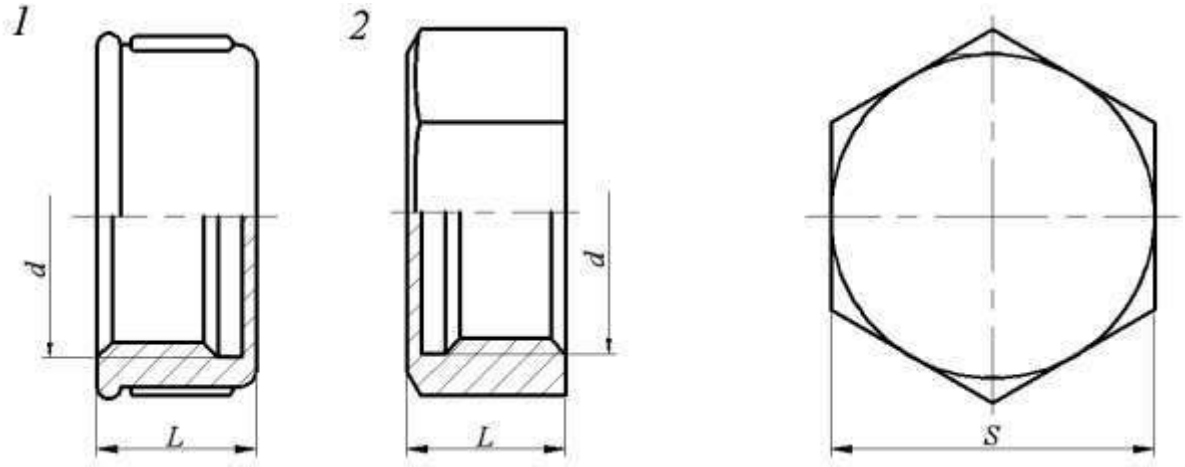
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 7. Соединение труб прямым крестом

4.3. Перекрытие трубы колпаком

Для перекрытия трубы используют колпаки двух исполнений: с ребрами жесткости и с корпусом, имеющим форму шестигранной призмы под гаечный ключ. размеры проточек трубной цилиндрической резьбы определены ГОСТ 10549-80 (табл. 2).

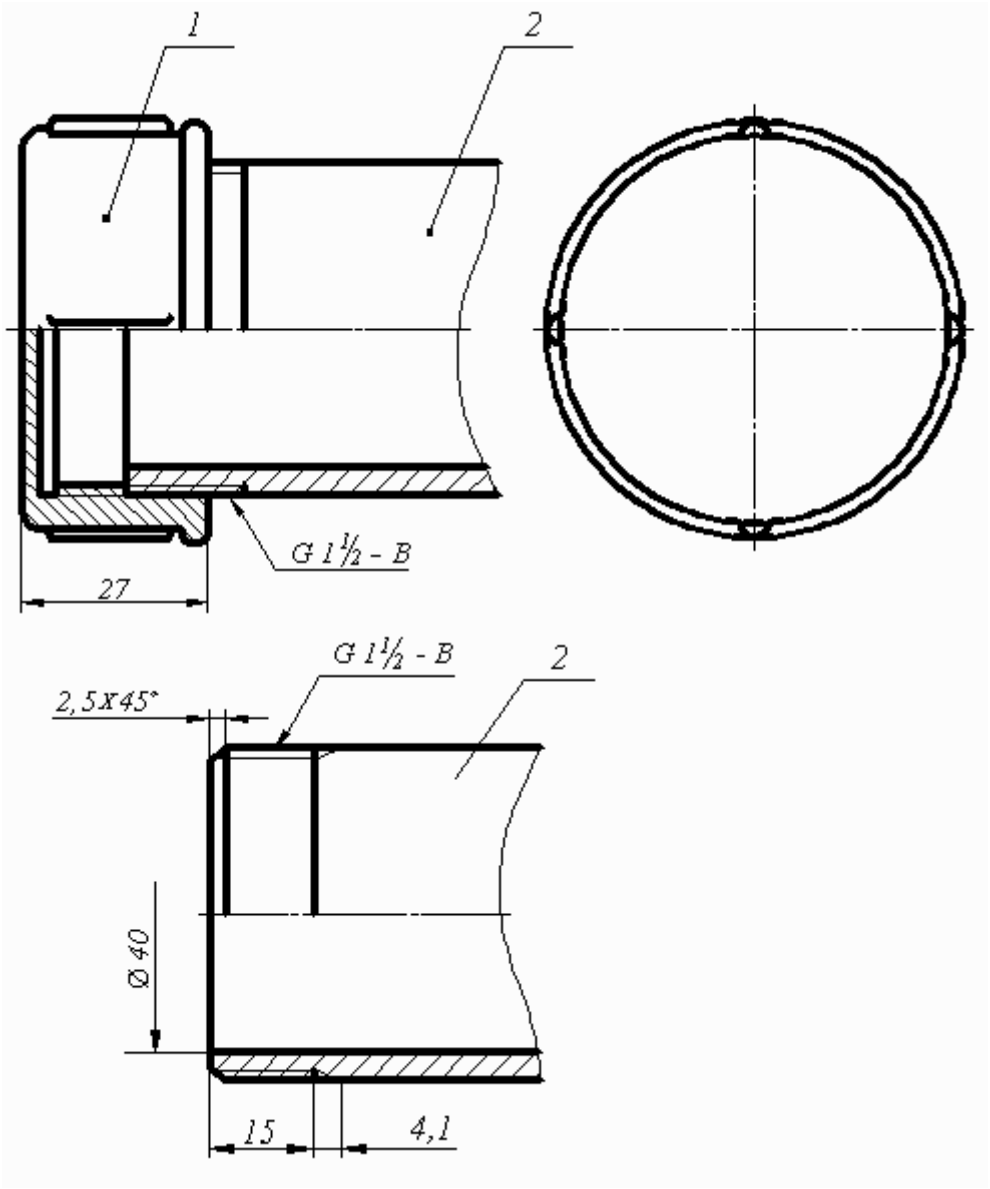
Таблица 9



Условный проход	*L*		Число ребер	*S*
	Исполнение			
	1	2		
8	15	15	2	10
10	17	17	2	22
15	19	19	2	27
20	22	22	2	32
25	24	24	4	41
32	27	27	4	50
40	27	27	4	55
50	32	32	6	70
65	-	35	-	85
80	-	38	-	100

Примеры условных обозначений:

1. Колпак исполнения 2 без покрытия с D_y=40 мм:
   Колпак 2-40 ГОСТ 8962-75
2. Колпак исполнения 1 с цинковым покрытием с D_y=40 мм:
   Колпак 1-Ц-40 ГОСТ 8962-75



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 8. Перекрытие трубы колпаком

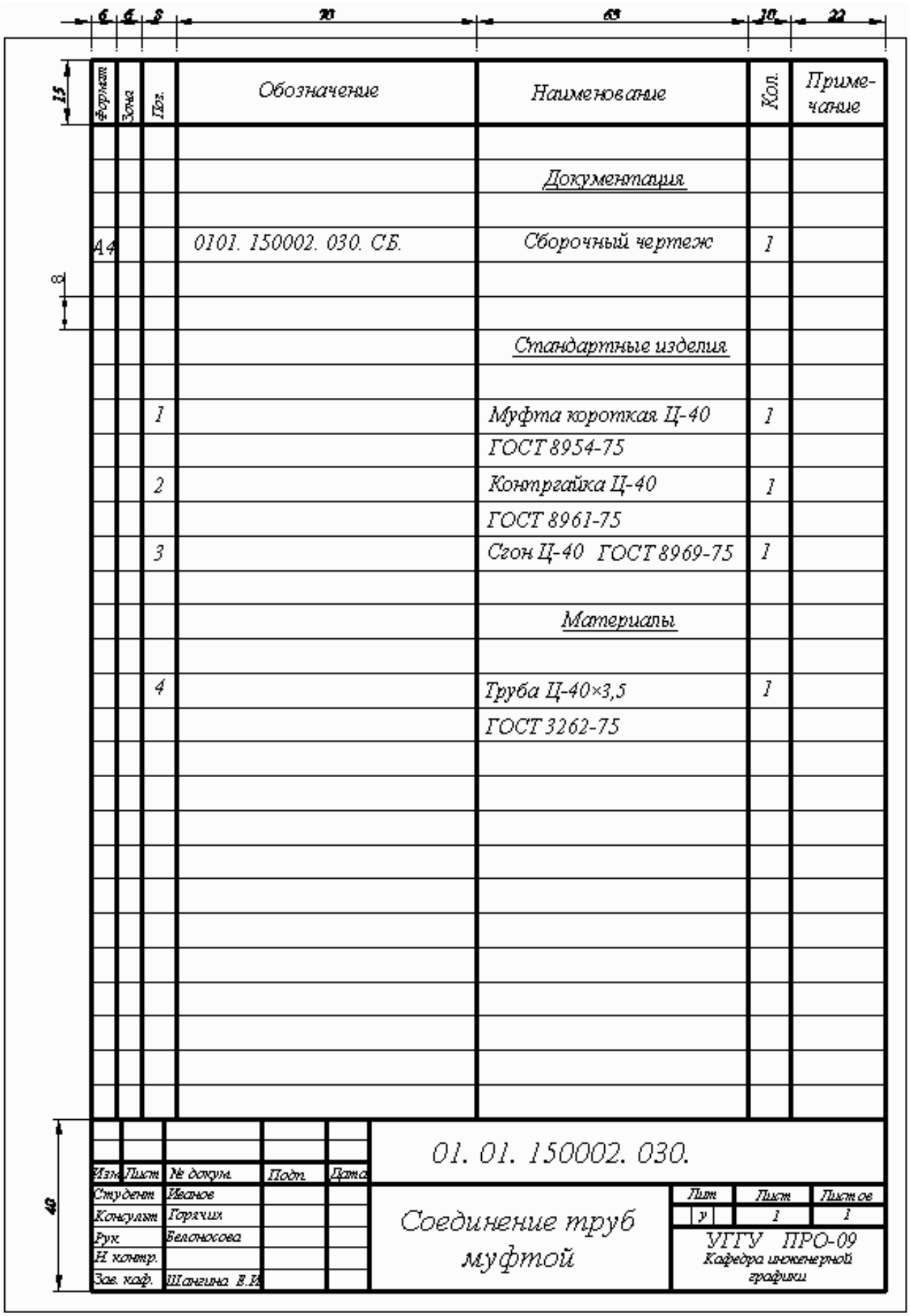


Рис. 9. Спецификация

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 1. - 9 -е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, - 2006 – 928 с.: ил.
2. ГОСТ 27148-86. Выход резьбы, сбеги, недорезы, проточки. Размеры. Переиздание 23.06.2009
3. Резьбы. – М.: Изд. стандартов, 2000.
4. Талалай П. Г. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Интернет-тестирование базовых знаний: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 256 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
5. Чекмарев А. А., Осипов В. К. Справочник по машиностроительному черчению: учебное пособие. – М.: высшая школа , 2008 – 493 с.
6. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. - – изд. Альянс, 16-е изд., переработанное, 2007. – 416 с.

Дополнительная литература

7. Баева *Г. Г.* Условности машиностроительного черчения. Методическая разработка. Свердловский горный институт. – Свердловск, 1976.
8. Попова Г. Н., Алексеев С. Ю. Машиностроительное черчение. Справочник. – М.: Машиностроение, 1994.

Учебное издание

Белоносова Ирина Борисовна

Методическое пособие
по курсу «Инженерная графика»
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для студентов всех специальностей»
«Изображение трубных резьбовых соединений»

4-е издание, стереотипное

Редактор *Л. Н. Авдеева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,3 Уч. - изд. л. 1,11. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный
университет»

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Екатеринбург – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82) 3
ТИПЫ РЕЗЬБ 5
Метрическая резьба 6
Трубная цилиндрическая резьба 7
2.3.Трапецеидальная резьба 9
2.4.Упорная резьба 10
2.5.Прямоугольная и квадратная резьбы 12
Изображение резьбы 13
Изображение наружной резьбы 13
Изображение внутренней резьбы 14
Изображение специальных резьб 15
Изображение резьбового соединения 15
ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ 16
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ 17
Сбег резьбы 17
Недовод резьбы 18
Недорез резьбы 18
Фаска 18
Проточка 19
6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ» 20
Цель задания 20
Содержание задания 20
ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 24
Конец вала с метрической резьбой на стержне 24
Конец вала с метрической резьбой в отверстии 27
Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне 28
Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии 30
Конец вала с упорной резьбой в отверстии 31
Изображение шпоночного паза 32
Примеры оформления задания 33
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 37

Резьбовые соединения широко распространены в машиностроении. Они обладают такими достоинствами, как универсальность, высокая надежность, способность воспринимать большие нагрузки, удобство сборки и разборки, простота изготовления.

1. РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82)

Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

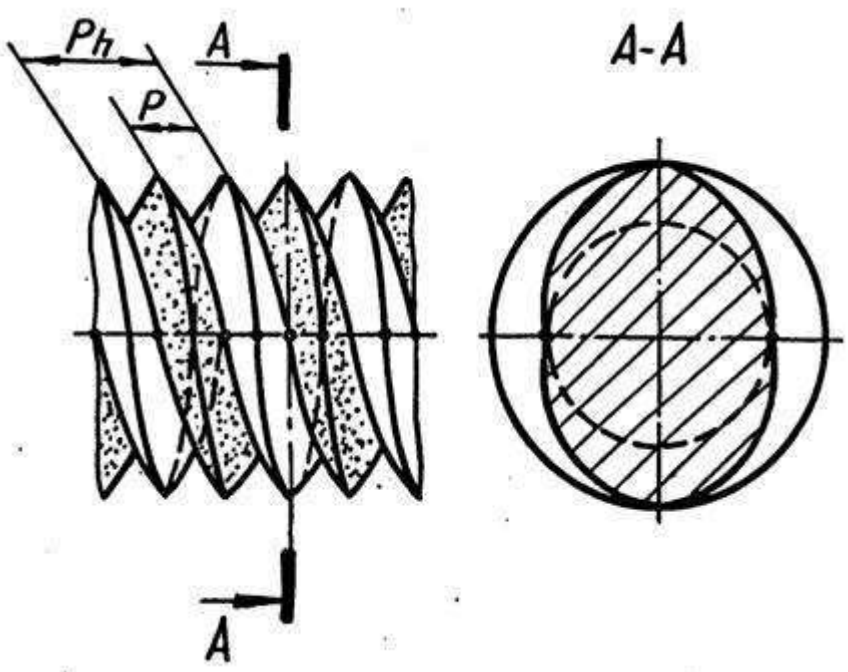


Рис. 1

Резьбы классифицируются по следующим признакам:

1. В зависимости от формы поверхности, на которой нарезана резьба, они подразделяются на цилиндрические и конические.

2. В зависимости от расположения резьбы на поверхности стержня или отверстия они подразделяются на внешние и внутренние.

3. В зависимости от формы профиля различают резьбы треугольного, прямоугольного, круглого и других профилей.

4. По эксплуатационному назначению резьбы делятся на крепежные (метрические, дюймовые), крепежно-уплотнительные (трубные, конические), ходо-вые (трапецеидальные, упорные, прямоугольные, круглые), специальные и др.

5. В зависимости от направления винтовой поверхности различают правые и левые резьбы.

6. По числу заходов резьбы подразделяются на однозаходные и многозаходные (двух-трехзаходные) и др.

Все резьбы разделяют на следующие группы:

- стандартизованные – резьбы с установленными стандартами параметрами: профилем, шагом, диаметром;
- нестандартизованные или специальные – резьбы, параметры которых не соответствуют стандартизованным.

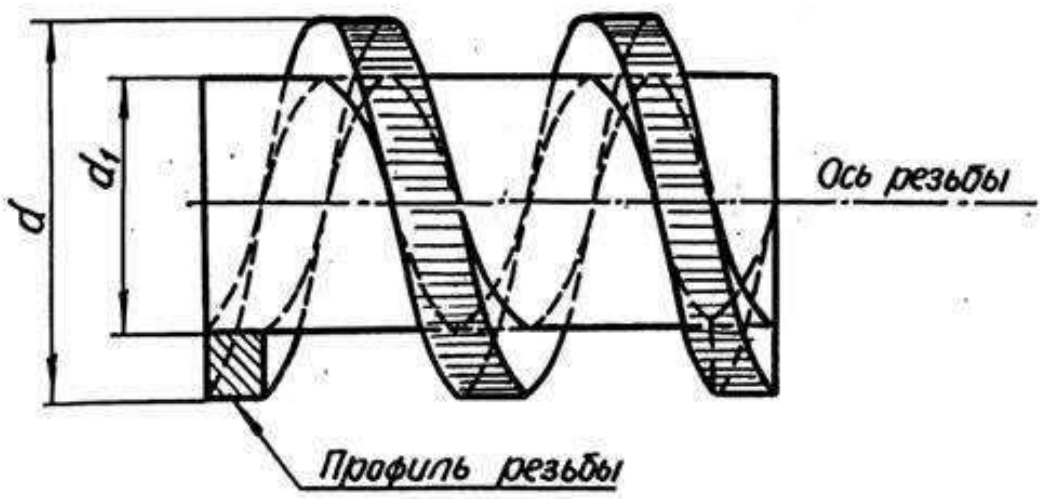


Рис. 2

Основные элементы и параметры резьб имеют следующие определения. **Ось резьбы** – прямая, относительно которой происходит винтовое движение контура, образующего резьбу (рис. 2).

Профиль резьбы – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось. Резьбу называют по форме ее профиля: треугольной, прямоугольной, трапецеидальной и т. п.

Левая резьба – образована контуром, вращающимся против часовой стрелки и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя. К обозначению левых резьб добавляется «*LH*».

Правая резьба – образована контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя.

Шаг резьбы (P) **–** расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы (рис. 1).

Х**од резьбы** (P_h) - расстояние между ближайшими одноименными и боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы.

Наружный диаметр резьбы (d – для болта, D – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы (рис. 2).

Внутренний диаметр резьб ы (d_1 – для болта, D_1 – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы.

2. ТИПЫ РЕЗЬБ

В машино- и приборостроении применяются стандартные резьбы различных типов.

2 . 1 . Метрическая резьба

Профиль метрической резьбы представляет собой равнобедренный треугольник с углом при вершине 60 . Вершины и впадины витков имеют срез, благодаря которому между вершинами витков болта и впадинами гайки оставляется некоторый зазор, который предотвращает заклинивание.

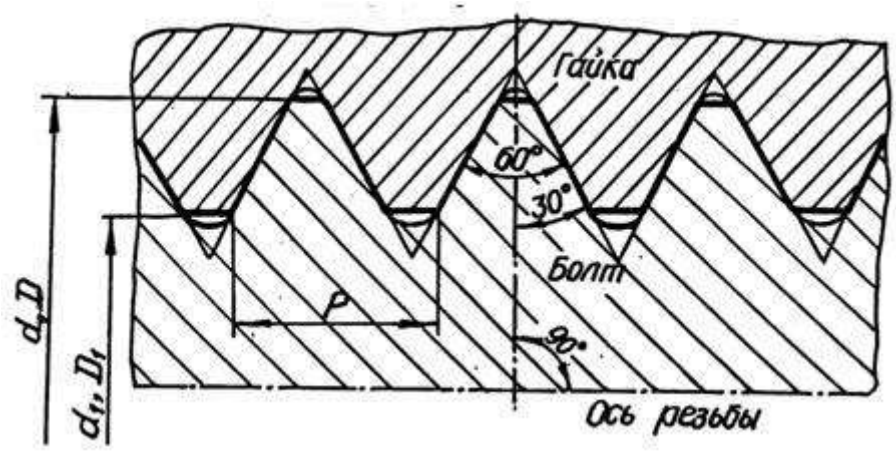


Рис. 3

Размеры метрической резьбы для диаметров от 1 до 600 мм установлены по ГОСТ 8724-81 и 9150-81. Диаметры резьб разделены на три ряда, а шаги на крупные и мелкие. Крупным называют наибольший из шагов для номинального размера диаметра резьбы. Метрические резьбы с крупным шагом установлены для диаметров от 1 до 63 мм; метрические резьбы с мелкими шагами - для диаметров от 1 до 600 мм.

Резьба с крупным шагом обозначается прописной буквой *M* и номинальным диаметром, например: *M*24, *M*36.

Резьба с мелким шагом обозначается прописной буквой *M*, номинальным диаметром и шагом, например: *M*24 2, *M*36 2.

Резьба левая обозначается буквами *LH*, например: *M*24 *LH*, *M*24 2*LH*. Резьбы многозаходные обозначаются буквой *M*, номинальным диаметром, числовым значением хода и в скобках буквой *P*, и числовым значением шага, например: трехзаходная резьба с шагом 2 мм *M*36 3(*P*2), для левой резьбы *M*36 3(*P*2)*LH*.

Согласно ГОСТ 16093-81 система допусков резьб общего назначения предусматривает допуски диаметров резьб, устанавливаемые степенями точно-сти:

для наружного диаметра наружной резьбы (болта) – 4, 6, 8;

для внутреннего диаметра внутренней резьбы (гайки) – 4, 5, 6, 7, 8; Положение полей допусков диаметров резьбы имеют следующие обозна

чения:

для резьбы болтов – *d*, *e*, *f*, *d*, *h*;

для резьбы гаек – *E*, *F*, *G*, *H*.

Примеры обозначения резьбы номинальным диаметром 20 мм с обозна-чением полей допусков:

*M*20-6*g* - с крупным шагом, наружная;

*M*20-6*H* - с крупным шагом, внутренняя;

*M*20 2-6*g* - с мелким шагом, внутренняя;

*M*20 2*LH*-6*g* - с мелким шагом, наружная, левая.

Посадка обозначается дробью: числитель – поле допуска внутренней

резьбы, знаменатель - поле допуска наружной, например: *M*20 2*LH*-6*H*/6*g*.

Для покупных крепежных изделий рекомендуется применять следующие значения полей допуска: для гайки – 6*H*, 7*H* и для болта - 6*g*, 8*g*.

2 . 2 . Трубная цилиндрическая резьба

Трубную цилиндрическую резьбу (ГОСТ 6357-81) применяют в трубо-проводах, а также в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наруж-ной конической резьбой.

Профилем трубной резьбы (рис. 4) является равнобедренный треугольник

с углом при вершине 55 и закругленными вершинами и впадинами. Профили наружной и внутренней резьбы совпадают, что обеспечивает герметичность в соединениях этой резьбы.

Характерные особенности трубной цилиндрической резьбы:

- резьба имеет более мелкий шаг и меньшую высоту профиля по сравнению с дюймовой цилиндрической резьбой;

- фактический наружный диаметр резьбы большего его номинального значения примерно на двойную толщину стенок трубы;

- номинальный наружный диаметр резьбы условно принимают равным внутреннему диаметру трубы, на которой нарезается резьба (рис. 5).

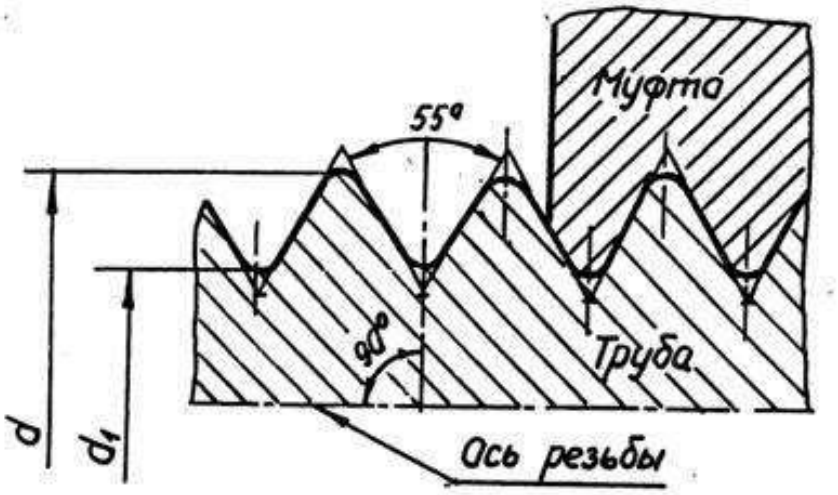


Рис. 4

Трубную резьбу условно обозначают в дюймах (1 =25,4 мм), указываю-щих (приближенно) величину диаметра отверстия трубы, который называют диаметром условного прохода трубы и обозначают *Dy*.

Трубную цилиндрическую резьбу нарезают на трубах до 6 . Трубы свыше 6 сваривают.

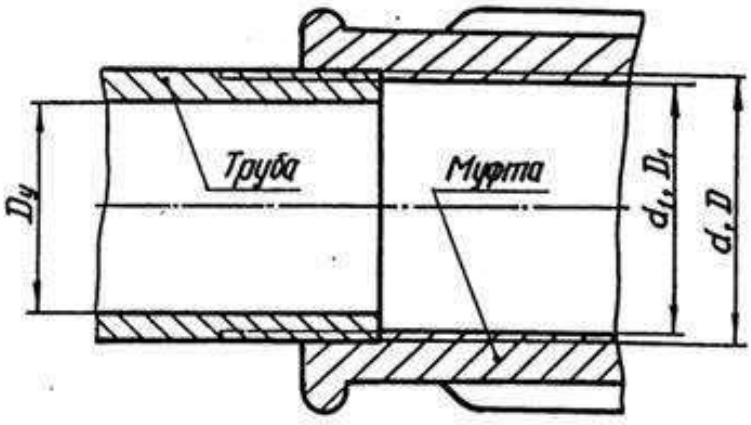


Рис. 5

Обозначение трубной цилиндрической резьбы по ГОСТ 6357-81 состоит из буквы G, номинального размера резьбы в дюймах и класса точности изготовления резьбы. Для трубной цилиндрической резьбы установлены два класса точности – А и В., например:

- резьба класса точности А: G1 – А;

- резьба левая (*LH*) класса точности *B*: *G*3*LH* – *B*;

- резьбовое соединение при классах точности внутренней резьбы *A*, наружной *B*: *G*3 – А/*B*.

2 . 3 . Трапецеидальная резьба

Трапецеидальная резьба по ГОСТ 9484-81 служит для передачи движений и усилий. Трапецеидальная резьба применима для диаметров от 10 до 640 мм и может иметь шаги от 2 до 48 мм. Предусмотрено выполнение резьб одного и того же диаметра, но с различными шагами.

Трапецеидальная резьба имет профиль в виде равнобочной трепеции с углом между ее боковыми сторонами, равными 30 (рис. 6).

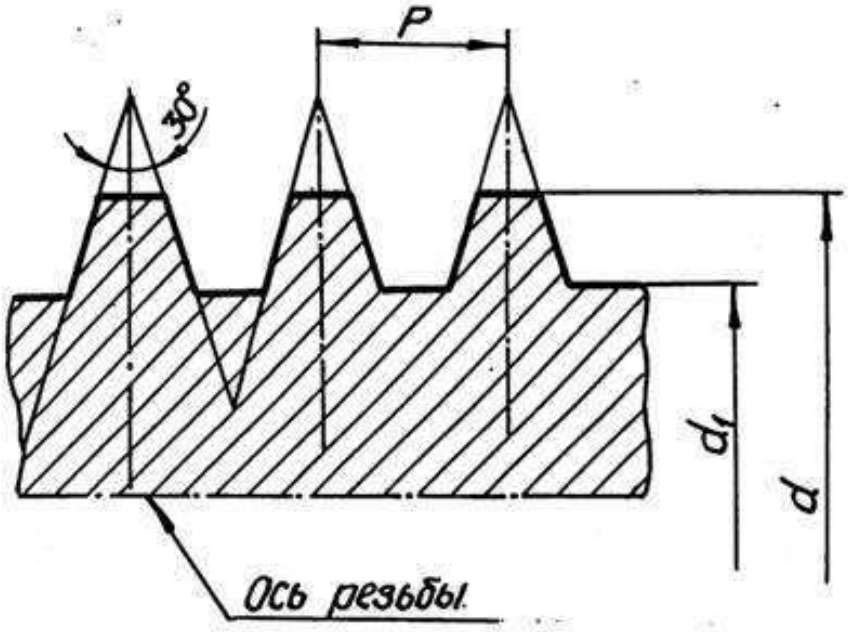


Рис. 6

Симметричный профиль резьбы позволяет применять ее для риверсивных винтовых механизмов. Одинаковые зазоры по наружному и внутреннему диа-метрам создают благоприятные условия для смазывания. Трапецеидальная резьба может быть однозаходной и многозаходной, правой и левой.

Номинальные размеры трапецеидальной однозаходной резьбы устанавливает ГОСТ 24738-81.

Условное обозначение однозаходной трапецеидальной резьбы включает буквы *Tr*, номинальный диаметр и шаг, а также буквы *LH* для левой резьбы, например, *Tr*40 3*LH*.

Основные размеры и допуски резьбы трапецеидальной многозаходной устанавливает ГОСТ 24739-81.

Условное обозначение трапецеидальной многозаходной резьбы содержит буквы *Tr*, номинальный диаметр, числовое значение хода и в скобках буква Р с числовым значением шага, например, *Tr*20 4(P2)*LH*.

В производственных чертежах в обозначение резьбы обязательно вклю-чают обозначение поля допуска, состоящее из цифры, показывающей степень точности среднего диаметра резьбы и буквы латинского алфавита, обозначаю-щей основное отклонение этого диаметра, например, *Tr*20 4(P2)*LH*-8*H*/8*e*.

2 . 4 . Упорная резьба

Упорная резьба обладает высокой прочностью и высоким КПД. Она применяется в грузовых винтах для передачи больших усилий, действующих в од-ном направлении в мощных домкратах, прессах и т. д.

Профиль резьбы (рис. 7) представляет собой трапецию, одна сторона которой является рабочей стороной профиля, и ее положение определяется углом наклона 3 . Другая сторона трапеции (нерабочая сторона профиля) имеет угол наклона 30 .

Профиль и параметры упорной резьбы предусматривает ГОСТ 10177-82. Для упорной резьбы предусмотрены номинальные диаметры резьбы от 10 до

640 мм, резьба может выполняться с разными шагами при одном и том же диаметре.

На чертеже упорная резьбы обозначается буквой S, номинальным диаметром и шагом, например: резьба упорная левая, имеющая номинальный диаметр 80 мм и шаг 16 мм – *S*80 16 *LH*.

В прессостроении применяется также упорная резьба, профиль которой представляет собой неравнобочную трапецию с углом рабочей стороны 0 и нерабочей – 45 . Усиленная упорная резьба предусмотрена для диаметров от 80

до 2000 мм.

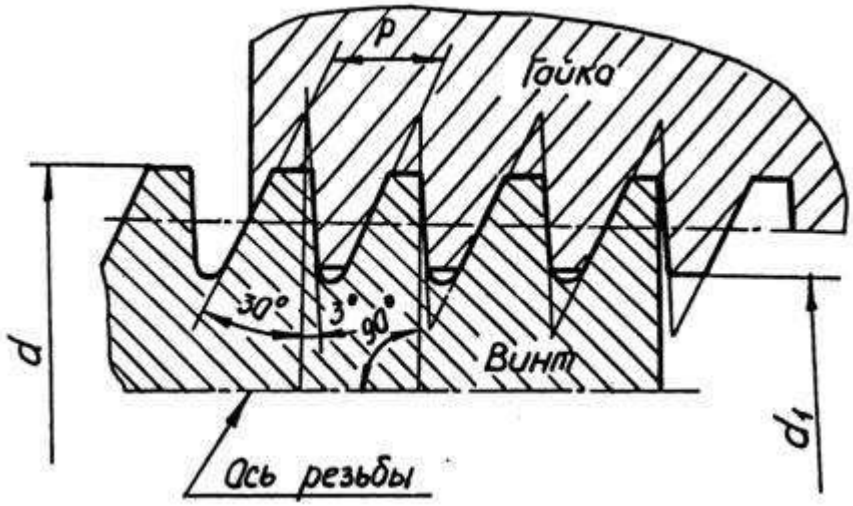


Рис. 7

2 . 5 . Прямоугольна я и квадратная резьбы

Прямоугольная и квадратная резьбы имеют высокий КПД и дают большой выигрыш в силе, поэтому они применяются для передачи осевых усилий в грузовых винтах и движения в ходовых винтах.

Прямоугольная и квадратная резьбы не стандартизованы, так как имеют следующие недостатки:

- в соединении (типа «болт – гайка») трудно устроить биение;

- они обладают прочностью меньшей, чем трапецеидальная резьба, так как основание витка у трапецеидальной резьбы при одном и том же шаге шире, чем у прямоугольной или квадратной резьб;

- их труднее изготовить, чем трапецеидальную.

В соответственных соединениях эти резьбы заменены трапецеидальными. При изображении этих резьб обязательно указывают ее профиль и размеры (рис. 8). Диаметр резьбы предпочтительно выбирать из ряда номинальных диаметров метрической резьбы.

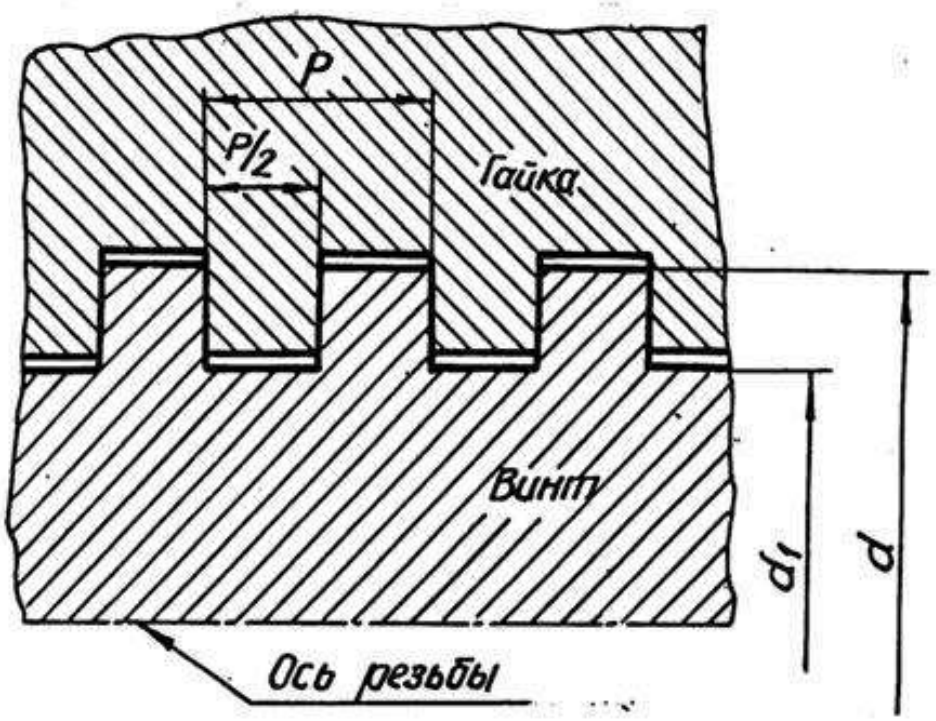


Рис.8

3. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Все резьбы, независимо от их типа, изображаются на чертежах условно в соответствии с ГОСТ 2.311-68.

Основная условность заключается в проведении сплошной толстой линии вместо выступов резьбы и тонкой сплошной линии вместо впадин; витки резьбы не изображаются. Границу резьбы упрощенно изображают прямой, перпендикулярной к оси изображения; эта прямая, если она видимая, выполняется сплошной толстой линией.

3 . 1 . Изображение наружной резьбы

Изображение резьбы содержит линии, соответствующие: оси резьбы, наружному и внутреннему диаметрам резьбы и границе резьбы. Резьбу на стерж-не изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резь-бы и сплошными тонкими линиями – по внутреннему диаметру (рис. 9).

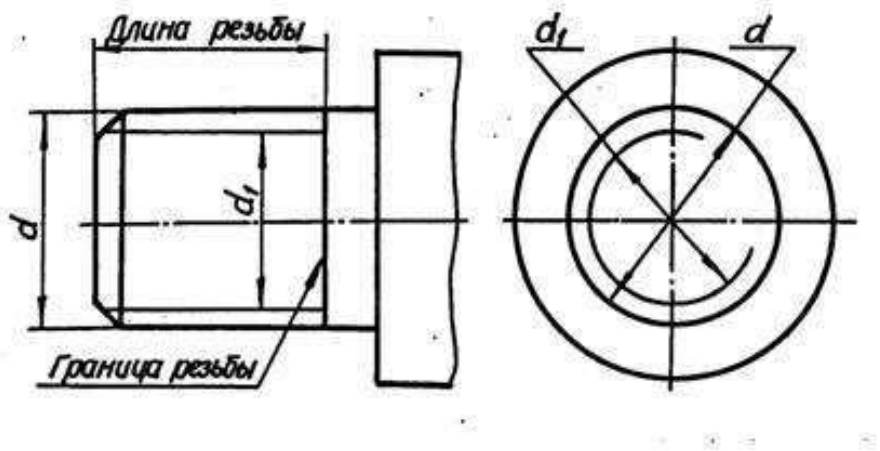


Рис.9

При изображении на плоскости, параллельной оси резьбы, тонкая линия должна пересекать границу фаски на конце стержня и доходить до сплошной линии, ограничивающей резьбу.

При изображении резьбы на плоскости, перпендикулярной к оси резьбы. тонкую линию окружности внутреннего диаметра резьбы проводят в виде дуги, примерно равной ¾ этой окружности. Разрыв окружности допускается делать в любом месте. Расстояние между сплошной и тонкой линиями обычно принимают равным не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Не принято на этом виде показывать фаску, а также начинать и кончать тонкую линию на центровых (осевых линиях).

3. 2. Изображение внутренней резьбы

Резьбу в отверстии изображают в плоскости разреза сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру.

На виде, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси резьбы, наружный диаметр резьбы изображают сплошной тонкой линией, приблизительно равной ¾ окружности, разомкнутой в любом месте.

Штриховку на разрезах и сечениях наносят до сплошных основных линий, соответствующих внутреннему диаметру резьбы в отверстии или наружному диаметру резьбы на стержне.

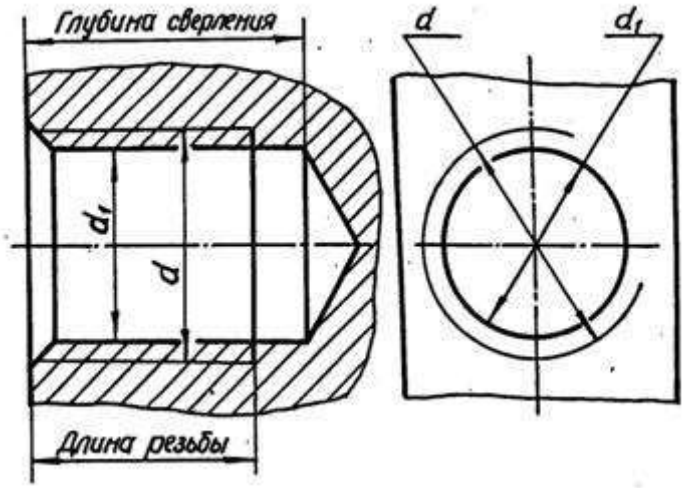


Рис. 10

3 . 3 . Изображение специальных резьб

При изображении резьб нестандартного профиля обязательно выявлять профиль резьбы либо с помощью местного разреза, либо – выносного элемента, указывая все необходимые размеры (наружный и внутренний диаметр резьбы, ширину впадины и шаг резьбы), а также и дополнительные данные: число захо-дов для многозаходной резьбы, направление для левой резьбы (рис. 11).

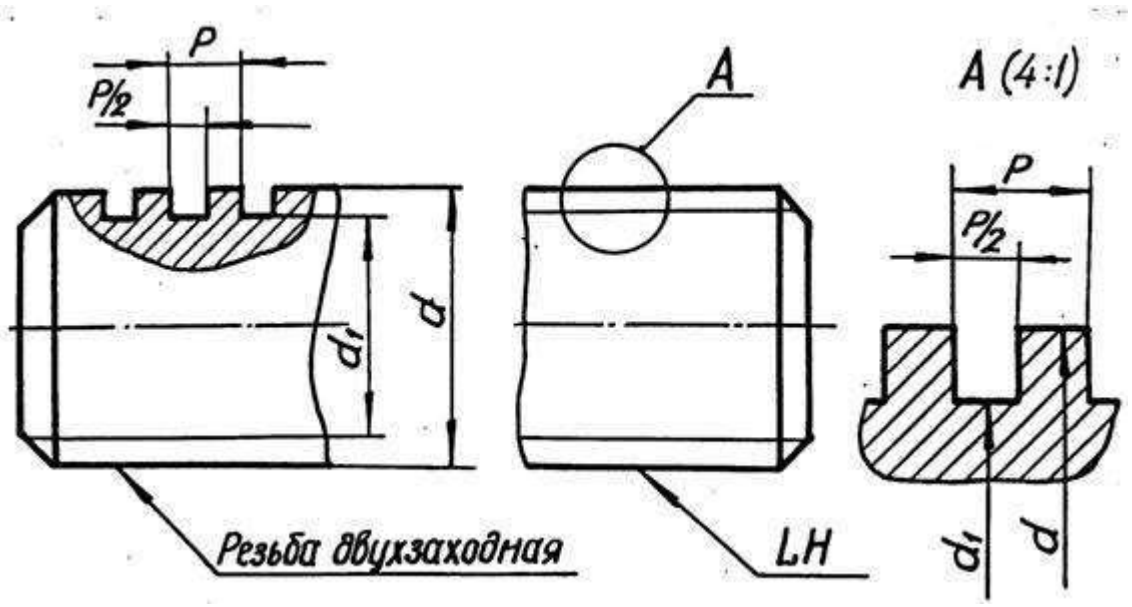


Рис. 11

3 . 4 . Изображение резьбового соединения

На разрезах резьбового соединения наружный диаметр стержня изображают сплошной основной линией, а внутренний диаметр резьбы – сплошной тонкой линией. В отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 12).

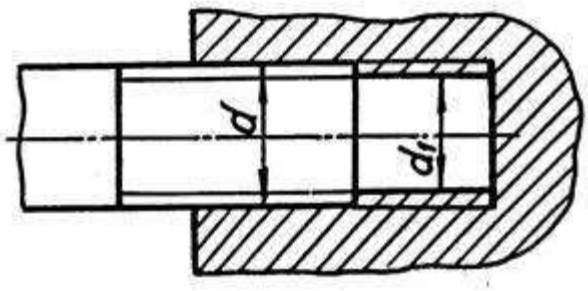
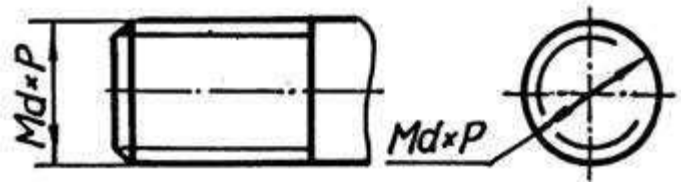
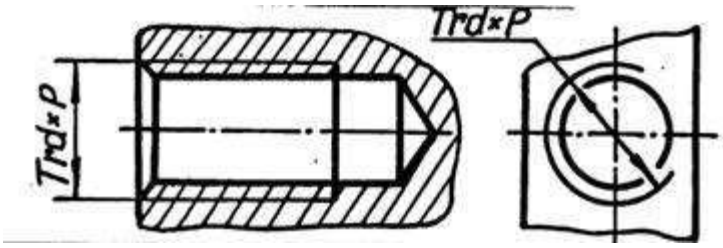
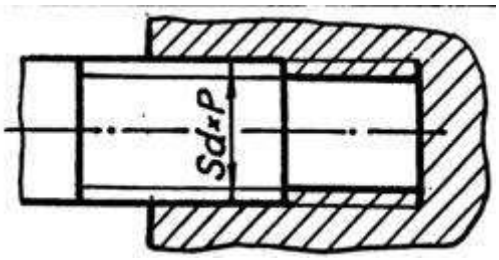
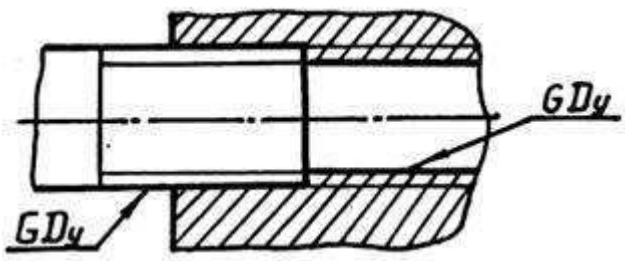


Рис. 12

4. ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ

Обозначение стандартных резьб указывают по соответствующим нормативным документам. Условные обозначения резьб рассмотрены в гл. 2. Обозначение резьб на чертежах относят к ее наружному диаметру за исключением трубной и конической резьб, которые обозначают на линиях-выносках, оканчивающихся стрелкой. Стрелку проводят от контура резьбы (сплошной основной линии) (табл. 1).

Таблица 1

Типы резьб	Обозначение
Метрическая	
Трапецеидальная	
Упорная	
Трубная резьба цилиндрическая	

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ

В зависимости от условий и характера производства выполнение резьбы может осуществляться различными способами и инструментами. Для нарезания наружной резьбы применяется плашка, диаметр которой определяется диаметром и шагом резьбы. Метчик применяется для нарезания внутренней резьбы. Часто резьба нарезается на токарных или револьверных станках при помощи резца, заточенного в соответствии с профилем нарезаемой резьбы.

Резьбы имеют технологические элементы, связанные с выходом режущего инструмента из тела детали, к которым относятся: сбег, недорез, проточка и фаска. Технологические параметры резьбы зависят от угла заборной части резьбонарезающего инструмента и шага резьбы (параметры трубной цилиндрической резьбы зависят от диаметра условного прохода резьбы) и соответствуют ГОСТ 27148-86.

5 . 1 . Сбег резьбы

Заборный участок плашки оставляет на стержне резьбу с постепенно уменьшающимся профилем. Длина участка неполноценной резьбы в конце резьбовой части детали, где глубина ее сходит на нет, называется сбегом резь-бы. Сбег резьбы изображают сплошными тонкими линиями (рис. 13). Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбега, но его учитывают при конструировании деталей.

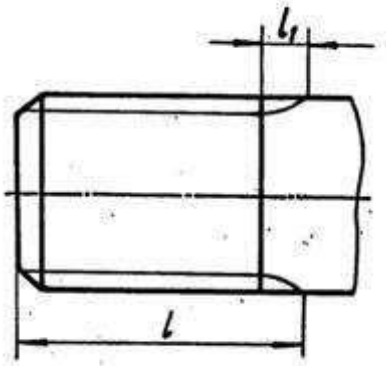


Рис. 13

5 . 2 . Недовод резьбы

В случае, когда вырезаемая часть стержня ограничивается опорной по-верхностью (буртиком, головкой, заплечником), при нарезании резьбы плашка во избежание поломки, обычно не доводится до упора в эту поверхность. Вели-чина ненарезанной части детали между концом сбега резьбы и упорной поверх-ностью называется недоводом резьбы. Недовод зависит от шага резьбы; он не больше двух шагов, а для внутренней – не более трех шагов.

5 . 3 . Недорез резьбы

Длина участка детали, состоящая из недовода и сбега при нарезании резьбы в упор называется недорезом (рис. 14).

Численные значения сбега и недовода резьбы стандартизованы ГОСТ 27148-86. Рекомендуется принимать длину участка недореза равной примерно трем шагам, но не более 0,5 *d*, где *d* – размер номинального диаметра резьбы.

5 . 2 . Фаска

До нарезания резьбы на конце стержня и в начале отверстия выполняются фаски. Эти фаски представляют собой коническую поверхность, образующая которой составляет с осью резьбы угол 45 . Фаски упрощают процесс нареза-ния резьбы и облегчают соединение между собой резьбовых деталей.

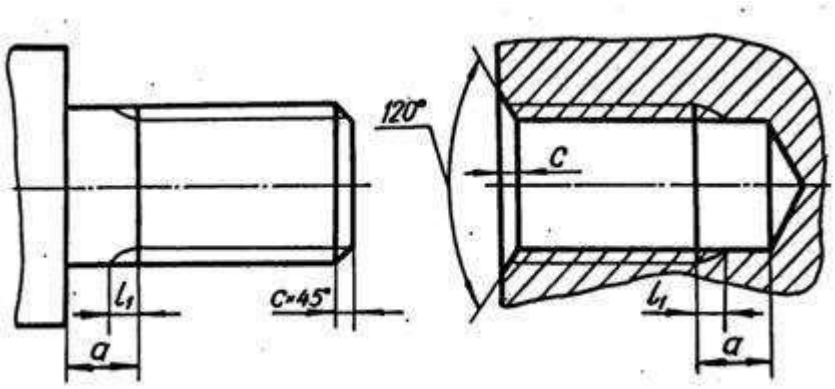


Рис. 14

5 . 5 . Проточка

С целью облегчения процесса нарезания резьбы обычно выполняются наружные или внутренние проточки для выхода резьбонарезающего инструмента. Если на участке сбега резьбы заранее вытачивается канавка, то при нарезании резьбы режущая часть инструмента выйдет в нее, и резьба на всем протяжении имеет полный профиль. Проточки могут иметь прямоугольный или полукруг-лый профиль.

Диаметр наружной проточки выполняется несколько меньшим внутреннего диаметра резьбы, диаметр же внутренней проточки выполняется несколь-ко большим наружного диаметра резьбы (рис. 15).

Форма и размеры наружных и внутренних проточек зависят от типа резь-бы и ее шага и устанавливаются ГОСТ 27148-86.

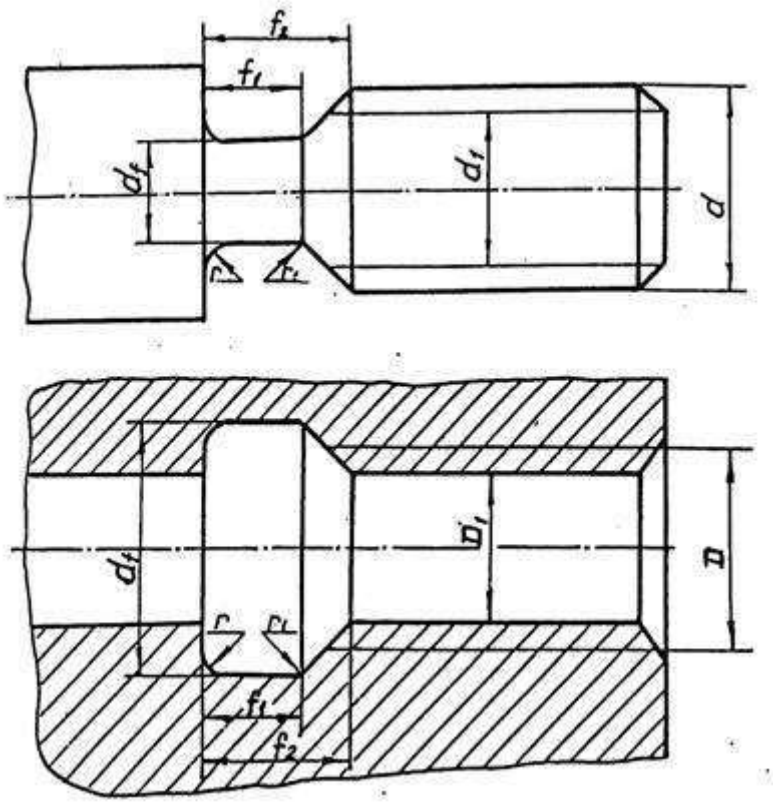


Рис. 15

6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ»

6 . 1 . Цель задания

Целью задания является изучение резьб, применяемых в машинострое-нии, условное изображение и обозначение резьбы и ее технологических эле-ментов. При изучении резьбы и выполнении задания студент должен приобре-сти навыки общения с государственными стандартами по данной теме.

6 . 2 . Содержание задания

Задание выполняется карандашом на формате Ф3 в масштабе 1:1. Вычертить вал в соответствии со своим вариантом, обозначив размеры технологических элементов резьб.

Выполнить сечение по шпоночному пазу.

Варианты заданий

Таблица 2

Номер варианта	Тип вала	Диаметр вала D_B	Левый конец вала			Правый конец вала		
			Тип резьбы	d	P	Тип резьбы	d	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	80	*M*	64	4,0	*S*	28	5,0
2	II	60	*Tr*	42	3,0	*M*	27	2,0
3	III	70	*M*	64	6,0	*Tr*	42	3,0
4	IV	26	*M*	24	3,0	*Tr*	40	3,0
5	I	60	*M*	42	4,0	*Tr*	48	3,0
6	II	63	*M*	30	3,5	*Tr*	44	3,0
7	III	71	*Tr*	50	3,0	*M*	27	3,0
8	IV	27	*M*	27	3,0	*Tr*	42	3,0
9	I	63	*M*	42	3,0	*S*	20	2,0
10	II	70	*Tr*	48	3,0	*M*	36	4,0
11	III	73	*M*	64	4,0	*Tr*	48	3,0

Продолжение табл. 2

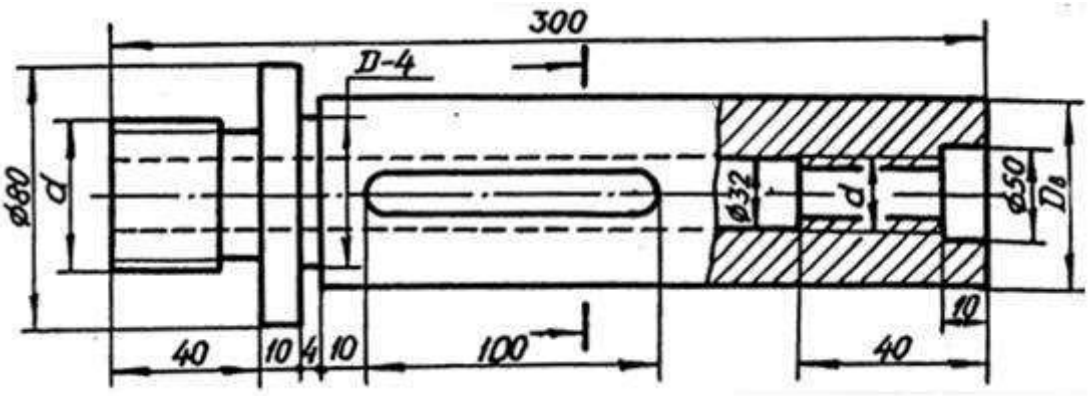
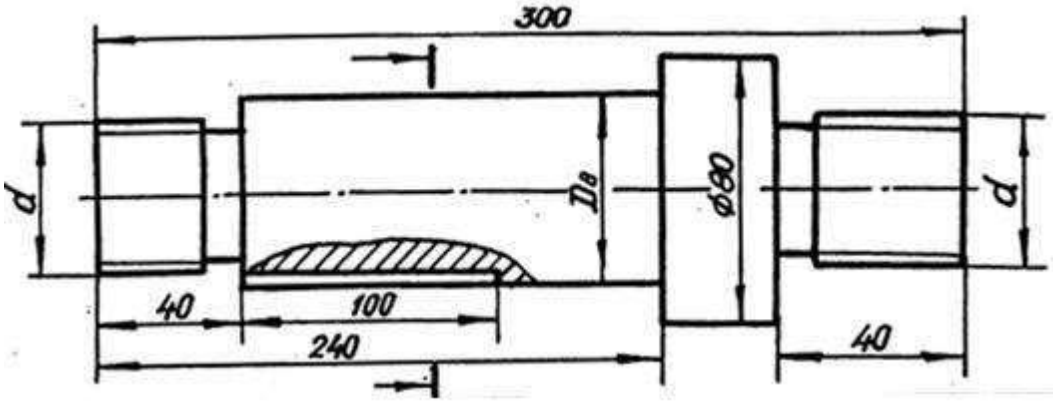
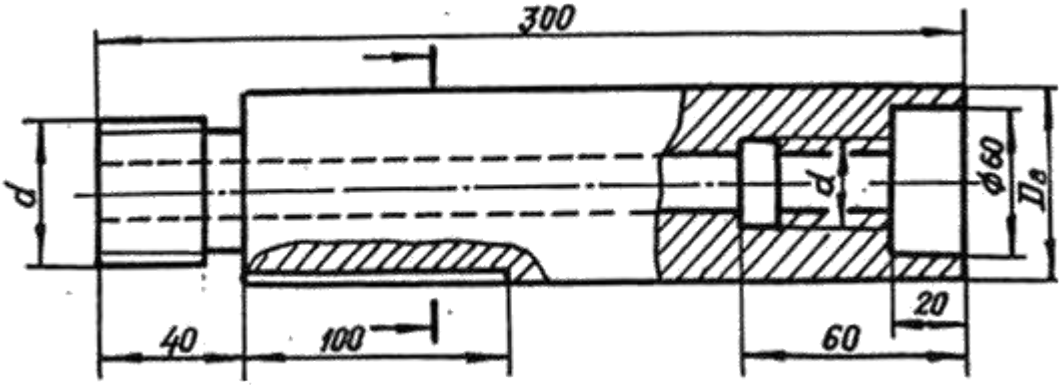
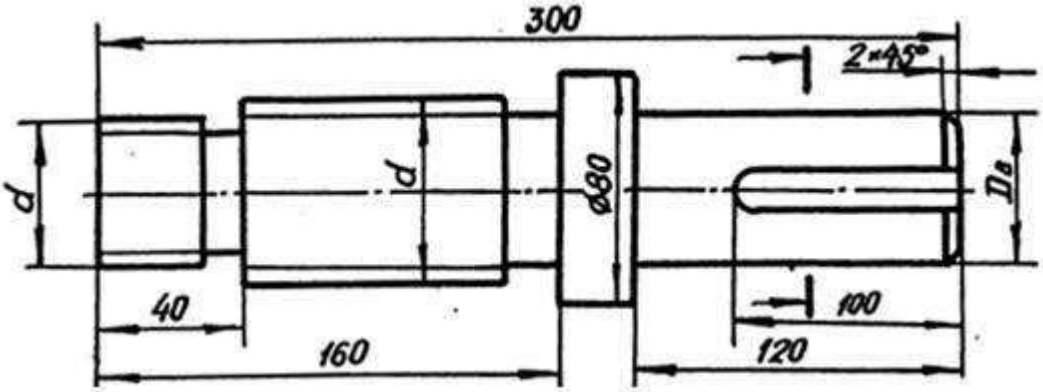
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	IV	30	*M*	30	3,5	*Tr*	42	3,0
13	I	70	*M*	64	3,0	*Tr*	24	2,0
14	II	60	*M*	48	2,0	*Tr*	40	3,0
15	III	75	*M*	60	4,0	*Tr*	42	3,0
16	IV	40	*M*	42	3,0	*Tr*	65	4,0
17	I	71	*M*	64	3,0	*Tr*	46	3,0
18	II	65	*Tr*	28	2,0	M	30	3,5
19	III	78	*M*	45	4,5	*Tr*	30	3,0
20	IV	28	*M*	24	2,0	*Tr*	44	3,0
21	I	73	*M*	52	5,0	*Tr*	28	2,0
22	II	67	*M*	42	3,0	*Tr*	30	3,0
23	III	80	*Tr*	50	3,0	*M*	24	3,0
24	IV	32	*M*	27	2,0	*Tr*	46	3,0
25	I	75	*M*	48	3,0	*S*	22	2,0
26	II	71	*Tr*	65	4,0	*M*	48	3,0
27	III	82	*M*	56	5,5	*Tr*	40	3,0
28	IV	32	*M*	30	3,0	*Tr*	48	3,0
29	I	80	*M*	42	4,0	*Tr*	24	2,0
30	II	73	*M*	64	3,0	*Tr*	50	3,0
31	III	85	*Tr*	46	3,0	*M*	22	2,5
32	IV	28	*M*	24	1,5	*Tr*	40	3,0
33	I	85	*M*	48	4,0	*S*	32	6,0
34	II	80	*Tr*	42	3,0	*M*	33	2,0
35	III	70	*M*	39	1,5	*Tr*	24	2,0
36	IV	40	*M*	39	1,5	*Tr*	50	3,0
37	I	82	*M*	56	5,5	*Tr*	24	2,0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
38	II	72	*M*	48	4,0	*Tr*	50	3,0
39	III	71	*Tr*	50	3,0	*M*	30	3,5
40	IV	36	*M*	42	2,0	*Tr*	52	3,0
41	I	63	*M*	48	2,0	*S*	26	5,0
42	II	71	*Tr*	65	4,0	*M*	36	3,0
43	III	73	*M*	48	3,0	*Tr*	28	2,0
44	IV	40	*M*	42	4,5	*Tr*	60	3,0
45	I	80	*M*	64	6,0	*Tr*	28	2,0
46	II	75	*M*	30	3,0	*Tr*	24	2,0
47	III	75	*Tr*	65	4,0	*M*	36	3,0
48	IV	28	*M*	24	3,0	*Tr*	40	3,0
49	I	65	*M*	42	3,0	*S*	26	2,0
50	II	80	*Tr*	55	3,0	*M*	39	4,0
51	III	78	*M*	64	4,0	*Tr*	44	3,0
52	IV	32	*M*	27	2,0	*Tr*	42	3,0
53	I	67	*M*	48	5,0	*S*	26	2,0
54	II	82	*M*	48	2,0	*Tr*	65	4,0
55	III	80	*Tr*	52	3,0	*M*	36	4,0
56	IV	40	*M*	42	4,0	*Tr*	65	4,0
57	I	78	*M*	48	4,0	*S*	32	6,0
58	II	85	*Tr*	42	3,0	*M*	42	4,0
59	III	82	*M*	48	3,0	*S*	32	3,0
60	IV	36	*M*	30	1,5	*Tr*	44	3,0

Типы валов

Таблица 3

Тип вала	Исходный чертеж	
	Левый конец вала	Правый конец вала
I		
II		
III		
IV		

7. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

7 . 1 . Конец вала с метрической резьбой на стержне

По заданию на конце вала необходимо изобразить метрическую резьбу с ее технологическими элементами и нанести размерную сетку (рис. 16). Приступая к вычерчиванию, рекомендуется необходимые размеры сводить в табл. 4, например, требуется изобразить метрическую резьбу с номинальным диаметром 36 мм и шагом 3 мм.

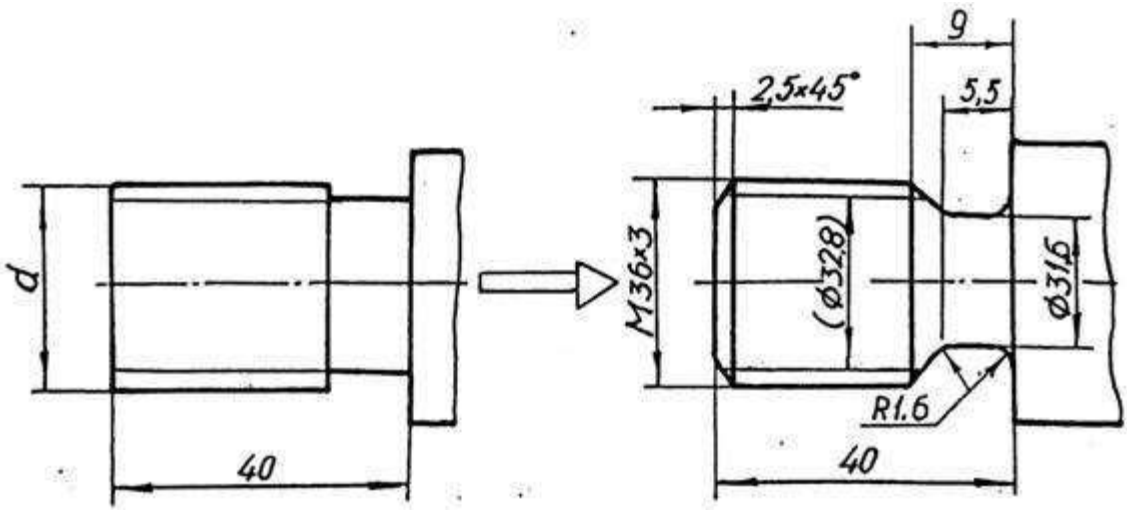


Рис. 16

Таблица 4

Размеры	Обозначение	Величина	Номер табл.	Стр.
Тип резьбы	*M*		2	20…22
Номинальный диаметр резьбы	*d*	36		
Шаг резьбы	*P*	3	2	
Вид шага		мелкий	5	
Внутренний диаметр резьбы	D_1	32,8	5	
Диаметр проточки	*d*	*d*-4.4	6	
Ширина проточки (нормальной)	f_1 min	5,2	6	
	f_2 max	9,0	6	
Радиусы скругления проточки	r	*P*: 2~1,6	6	
Высота фаски	c	2,5	6	

Таблица 5

Шаг метрической резьбы P	Диаметр резьбы		Шаг метрической резьбы P	Диаметр резьбы	
	наружный $d(D)$	внутренний $d_1(D_1)$		наружный $d(D)$	внутренний $d_1(D_1)$
с крупным шагом			с мелким шагом		
1	6	4,9	1,5	24	22,4
1,25	8	6,6		30	28,4
1,5	10	8,4		39	37,4
1,75	12	10,1	2	20	17,8
2	14	11,8		24	21,8
2	16	13,8		27	24,8
2,5	18	15,3		30	27,8
2,5	20	17,3		33	30,8
2,5	22	19,3		36	33,8
3	24	20,8		42	39,8
3	27	23,8		48	45,8
3,5	30	26,2		72	69,8
2,5	33	29,2	3	30	26,8
4	36	31,7		36	33,8
4	39	34,7		42	38,8
4,5	42	37,1		48	44,8
4,5	45	40,1		64	60,8
5	48	42,3	4		
5	52	46,6		42	37,7
5,5	56	50,0		48	43,7
5,5	60	54,0		64	59,7
6	64	57,5			
6	68	61,5			

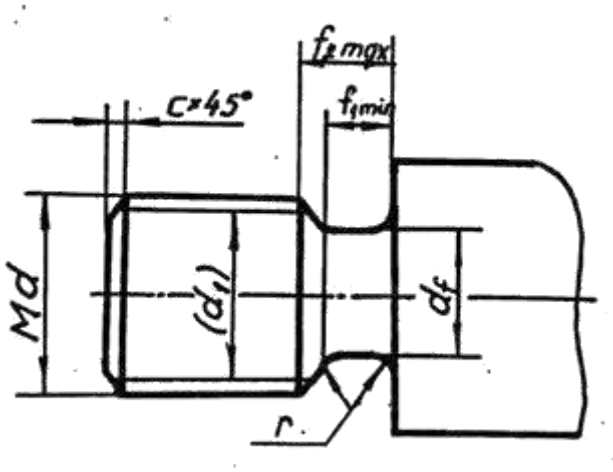


Таблица 6

Шаг резьбы	Номинальный диаметр резьбы с крупным шагом	d_f	Проточка нормальная		Проточка узкая		r 0,5P	c
			f_1min	f_2max	f_1min	f_2max		
1	6; 7	*d*-1,6	1,6	3,0	1,1	2,5	0,6	1,0
1,5	10	*d*-2,3	2,5	4,5	1,8	3,8	0,8	1,6
2	14; 16	*d*-3,0	3,4	6,0	2,5	5,0	1,0	2,0
2,5	18; 20; 22	*d*-3,6	4,4	7,5	3,2	6,3	0,2	2,5
3	24; 27	*d*-4,4	5,2	9,0	3,7	7,5	1,6	2,5
3,5	30; 33	*d*-5,0	6,2	10,5	4,7	9,0	1,6	2,5
4	36; 39	*d*-5,7	7,0	12,0	5,0	10,0	2,0	3,0
4,5	42; 45	*d*-6,4	8,0	13,5	5,5	11,0	2,0	3,0
5	48; 52	*d*-7,0	9,0	15,0	6,5	12,5	2,5	4,0
5,5	56; 60	*d*-7,7	11,0	17,5	7,5	14,0	3,2	4,0
6	64; 68	*d*-8,3	11,0	18,0	8,0	15,0	3,2	4,0

7 . 2 . Конец вала с метрической резьбой в отверстии

При вычерчивании в отверстии метрической резьбы внутренний диаметр определяется по табл. 5, а размеры проточки – по табл. 7.

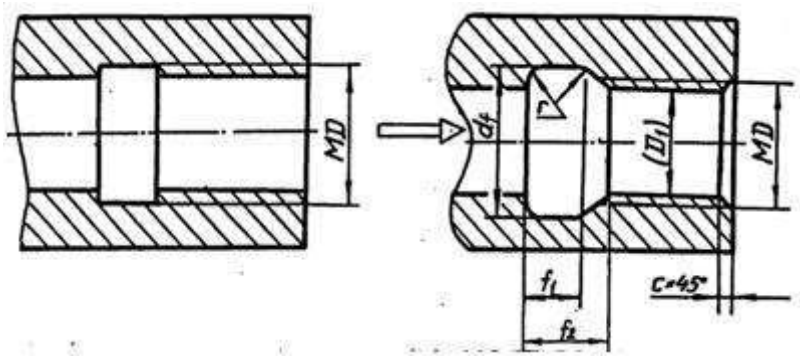
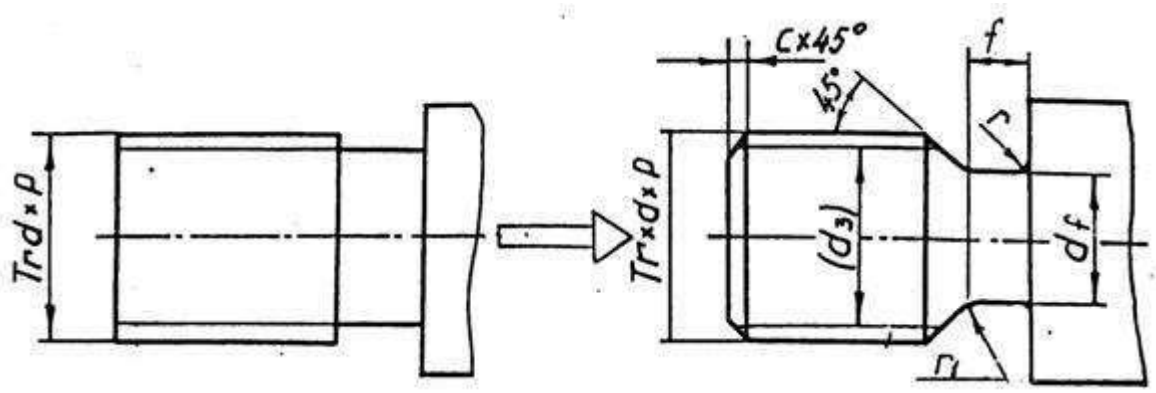


Таблица 7

Шаг резьбы	d_f	Проточка нормальная		Проточка узкая		r 0,5P	c
		$f_1$min	$f_2$max	$f_1$min	$f_2$max		
1	d+0,5	4	5,2	2,5	3,7	0,6	1,0
1,5	d+0,5	6	7,8	3,8	5,6	0,8	1,6
2	d+0,5	8	10,3	5,0	7,3	1,0	2,0
2,5	d+0,5	10	13,0	6,3	9,3	0,2	2,5
3	d+0,5	12	15,2	7,5	10,7	1,6	2,5
3,5	d+0,5	14	17,0	9,0	12,7	1,6	2,5
4	d+0,5	16	20,0	10,0	14,0	2,0	3,0
4,5	d+0,5	18	23,0	11,0	16,0	2,0	3,0
5	d+0,5	20	26,0	12,5	18,5	2,5	4,0
5,5	d+0,5	22	28,0	14,0	20,0	3,2	4,0
6	d+0,5	24	30,0	15,0	21,0	3,2	4,0

7 . 3 . Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне

При вычерчивании резьбы на стержне внутренний диаметр определяют по табл. 8, а размеры проточки – по табл. 9.



Шаг резьбы P	Диаметр			
	Наружная резьба		Внутренняя резьба	
	d, D	d_3	D_1, d_1	D_4
2	24	21,5	22,0	24,5
	28	25,6	26,0	28,5
3	30	26,5	27,0	30,5
	40	36,5	37,0	40,5
	42	38,5	39,0	42,5
	44	40,5	41,0	44,5
	46	42,5	43,0	46,5
	48	44,5	45,0	48,5
	50	46,5	47,0	50,5
	52	48,5	49,0	52,5
	55	51,5	52,0	55,5
	60	56,5	57,0	60,5
4	65	60,5	61,0	65,5

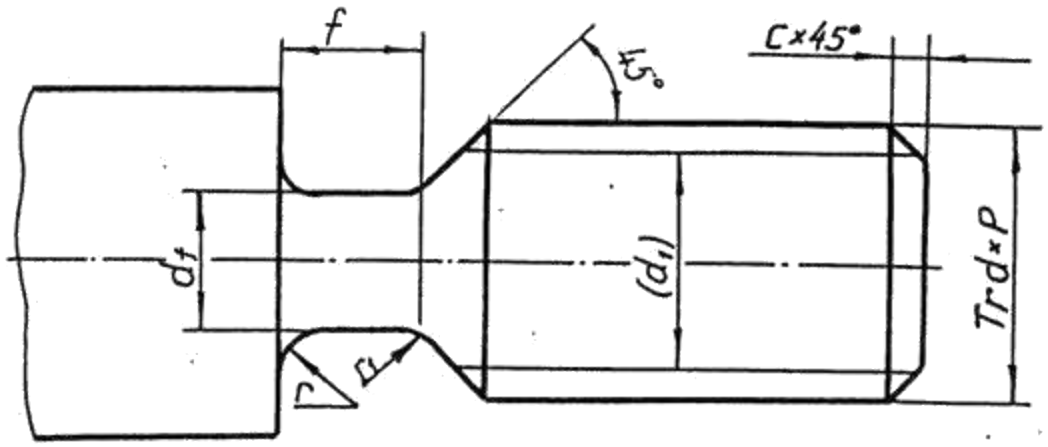


Таблица 9

Шаг резьбы	d_f	f_1	r	r_1	c
2	*d*-3,0	3	1,0	0,5	1,6
3	*d*-4,2	5	1,6	0,5	2,0
4	*d*-5,2	6	1,6	1,0	2,5
5	*d*-7,0	8	2,0	1,0	3,0
6	*d*-8,0	10	3,0	1,0	3,5
8	*d*-10,2	12	3,0	1,0	4,5
10	*d*-12,5	16	3,0	1,0	5,5

7 . 4 . Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии

При вычерчивании трапецеидальной резьбы в отверстии следует учитывать зазор между стержнем и «гайкой», изображение выполняют по размерам диаметров, указанных в табл. 8, но на чертеже обозначают резьбу по номинальному размеру. Проточку вычерчивают по размерам, приведенным в табл. 10.

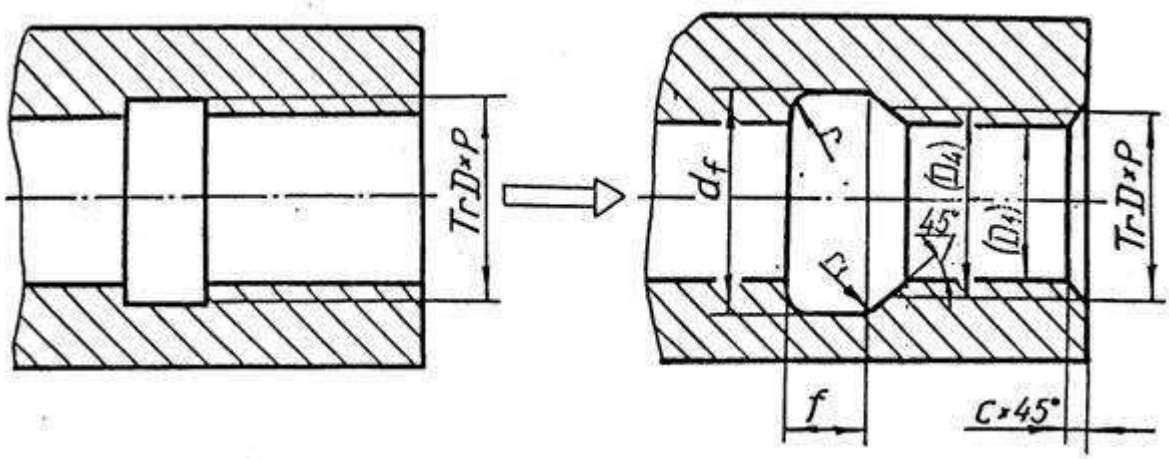


Таблица 10

Шаг резьбы	d_f	f_1	r	r_1	c
2	d+1,0	3	1,0	0,5	1,6
3	d+1,0	5	1,6	0,5	2,0
4	d+1,1	6	1,6	1,0	2,5
5	d+1,6	8	2,0	1,0	3,0
6	d+1,6	10	3,0	1,0	3,5
8	d+1,8	12	3,0	1,0	4,5
10	d+1,8	16	3,0	1,0	5,5

7 . 5 . Конец вала с упорной резьбой в отверстии

Размеры, необходимые для вычерчивания упорной резьбы, представлены в табл. 11.

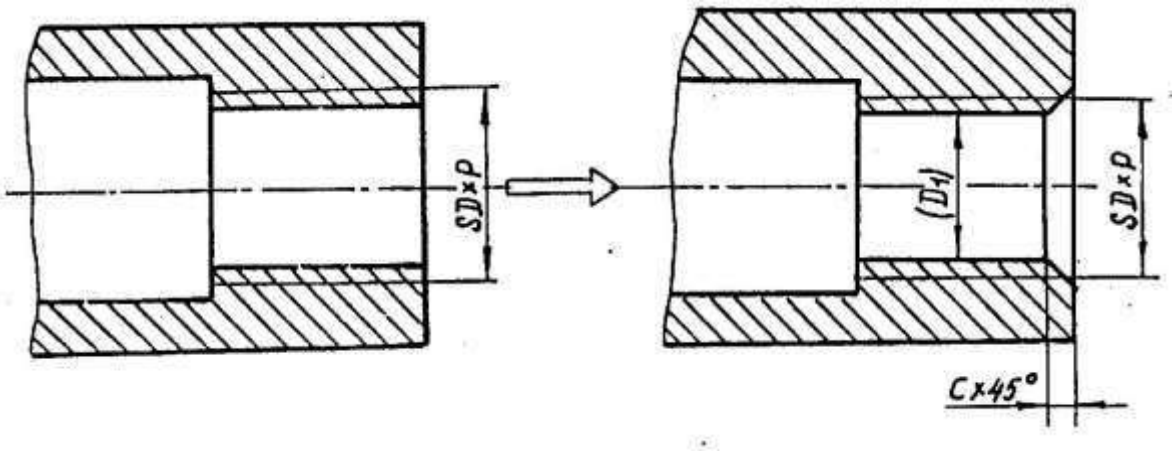


Таблица 11

Шаг резьбы P	Диаметр		Фаска c
	Наружный d, D	Внутренний D_1	
2	20	17,0	1,6
2	22	19,0	1,6
2	26	23,0	1,6
3	32	27,5	2,0
5	26	18,5	3,0
5	28	20,5	3,0
6	32	23,0	3,5

7 . 6 . Изображение шпоночного паза Г ОС Т 233 60 – 78

Шпонкой называется деталь, устанавливаемая в пазах двух соприкасающихся деталей для предотвращения их относительного перемещения и для передачи крутящего момента.

Форму шпоночного паза на валу обычно показывают сечением. Размеры шпоночного паза, зависящие от диаметра цапфы вала, представлены в табл. 12.

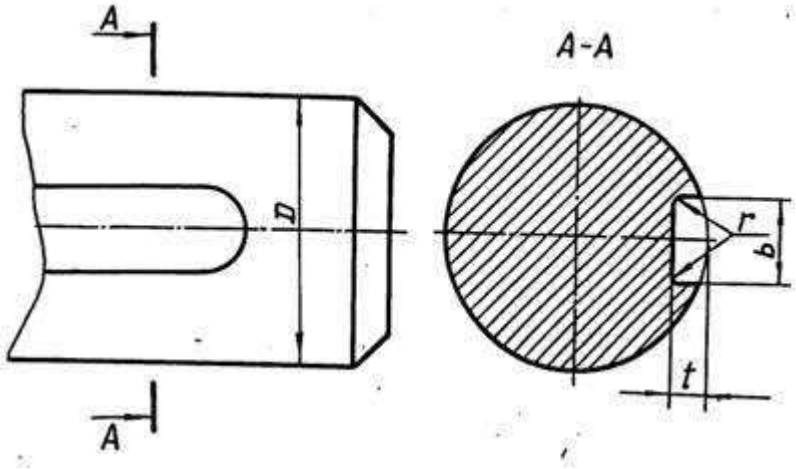
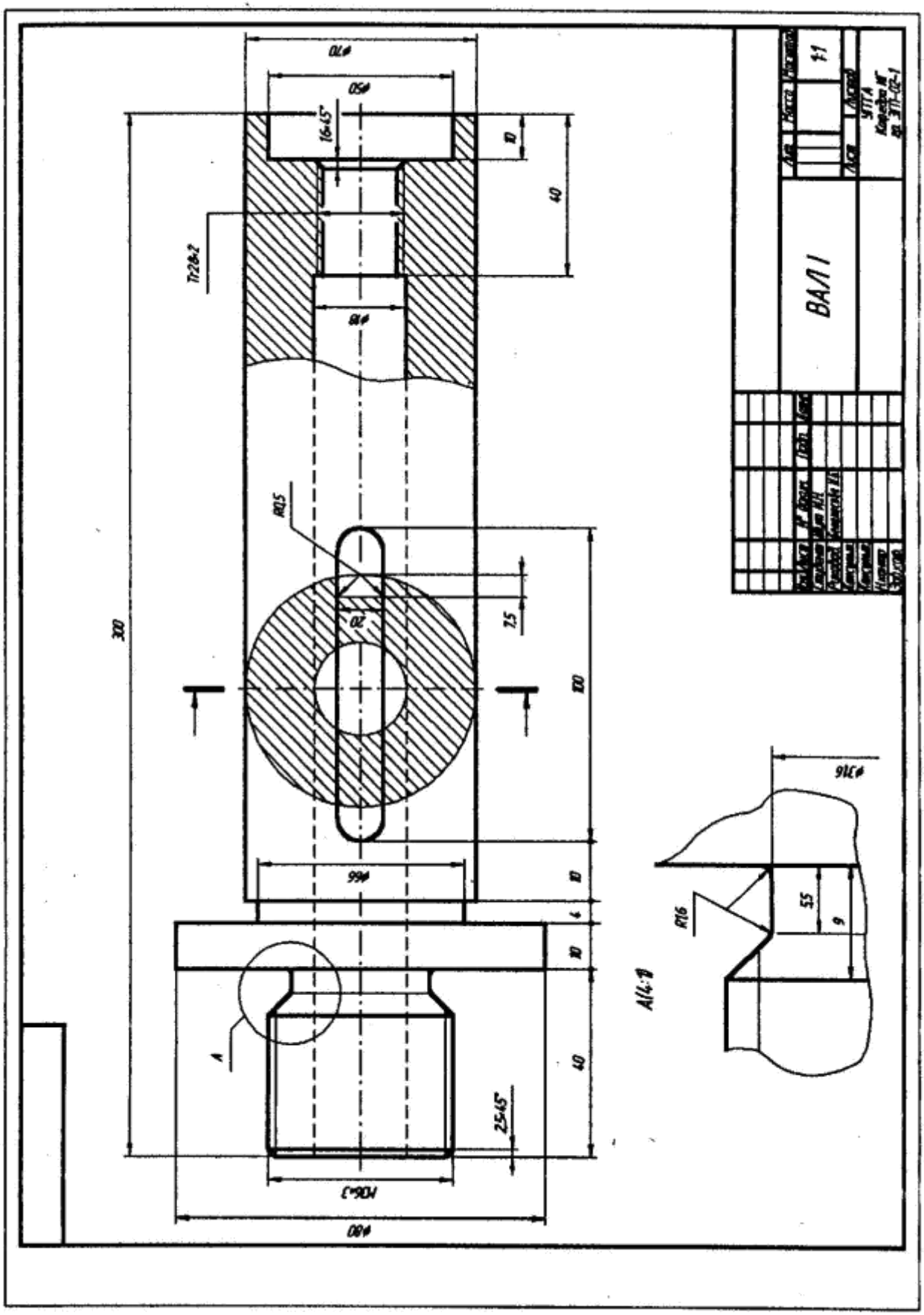
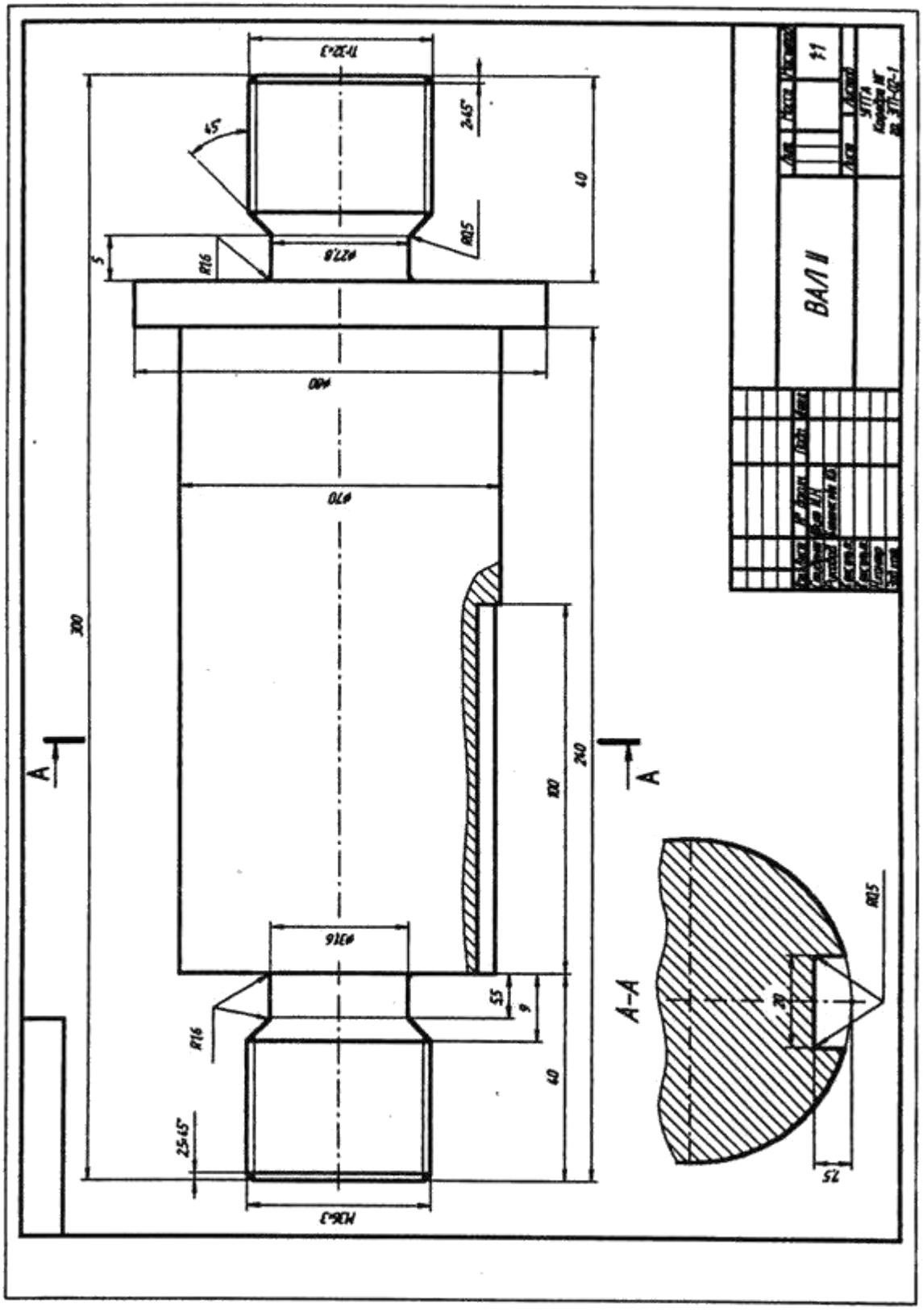
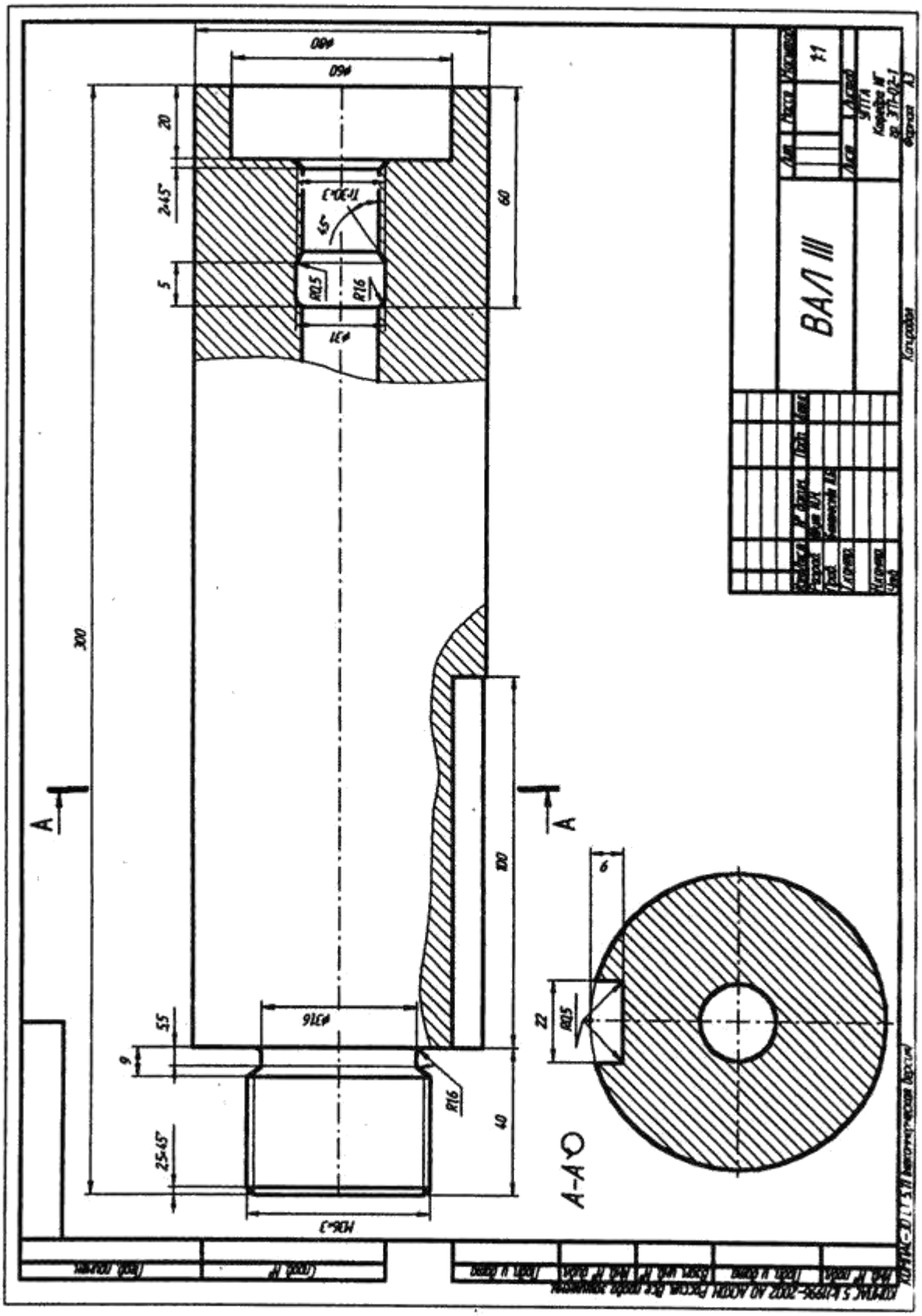


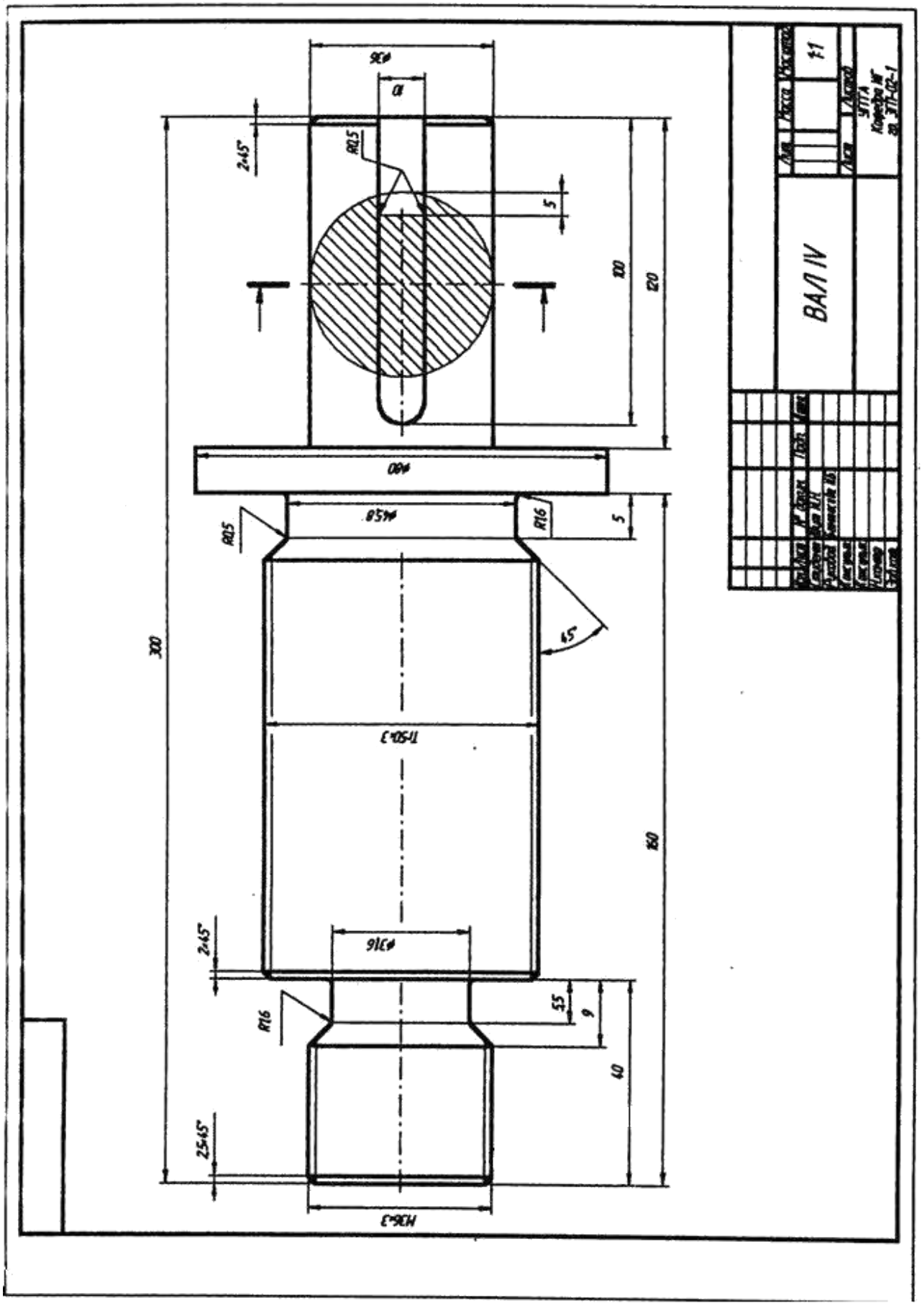
Таблица 12

Диаметр вала О	Шпоночный паз		
	Ширина *b*	Глубина *t*	Радиус закругления *r*
Свыше 22 до 30	8	4,0	От 0,16 до 0,25
30 38	10	5,0	0,25 0,40
38 44	12	5,0	0,16 0,40
44 50	14	5,5	0,25 0,40
50 58	16	6,0	0,25 0,40
58 65	18	7,0	0,25 0,40
65 75	20	7,5	0,40 0,60
75 85	22	9,0	0,40 0,60


ВАЛ I
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов
Копировал
Формат
А1
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Изм.
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
Инв. № подл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
ГОСТ 2.109-73
ГОСТ 2.104-68
Сталь 45
ГОСТ 1050-74
Ø16
Ø45
Ø50
Ø84
Ø99
Ø91
Ø80
M28×2
16±0,5
25±0,5
R15
R16
2,5
10
40
100
300
55
9
А(4:1)


ВАЛ II
1:1
A
A
A-A
R16
R16
R05
R05
45
2x45°
2x45°
40
5
100
240
100
40
55
9
30
52


ВАЛ III
300
100
60
40
20
24±5
5
25±5
55
9
22
6
A
A
A-A
R0,5
R16
1:1


ВАЛ IV
Лит
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
Копировал
Формат А4
ø36k3
ø316
ø458
ø80
ø90
2×45°
R25
R16
5
100
120
300
180
40
55
9
45°

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анурьев В. И*. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1990.
2. *Баева Г. Г*. Условности машиностроительного черчения. Методическая разработка. Свердловский горный институт. – Свердловск, 1976.
3. ГОСТ 27148-86 (СТ СЭВ 214-86). Выход резьбы, сбеги, недорезы, проточки. Размеры.
4. *Попова Г. Н*., *Алексеев С. Ю*. Машиностроительное черчение. Справочник. – М.: Машиностроение, 1986.
5. *Потишко А. В., Крушевская Д. П*. Справочник по инженерной графике. – Киев: Будівельник, 1983.
6. Резьбы. – М.: Изд. стандартов, 1985.
7. *Розов С. В*. Курс машиностроительного черчения с элементами автоматизированного контроля. - М.: Машиностроение, 1980.
8. *Чекмарев А. А*., *Осипов В. К*. Справочник по машиностроительному чер-чению. М.: Высшая школа, 1994.

Ирина Борисовна Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

«Резьба»

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Подписано в печать . .201 г.
Бумага офсетная. Формат бумаги 60 84 1/16. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе. Печ. л. 2,4 Уч.-изд. 2,05. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30 Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

В. Н. Бабич, Е. И. Шангина

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «БЛОК-ДИАГРАММА»

ЕКАТЕРИНБУРГ

2019

ВВЕДЕНИЕ

Эпюр выполняется на формате Al (594× 841) в масштабе 1:1000 и включает в себя решение следующих задач:

- построение линии выхода пласта на поверхность;
- построение прямого разреза (вкрест простирания);
- построение вертикальных профилей АВ, ВС, СД, ДА, определяемых сторонами заданного плана;
- построение линии среза пласта по горизонту 92,5;
- построение блок-диаграммы (ячеечной), ограниченного вертикальными профилями АВ, ВС, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность.

Исходные параметры всех вариантов сведены в таблицу №1 и задаются следующим образом:

1. Месторождение ограничено двумя параллельными плоскостями - плоскостью кровли пласта (верхняя плоскость) и плоскостью подошвы (нижняя плоскость). Плоскость кровли пласта задаётся точкой **F**(x,y,z), азимутом падения α, интервалом **l** (масштабом падения плоскости), параметры которых представлены в табл. l.

2. Горизонтальная мощность $\mathbf{H_г}$ пласта нужна для построения плоскости, называемой подошвой, которая также задана в табл. 1.

3. Построение блок-диаграммы осуществляется в стандартной аксонометрической проекции, указанной ее номером. В конце таблицы для каждой стандартной аксонометрической проекции этот номер присвоен. Пример выполнения графической работы представлен на рис. 7.

Построение линии выхода пласта на поверхность

Для нахождения линии пересечения плоскости с топографической поверхностью необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат плоскости и заданной поверхности. На плане топографическая поверхность задается изогипсами - плоскими линиями, параллельными горизонтальной плоскости проекций, каждая из которых имеет свою высотную отметку. Надо построить горизонтали плоскости кровли, имеющие такие же высотные отметки, что и изогипсы на плане.

Плоскость кровли задана точкой **F**, азимутом падения α и интервалом **l** (см. табл.1). Построив плоскость кровли на плане (задав ее масштабом заложения), находим линию пересечения плоскости кровли с топографической поверхностью. Точки, принадлежащие линии пересечения, получаются в ре –

зультате пересечения соответствующих изогипс и горизонталей плоскости кровли, т. е. имеющих одинаковые высотные отметки, если таковые имеются в пределах плана (рис. 1).

Найденные общие точки соединяют плавной кривой, которая будет являться линией пересечения плоскости и топографической поверхности.

Полученная линия кровли пласта обводится красным цветом.

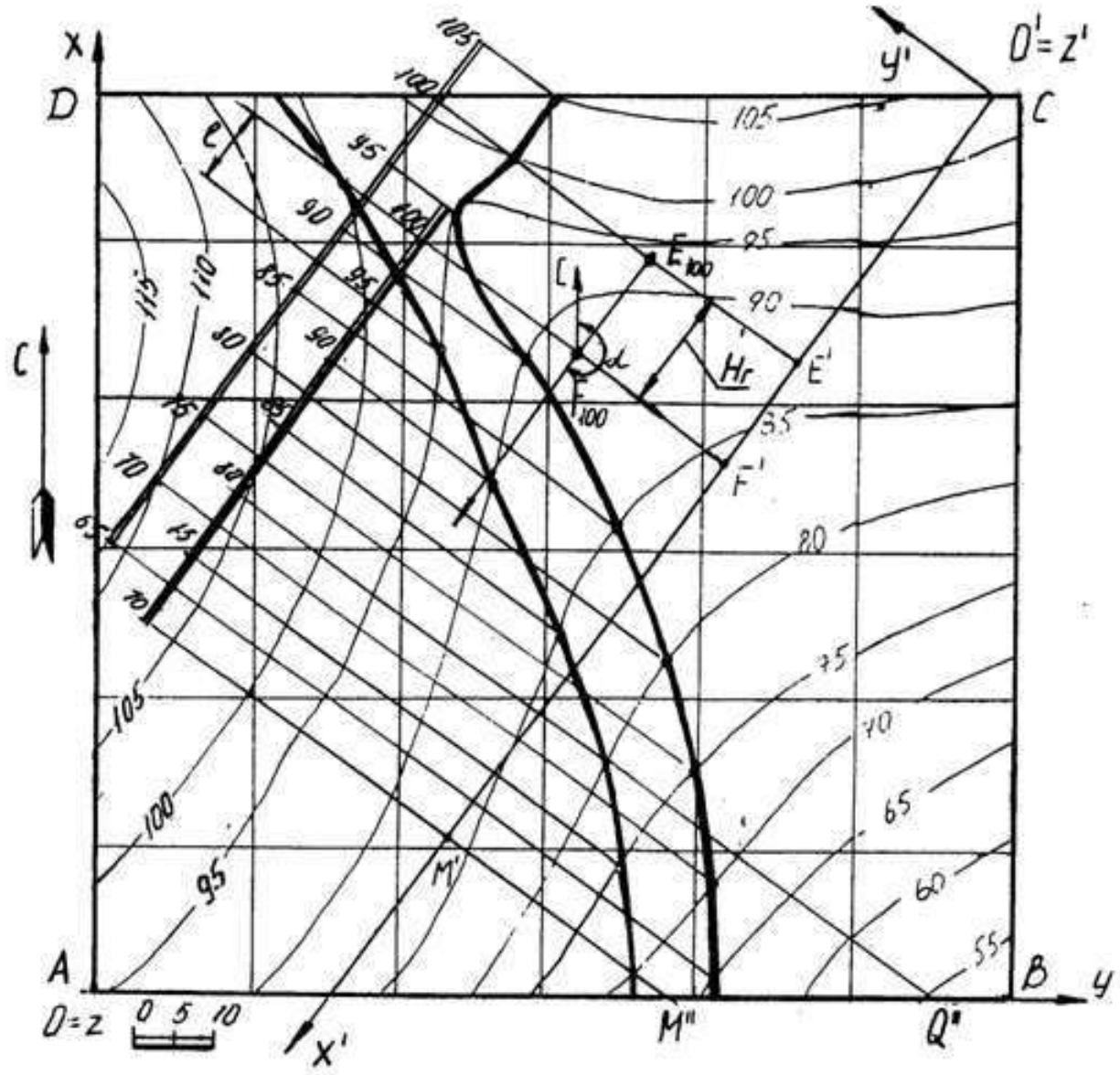


Рис 1

Пересечение плоскости подошвы пласта и топографической поверхности

Плоскость кровли пласта и плоскость подошвы пласта - две параллельные плоскости. Следовательно, на чертеже горизонтали этих плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения равны, направления падения их совпадают.

Горизонтальная мощность пласта определяется расстоянием между плоскостями кровли и подошвы пласта, измеряемое в горизонтальном направлении и в нашем случае равна $\mathbf{H}_г$ (см. табл.1). Следовательно, отложив от точки **F** расстояние, равное $\mathbf{H}_г$ по направлению восстания плоскости пласта (т. к. плоскость подошвы ниже плоскости кровли), получим точку **E** с такой же высотной отметкой, как и у точки **F** (рис.1). Направление и масштаб заложения подошвы пласта будут такими же, как и у кровли пласта. Плоскость подошвы пласта определяется точкой **E**, азимутом падения α и интервалом **l**.

Строят те горизонтали подошвы пласта, высотные отметки которых совпадают с высотными отметками изогипс. Находят общие точки, которые соединяют плавной кривой линией. Полученная линия подошвы пласта обводится синим цветом.

Полное построение линии выхода пласта на поверхность показано на рис.1.

Построение прямого разреза (вкрест простирания)

На плане выбирают вертикальную плоскость, перпендикулярную к горизонталям пласта (в удобном месте, как показано на рис. 1). Полученный разрез называется прямым или вкрест простирания.

Разрез ограничивается нулевой плоскостью, топографической поверхностью и прямыми пересечения плоскости прямого разреза с ближайшими вертикальными плоскостями, ограниченными прямоугольником ABCD.

Для построения прямого разреза вводят декартову систему координат x'O'y' на плане, где ось O'x' совпадает с плоскостью разреза, ось O'y' перпендикулярна к оси O'x' (по часовой стрелке), ось z' проецируется в точку (рис. 1).

Вертикальный прямой разрез будет определяться осью O'x' и осью O'z', где координата z' будет равна числовой отметке соответствующей изогипсы (рис. 2). Таким образом, получают построение вертикального прямого (вкрест простирания) разреза, на котором строят следы пласта.

Для построения следов пласта на разрезе вкрест простирания поступают так. По горизонтали переносят точку **F** на след плоскости вертикального

разреза – ось O'x' и любую из горизонталей (например, 70) – точки F' и M' (рис. 1). На профиле (рис. 2) через полученные точки F' и M' проводят перпендикуляры, на которых откладывают высотные отметки кровли пласта. Затем проводят прямую линию – след кровли пласта.

Подошва пласта отстоит от кровли пласта на расстоянии, равном горизонтальной мощности пласта и строится параллельно плоскости кровли (рис. 2 – профиль ограничен нижней плоскостью с отметкой 40).

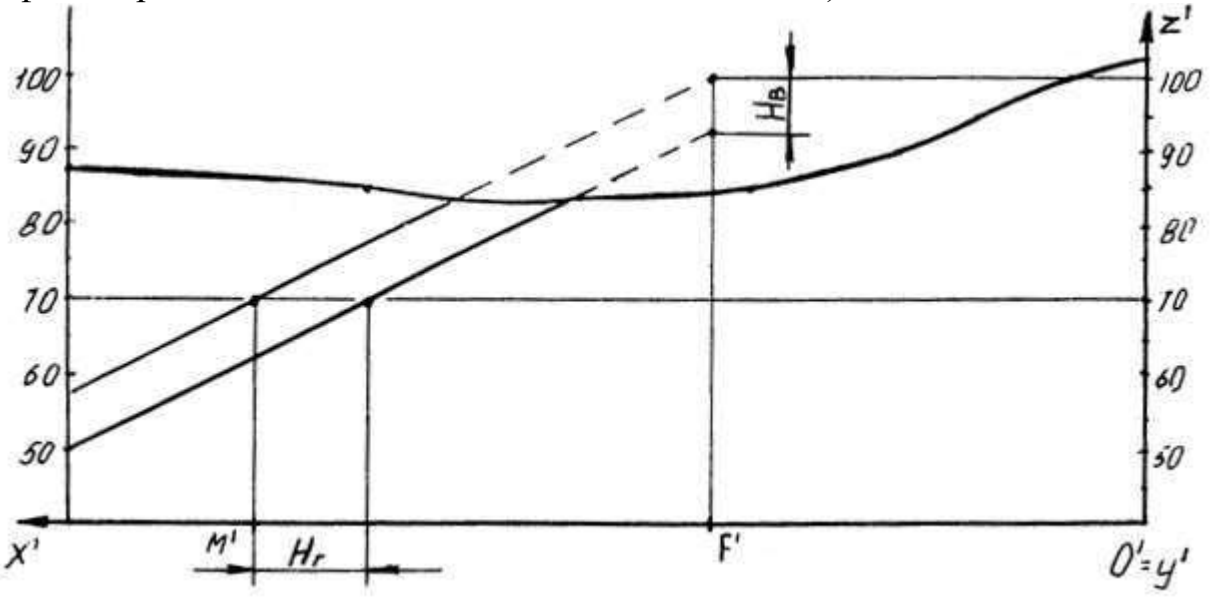


Рис. 2

Построение вертикальных профилей AB, BC, CD, DA выполняется аналогично. Пример построения вертикального профиля AB показан на рис. 3. Для построения подошвы от прямой следа плоскости кровли пласта откладывают вертикальную мощность $\mathbf{H_в}$, взятую с разреза вкрест простирания и проводят прямую, параллельную следу плоскости кровли.

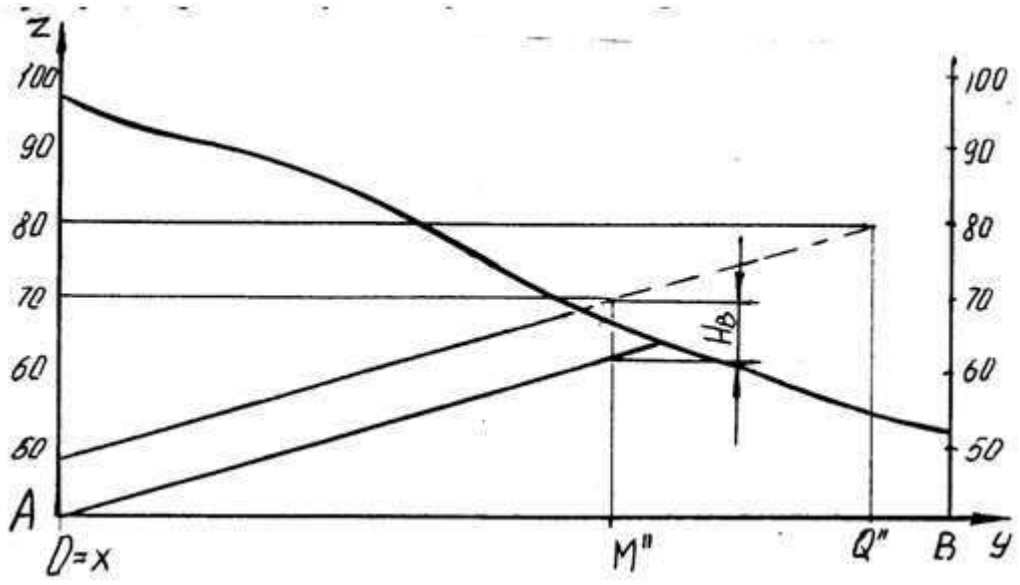


Рис. 3

Нахождение высотной отметки точки, не лежащей на изогипсе

Для построения высотной отметки точки а (рис. 4), не лежащей на изогипсе, поступают следующим образом:

- через точку А проводят кратчайшую прямую I II между изогипсами 50 и 60;

- из точки пересечения с изогипсой 60 проводят прямую под произвольным углом, на которой откладывают отрезок, равный разности высотных отметок (т. е. 10) в заданном масштабе – точка II';

- соединяют полученную точку II' с точкой II, имеющей отметку 50 и с помощью подобных треугольников переносят точку А на прямую I II', которую называют «высотной шкалой».

Таким образом точка А имеет высотную отметку 57.

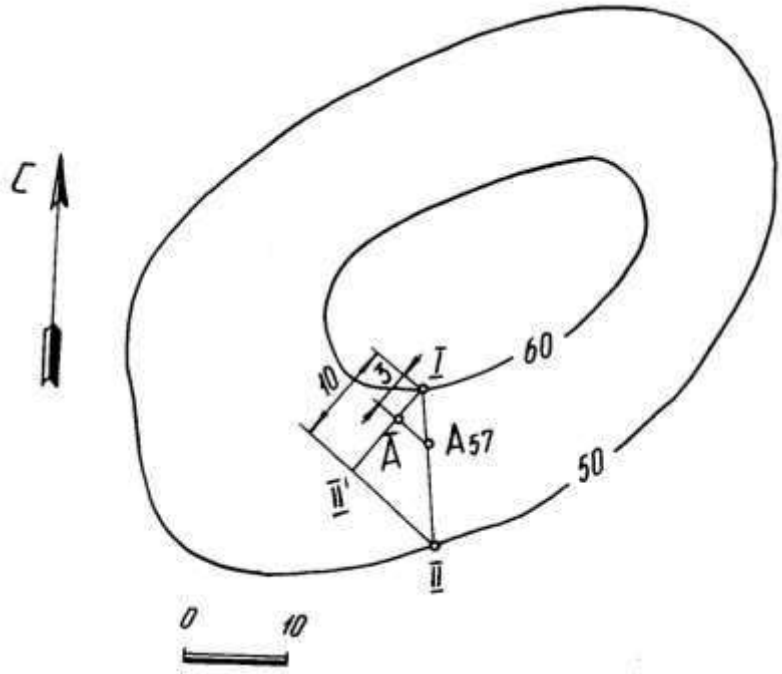
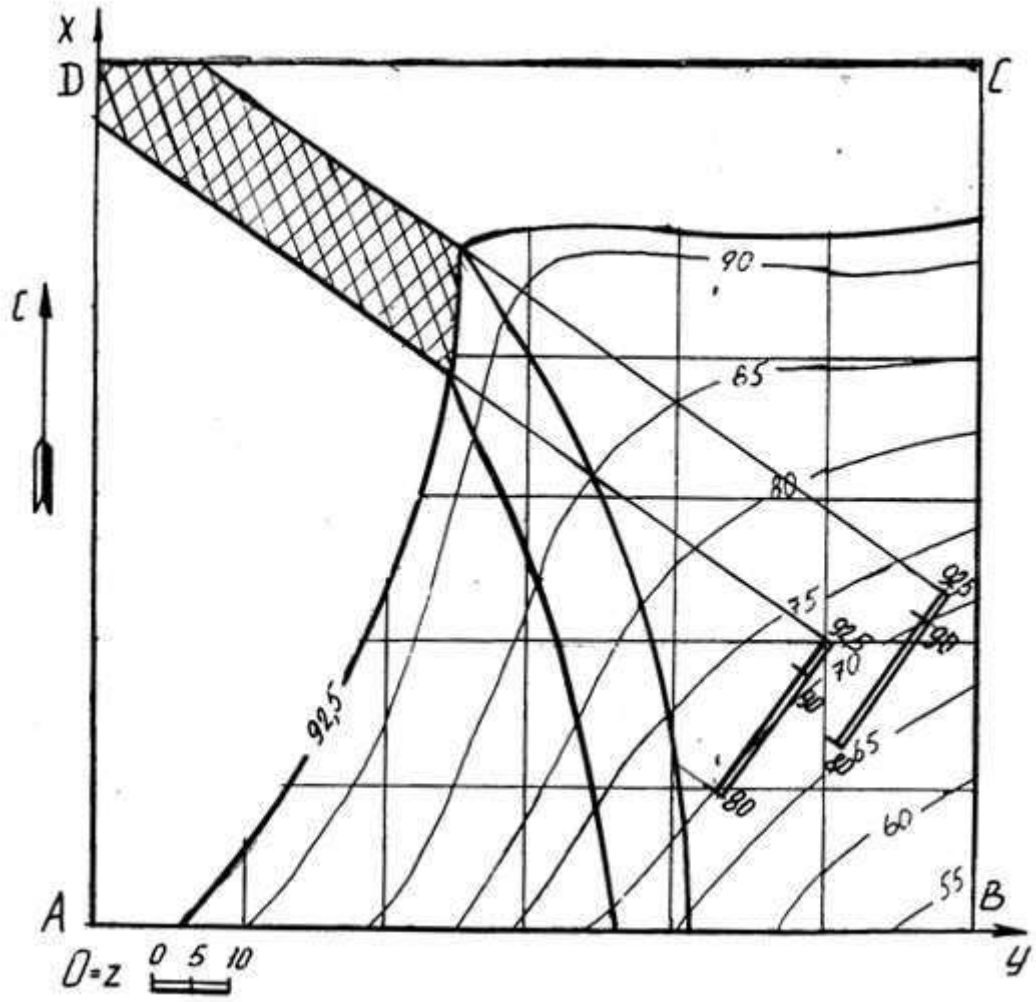


Рис. 4

Построение плана среза по горизонту 92,5

Для построения плана среза воспользуемся умением находить высотные отметки точек, не лежащих на изогипсах, который был рассмотрен ранее.

Количество точек, необходимых для построения изогипсы 92,5, определяется самостоятельно в зависимости от конфигурации рядом лежащих изогипс. План среза по горизонту 92,5 показан на рис. 5.



Построение блок диаграммы части месторождения, ограниченного вертикальными профилями AB, BC, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность

Блок диаграммой будем называть аксонометрическую проекцию части земной коры, ограниченную четырьмя вертикальными плоскостями, горизонтальной плоскостью (например, с отметкой ноль) и топографической поверхностью. Блок диаграмма строится ячеечная, т. е. заданный план разбивается на квадраты, размеры которых 250×250. Затем построения осуществляются по следующему алгоритму.

Алгоритм построения:

- на план наносим декартову систему координат, у которой ось X совпадает с AD, ось Y совпадает с DC, ось Z совпадает с точкой D;

- строим декартову систему координат в указанной аксонометрической проекции (прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная диметрия, косоугольная горизонтальная изометрия - военная пер-

спектива, косоугольная фронтальная изометрия – кавальерная проекция) согласно ГОСТ 2.317 – 69;

- построение осуществляется по координатам тех точек, которые имеют точные высотные отметки, с учетом коэффициентов искажения по координатным осям. Пример построения показан на рис. 6.

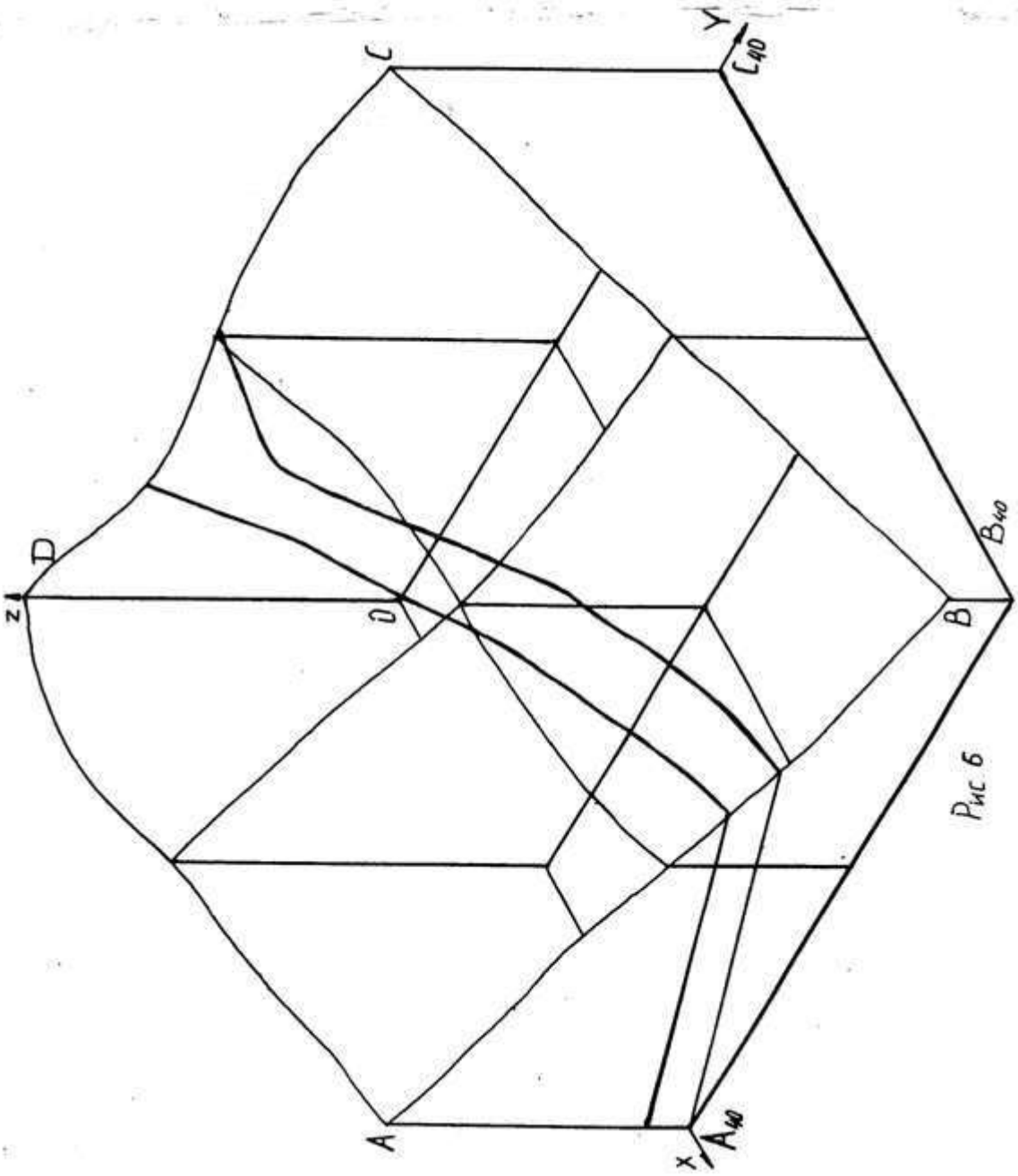


Рис 6

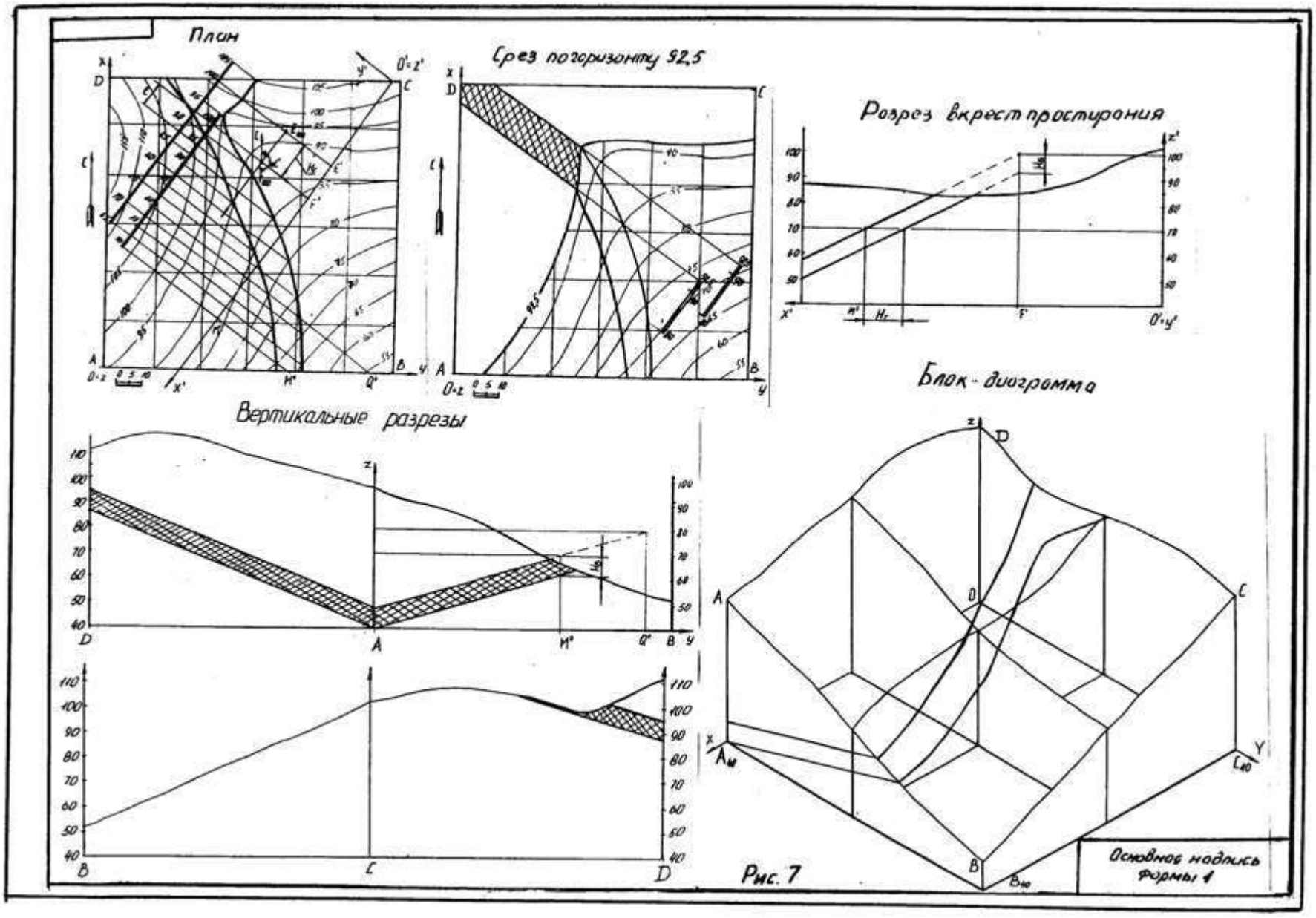

План
Срез погоризонту 92,5
Розрез вкрест простирання
Блок-диаграмма
Вертикальные разрезы
Основной надпись формы 1

Рис. 7

Таблица 1

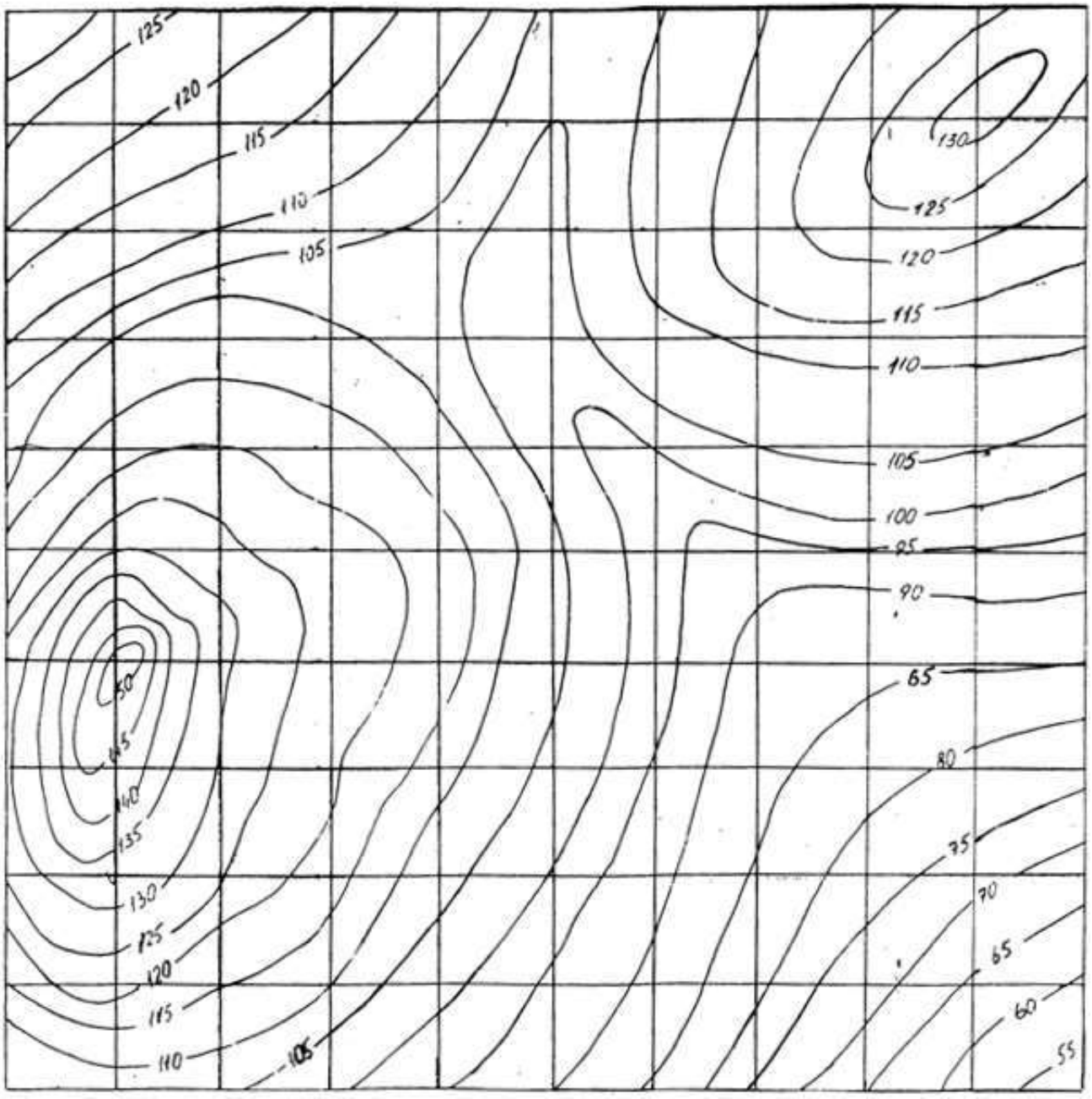
Номер варианта	Точка **F**			Азимут падения α°	Интервал плоскости кровли **l**, мм	Горизонтальная мощность $\mathbf{H_г}$, мм	Вид аксонометрии
	x	**y**	**z**				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	46	10	120	210	20	180	1
2	20	85	110	170	20	75	2
3	67	40	100	210	20	30	3
4	78	25	120	190	20	50	4
5	98	110	105	80	20	30	5
6	40	135	105	30	20	15	1
7	60	60	85	225	20	45	2
8	38	105	100	135	14	17	3
9	46	10	120	210	20	155	4
10	20	85	110	170	20	95	5
11	67	40	100	210	20	100	1
12	78	25	120	190	20	85	2
13	98	100	105	80	20	15	3
14	40	135	105	30	20	45	4
15	60	60	85	225	20	65	5
16	38	105	100	135	14	31	1
17	55	40	95	190	20	70	2
18	46	10	120	210	20	135	3
19	20	85	110	170	20	110	4
20	67	40	100	210	20	125	5
21	78	25	120	190	20	105	1
22	135	20	120	260	20	135	2
23	20	110	115	30	20	30	3
24	98	35	80	225	20	45	4
25	38	105	100	135	14	60	5
26	46	10	120	210	20	115	1
27	115	135	130	170	20	20	2
28	27	42	100	210	20	75	3
29	115	135	130	170	20	50	4
30	97	95	115	210	20	70	5
31	135	20	120	260	20	145	1
32	58	177	80	135	14	31	2
33	27	42	100	210	20	95	3
34	115	135	130	170	20	65	4
35	97	95	115	210	20	95	5

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
36	58	177	80	135	14	42	1
37	27	42	100	210	20	115	2
38	98	35	80	225	20	25	3
39	58	177	80	135	14	68	4
40	27	42	100	210	20	140	5

1 - прямоугольная изометрия (изометрия)
2 - прямоугольная диметрия (диметрия)
3 – косоугольная фронтальная диметрия (кабинетная проекция)
4 - косоугольная фронтальная изометрия (кавальерная проекция)
5 - косоугольная горизонтальная изометрия (военная перспектива)

ПЛАН ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ



СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия

Екатеринбург – 2006

УДК 514.18
Ш 20
Шангина Е. И.
Ш 20 Компьютерная графика: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 189 с.: ил.
ISBN 5-8019-0098-5

В пособии рассматривается графический интерфейс системы AutoCAD, описываются средства создания двух- и трёхмерных объектов. Приводятся методики и рассматриваются конкретные примеры создания чертежей, позволяющие студентам, начинающим изучение компьютерной графики, легко адаптироваться к среде системы AutoCAD. Пособие содержит описание базовых команд, необходимых для создания твёрдотельных моделей и выполнения чертежей в ортогональных и аксонометрических проекциях.

Отличие этого пособия от существующих в том, что даются основные понятия теории множеств и размерности для корректного задания на чертеже (экране компьютера) различных геометрических многообразий (точка, прямая, плоскость, кривые линии и т. д.).

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 170100-«Горные машины и оборудование», а также может быть использовано студентами технических специальностей всех форм обучения, изучающих курс «Компьютерная графика».

Рецензенты:

В. Н. Бабич – канд. техн. наук, профессор кафедры «Теория искусства, архитектуры и дизайна» Уральской государственной архитектурно-художественной академии.

Д. В. Куреннов– канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Прикладная геометрия и автоматизация проектирования» Уральского государственного технического университета (УПИ).

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета

© Уральский государственный
горный университет, 2006
© Шангина Е. И., 2006

ISBN 5-8019-0098-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Количество прикладных программных систем, функционирующих на персональных компьютерах и решающих различные задачи в различных отраслях промышленности, на сегодняшний день достаточно велико. Направленность и решаемые ими задачи различны. Одна из наиболее важных составляющих использования компьютерной графики – знание законов построения геометрической модели проектируемого объекта, теоретической основой которых является начертательная геометрия.

Известно, что современная начертательная геометрия занимается теорией методов моделирования пространств и многообразий различной размерности (возможно с дополнительной структурой) точками плоскости (экран компьютера тоже плоское поле). Другими словами, начертательная геометрия занимается изучением взаимно однозначных и взаимно непрерывных отображений. При построении какого-либо многообразия, независимо от геометрического определителя, размерность этого многообразия не изменяется. Таким образом, одним из инвариантов является размерность.

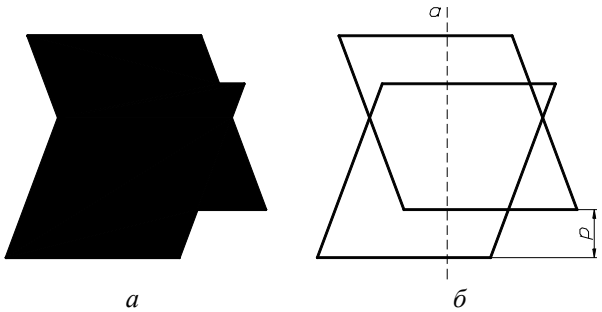
Приведём пример построения окружности в системе ***AutoCAD***. Известно, что окружность задаётся тремя параметрами. Поэтому, вызывая команду ***CIRCLE*** (КРУГ) – формирование окружности – построение может производиться путём задания: 1) центра и радиуса или 2) трёх точек (3P), или 3) двух точек, которые определяют диаметр (2P); 4) двух касательных и радиуса (Ttr); 5) трёх касательных (Tan Tan Ta). В некоторых случаях окружность удобнее задавать одним из перечисленных способов, но число параметров, определяющих данную окружность, остаётся неизменным, то есть равным трём. Таким образом, применяя теорию размерности, можно находить различные решения при построении новых моделей в среде компьютерных программ.

Кроме этого, в современных программах для создания графических объектов нередко используются команды меню «Редактор» («Зеркало», «Поворот», «Сдвиг»», «Копия» и др.), которые позволяют ускорять и упрощать процесс создания чертежа, при этом возрастает точность геометрических построений.

Теоретической основой построения чертежей с использованием этих команд является симметрия. С точки зрения теории симметрии команда «Зеркало» представляет собой осевую симметрию; команда «Поворот» - поворотную симметрию; «Сдвиг» - параллельный перенос; «Копия» - движение, сохраняющее тождественное преобразование. Однако чаще всего студенты не владеют теорией симметрии и поэтому строят чертёж привычными методами, при которых используются традиционные чертёжные инструменты.

Примером может служить метод построения геометрической фигуры, показанной на рис.1.

Построение геометрической фигуры (рис. 1, а), как ни странно, осуществляется последовательным заданием семейства точек или ломаной линии. Однако такая методика является неверной, так как снижается точность изображения и усложняются построения. Указанные недостатки могут быть устранены весьма простым способом – построением скользящей симметрии параллелограмма (рис.1, б), представляющей композицию (произведение) осевой симметрии с осью *a* и параллельного переноса *p*.



а *б*

Рис. 1.

Итак, построение геометрических фигур на основе их инвариантных характеристик – это основной принцип, который позволяет значительно упростить освоение компьютерной графики.

Использование графических компьютерных программ, безусловно, позволило поднять на новый уровень графические методы решения различных технических задач, за счёт резкого повышения точности построений. Но при этом не следует забывать о теории формирования геометрических моделей, в основе которой лежат классические методы начертательной геометрии.

Глава 1
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

1. МНОЖЕСТВА

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Понятие множества является одним из основных неопределяемых понятий математики. Вводя понятие «***множество***», обычно поясняют его смысл на примерах: библиотека – множество книг; алфавит – множество букв; лес – множество деревьев и т. д. В геометрии прямую, плоскость, пространство, прежде всего, понимают как множество точек.

Объекты, из которых состоит множество, называются его элементами. Множества имеют определённые характеристические свойства. Например, если имеем множество целых чисел, то буква не является элементом этого множества. Множество, элементы которого можно подсчитать, называется конечным множеством, в противном случае – бесконечным. Например, множество страниц книги конечно, так как его можно подсчитать; время – бесконечное множество. Если все элементы множества M являются частью множества N, то M называется подмножеством N. Например, прямая, лежащая в плоскости, является подмножеством множества точек плоскости. Другой пример: студенты одной группы являются подмножеством студентов всего института.

Рассмотрим основные теоретико-множественные понятия: 1) принадлежность ($\in$); 2) включение ($\subset$); 3) пересечение ($\bigcap$); 4) объединение ($\bigcup$); 5) разность (\ ); 6) пустое множество ($\varnothing$):

1. Если m есть элемент множества M, записывают $m \in M$; если m не принадлежит M, то пишут $m \notin M$. Множество, которое не содержит ни одного элемента, называется пустым множеством и обозначается $\varnothing$. Точка является нульмерным множеством (это аксиома и определению не подлежит).
2. Если любой элемент множества M принадлежит множеству N, то M называют ***подмножеством*** множества N. Символическая запись: $M \subset N$ («множество M содержится в N»). При этом N называют надмножеством (объемлющим множеством) множества M.
3. Множество, состоящее из общих элементов нескольких множеств A, B, C, …, называется пересечением этих множеств и обозначается $A \bigcap B \bigcap C, \ldots$.
4. Объединение (или сумма) множеств M и N $(M \cup N)$ – это множество, элементами которого являются все элементы множества M и множества N.
5. Разностью множеств M и N называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих M, но не принадлежащих N $(M \setminus N)$. Если $N \subset M$, то разность $M \setminus N$ называют дополнением множества N в множестве M и обозначают $\overline{N}$; при этом $N \cup \overline{N} = M$.

Рассмотрим три множества точек, координаты которых удовлетворяют следующим уравнению и неравенствам (рис. 1):

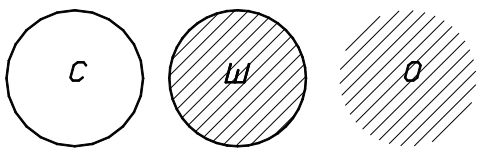


Рис. 1.

Сфера: $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ – **С**.
Шар: $x^2 + y^2 + z^2 \le 1$ – **Ш**.
Открытый шар: $x^2 + y^2 + z^2 < 1$ – **О**.

В этом случае справедливы следующие теоретико-множественные тождества:
$\mathbf{C} \bigcap \mathbf{Ш} = \mathbf{C}$, $\mathbf{Ш} \bigcap \mathbf{О} = \mathbf{О}$, $\mathbf{C} \bigcap \mathbf{О} = \varnothing$;
$\mathbf{C} \bigcup \mathbf{Ш} = \mathbf{C} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш}$;

Ш\С=О, **Ш\О=С**, **О\С=О**, **С\О=С**;
С\Ш=О\Ш=∅; **$\underline{\text{С}}$=О**, **$\underline{\text{О}}$=С**, **$\underline{\text{Ш}}$=∅**.

При определении пересечения трех и большего числа множеств пользуются следующими свойствами пересечения:

$M \cap N = N \cap M$ – коммутативность (то есть переместительный закон, выражающий независимость получаемого множества при пересечении множеств M и N от их перестановки);

$(L \cap M) \cap N = L \cap (M \cap N)$ – ассоциативность (то есть сочетательный закон, выражающий независимость получаемого множества от замены некоторых множеств их пересечением);

$M \cap M = M$ – идемпотентность (то есть результатом пересечения множества M самого с собой является множество M).

Операции пересечения, объединения, разности позволяют исходя из данных множеств строить новые множества. Другим же распространенным приемом конструирования множеств является то, что некоторые подмножества данного множества объявляются элементами нового множества. Рассмотрим несколько примеров.

ПРИМЕР 1. Множество прямых на плоскости называют плоским полем прямых. Элементами этого множества являются все прямые данной плоскости. ***Пучок прямых*** – множество прямых, проходящих по плоскости через данную точку (если эта точка несобственная (бесконечно удаленная), имеем пучок параллельных прямых).

ПРИМЕР 2. Множество прямых пространства называют линейчатым пространством. Примерами подмножеств линейчатого пространства могут служить следующие множества. ***Связка прямых*** – множество прямых пространства, проходящих через заданную точку (если эта точка несобственная, имеем связку параллельных прямых). ***Специальный линейчатый комплекс*** - семейство прямых, пересекающих данную прямую. ***Гиперболическая линейная конгруэнция*** – множество прямых, пересекающих две скрещивающиеся прямые (называемые ее осями или директрисами). Множество прямых, пересекающих три скрещивающиеся прямые, называется ***регулюсом***, или ***линейчатой поверхностью***.

ПРИМЕР 3. ***Пучок плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную прямую (если прямая несобственная, имеют пучок параллельных плоскостей). ***Связка плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную точку.

ОТНОШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Пусть между элементами множества M определено некоторое отношение ~, то есть для любых двух элементов $a \in M$ и $b \in M$ известно $a \sim b$ (читается «a эквивалентно b»). Это отношение должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $a \sim a$ - рефлексивность;

2) если $a \sim b$, то $b \sim a$ - симметричность;

3) если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$ - транзитивность.

Знак ~ называется ***отношением эквивалентности***.

ПРИМЕР 1. В линейчатом пространстве параллельность прямых ***a, b, c,…*** является отношением эквивалентности, так как 1) $a \| a$, 2) если $a \| b$, то $b \| a$, 3) если $a \| b$ и $b \| c$, то $a \| c$.

ПРИМЕР 2. Отношение перпендикулярности на множестве прямых плоскости симметрично ($a \perp b$ и $b \perp a$), но не рефлексивно и не транзитивно и поэтому отношением эквивалентности не является.

В связи с заданием на множестве M отношения эквивалентности оно разбивается на непересекающиеся подмножества, называемые ***классами эквивалентности***: в один класс входят эквивалентные между собой элементы. Пересечение любых двух классов пусто, а объединение всех классов эквивалентности есть M (M – это «слоеный пирог», а классы – это слои). Множество, элементами которого являются классы эквивалентности (слои), называет-

ся ***фактор-множеством*** множества ***M*** по отношению к эквивалентности ~. Фактор-множество в примере 1 – это множество связок параллельных прямых.

Два множества называются ***эквивалентными***, если между их элементами можно установить взаимно однозначное соответствие. Под взаимно однозначным соответствием будем понимать такое соответствие, при котором любому элементу одного множества ставится в соответствие единственный элемент другого множества, и, наоборот, любым различным (не совпадающим) элементам одного множества соответствуют различные элементы другого множества, задействованы все элементы обоих множеств.

Об эквивалентных множествах говорят, что они имеют одинаковую мощность. Эквивалентные конечные множества состоят из одного и того же числа элементов. Если бы это было не так, то при установлении взаимно однозначного соответствия каким-то элементам не было бы соответствующих. В случае конечных множеств понятие мощности совпадает с понятием числа элементов.

1.2. ОТОБРАЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Одним из фундаментальных понятий современной математики является понятие ***функции***. Как известно, переменная ***y*** называется функцией переменной ***x***, если каждому значению ***x***, взятому из области её определения, отвечает одно или несколько значений ***y***. Это записывают так: $y = f(x)$. Большое значение имеют однозначные функции, когда каждому значению ***x*** соответствует единственное значение ***y*** (и наоборот).

Геометрическим аналогом понятия однозначной функции является ***отображение***. Тогда под ***x*** и ***y*** понимают какие-либо геометрические образы: точки, прямые, плоскости, окружности…. Для конкретности в дальнейшем под ***x*** и ***y*** будем понимать точки.

Если даны два множества $X(x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n)$, $Y(y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n)$ и указано правило, по которому каждому элементу x_i множества ***X*** ставится в соответствие определённый элемент y_i множества ***Y***, то говорят, что задано отображение ***f*** множества ***X*** в множество ***Y***, и пишут: $f : X \to Y$ (рис. 2). При этом элемент y_i называется образом элемента x_i, а x_i – прообразом элемента y_i. Символическая запись $y = f(x)$ читается: «в отображении ***f*** элементу ***x*** соответствует элемент ***y***» или «отображение ***f*** переводит ***x*** в ***y***».

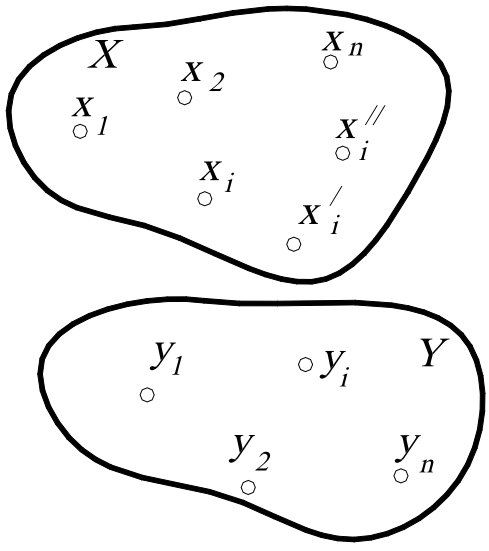


Рис. 2.

Множество ***X*** называют ***областью определения (областью отправления)***, а ***Y*** - ***областью значений (областью прибытия)*** отображения ***f***.

Пусть область определения ***X*** состоит из множества точек $x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n$, а область значений ***Y*** – из множества точек $y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n$ (см. рис. 2). Следовательно, при отображении любой точке x_i в области ***X*** соответствует единственный образ y_i в области ***Y***, но точка y_i может иметь несколько прообразов $x_i, x_i', x_i'' \ldots$. Следовательно, обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ является в этом случае неоднозначным.

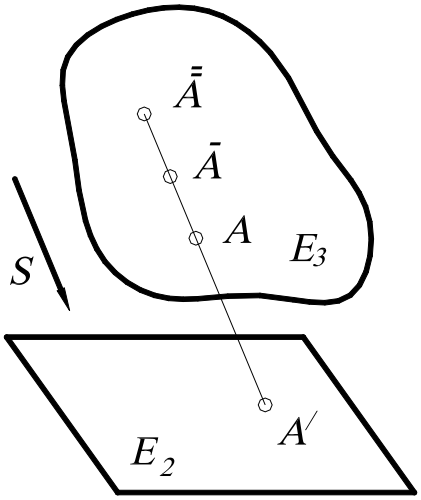


Рис. 3.

Таким образом, об отображении можно говорить, если заданы два множества и некоторое правило или закон, по которому элементы множеств образуют пары, причем эти множества по этому закону, вообще говоря, не равноправны.

Наглядной иллюстрацией сказанного является отображение точек трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ на плоскость (двумерное пространство) $\boldsymbol{E^2}$ путём параллельного проецирования (рис. 3): каждая точка $\boldsymbol{A}$ трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ в данном направлении $\boldsymbol{S}$ проецируется в единственную точку $\boldsymbol{A'}$ плоскости $\boldsymbol{E^2}$. Однако в точку $\boldsymbol{A'}$ проецируется не только точка $\boldsymbol{A}$, но и все точки $\bar{\bar{\boldsymbol{A}}}, \bar{\boldsymbol{A}}, \ldots$.

Рассмотрим пример. Пусть $\boldsymbol{З}$ – множество зрителей в фойе театра перед спектаклем, а $\boldsymbol{К}$ – множество кресел. Как узнать, что зрителей и кресел поровну? Конечно, можно подсчитать, но мы получим избыточную информацию, нас не интересует их количество. Однако если во время спектакля все места заняты, причем никто из зрителей не стоит в проходах и на каждом месте сидит только один театрал, то это означает, что эти множества равны, в противном случае – наоборот.

Рассмотрим другой пример. Пусть в классе находится множество учеников и множество стульев. Предположим, что после звонка на урок каждый ученик занял свое место, то есть свой стул. В этом случае можно сказать, что задано отображение множества учеников на множество стульев. При этом если на каждом стуле сидит только один ученик, никто не стоит в проходах и все места заняты (например, имеем в классе 30 учеников и 30 стульев), то есть каждому ученику соответствует один единственный стул, и, наоборот, каждому стулу соответствует единственный ученик. Такое отображение называют ***взаимно однозначным*** (иногда говорят: «взаимно однозначное соответствие»).

Отображение называется ***взаимно однозначным***, если каждому элементу $\boldsymbol{y_i \in Y}$ соответствует единственный прообраз $\boldsymbol{x_i \in X}$ (и наоборот), то есть прямое соответствие $\boldsymbol{y = f(x)}$ и обратное соответствие $\boldsymbol{x = f^{-1}(y)}$ являются однозначными. Такое отображение называется ***биективным***, или ***биекцией***.

Взаимно однозначное соответствие между элементами множеств (или между множествами) может быть установлено различными способами. На рис. 4 такое соответствие между точками двух отрезков (или между отрезками) $\boldsymbol{AB}$ и $\boldsymbol{CD}$ установлено прямыми, проходящими через точку $\boldsymbol{S}$. При этом точке $\boldsymbol{X \in AB}$ соответствует точка $\boldsymbol{Y \in CD}$, что символически записывается так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$. Между этими отрезками можно установить соответствие так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$, если $\boldsymbol{\frac{CY}{AX} = \frac{CD}{AB}}$, где $\boldsymbol{CY}$, $\boldsymbol{CD}$, $\boldsymbol{AB}$, $\boldsymbol{AX}$ – длины отрезков.

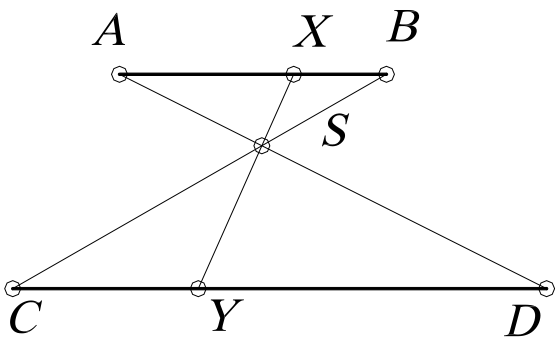


Рис. 4.

Второе соответствие отличается от первого не только формой задания, но и парами соответствующих точек. Это можно заметить хотя бы по концам отрезка. В первом соот-

ветствии $A \leftrightarrow D$, $B \leftrightarrow C$, во втором – $A \leftrightarrow C$, $B \leftrightarrow D$. Этими двумя примерами не исчерпывается множество взаимно однозначных соответствий, которые могут быть установлены для точек данных отрезков.

Кроме этого, встречаются многозначные соответствия. Например, легковой машине соответствует 4 колеса, и наоборот. Такое отображение называется одно-четырёхзначное ($1 \leftrightarrow 4$). Одно-двузначное отображение можно рассмотреть на примере действительных чисел, то есть каждому действительному числу соответствует пара рационального и иррационального чисел, и наоборот: $1 \leftrightarrow 2$.

Примером обратимого соответствия является отображение двух плоскостей друг на друга при параллельном проецировании (рис. 5). Если в обратимом отображении область прибытия и область отправления – одно и то же множество ***M***, то такое отображение называется отображением множества на себя, или ***преобразованием множества M.***

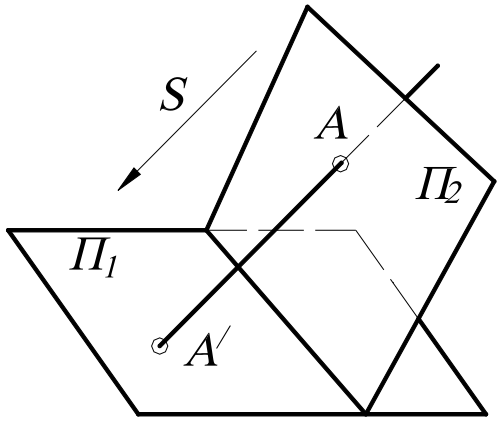


Рис. 5.

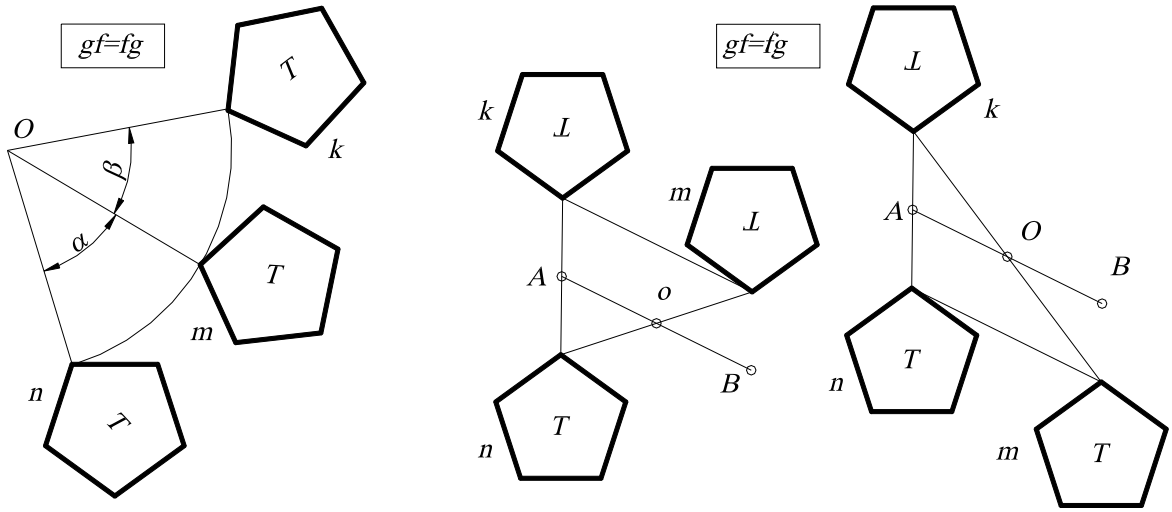
Отображение называется ***преобразованием***, если множества ***X*** и ***Y*** совмещены, то есть не только элементу x_i соответствует определённый элемент y_i, но и элементу y_i соответствует тот же элемент x_i. В этом случае говорят, что множество ***X*** отображается на себя ***{X=Y}***. Другими словами, если отображение является обратимым, то оно называется преобразованием. Например, центральная симметрия точек пространства относительно некоторой точки ***O*** есть преобразование пространства.

Говоря о геометрическом ***преобразовании***, обычно подразумевают, что ***M*** – множество точек плоскости или пространства. Если какое-то свойство фигуры ***F*** сохраняется в преобразовании ***f***, то есть фигура $F' = f(F)$ обладает тем же свойством, то это свойство называется ***инвариантом*** преобразования.

Итак, ***преобразование*** – это взаимно однозначное отображение между всеми точками плоскости (или пространства), то есть правило, при котором каждой точке ***P*** соответствует единственная точка P', и, наоборот, каждой точке P' соответствует единственная точка ***P***. Другими словами, правило, таким образом составляющее пары точек, что каждая точка ***P*** плоскости (или пространства) ровно в одной паре стоит на первом месте и ровно в одной паре - на втором.

Может случиться, что обе точки пары окажутся одинаковыми. То есть что точка P' совпадает с точкой ***P***. В этом случае точка ***P*** называется неподвижной (двойной) точкой преобразования.

Результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их ***произведением***, или ***композицией преобразований.*** Другими словами, преобразование, переводящее прообразы первого в образы второго при условии, что образы первого отождествлены с прообразами второго. Иначе говоря, если $f(k) = m$ и $g(m)=n$, то произведение $h=gf$ переводит ***k*** в ***n***, то есть $h(k)=n$ (преобразование, выполняемое первым, пишут ***справа!***). Например, если ***f*** и ***g*** – повороты вокруг центра ***O*** на углы α и β, то $h=gf$ – поворот с той же осью на угол $\alpha+\beta$ (рис. 6, *а*). Если ***f*** – перенос на вектор ***AB***, а ***g*** – симметрия с центром ***O***, то $h=fg$ – симметрия с центром ***A***, где $2AO=AB$ (такое преобразование показано на рис. 6, *б*).
Здесь в первом примере произведение $h=gf=fg$, то есть не зависит от порядка сомножителей, то есть в этом случае говорят, что ***f*** и ***g перестановочны*** или ***коммутируют***. Однако во втором примере произведение зависит от порядка сомножителей, то есть не коммутирует: $fg \neq gf$ (сравните два рисунка – 6, *а* и 6, *в* или 6, *а* и 6, *б*).



а *б* *в*

Рис. 6.

Аналогично иногда результат двух операций зависит от порядка их выполнения, а иногда – и нет. Например, операции надевания левого и правого ботинок ***Л*** и ***П*** перестановочны: ***ЛП=ПЛ***, а операции надевания ботинка ***Б*** и носка ***Н*** – не коммутируют ***БН≠НБ.***

1.3. ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ НА ПОСТРОЕНИЕ

Любую задачу на построение можно сформулировать в общем виде так: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям *1*, *2* **…**». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи.

Элементы множества M, удовлетворяющие условию *1*, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие *2* выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, **…**, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\}=M_1 \cap M_2 \cap \ldots$.

Задача 1. Построить на плоскости точки a_1, a_2, удаленные от данной точки O_1 на расстояние r_1 и от точки O_2 на расстояние r_2 (рис. 7).

Подмножество M_1, выделяемое из плоскости M (здесь плоскость – это множество M) согласно первому условию, – это окружность с центром O_1 и радиусом R_1. Аналогично, M_2 – это окружность с центром O_2 и радиусом R_2. Тогда получают искомые точки: $\{a_1, a_2\}=M_1 \cap M_2$.

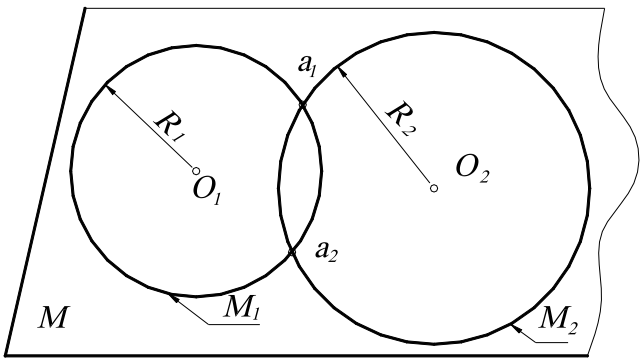
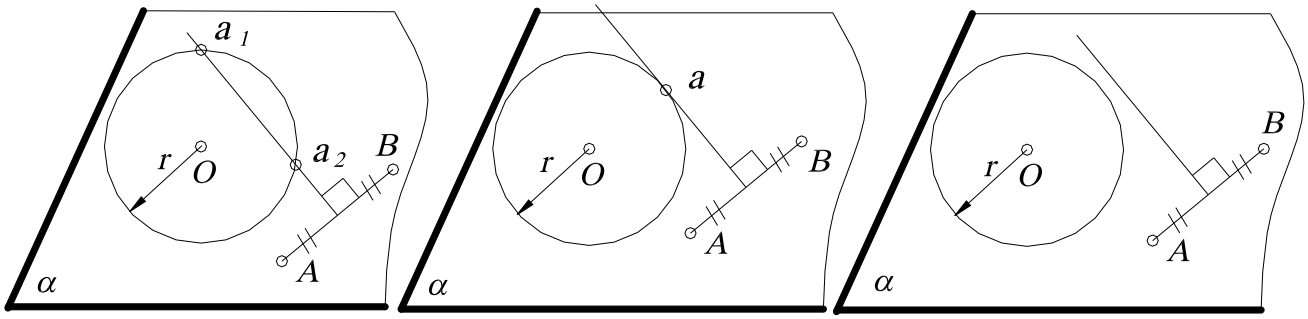


Рис. 7.

Задача 2. Найти на плоскости точку a, удаленную на расстояние r от точки O и равноудаленную от точек A и B.

Подмножество M_1, выделяемое первым условием из плоскости M, - окружность с центром O и радиусом r. Подмножество M_2, удовлетворяющее второму условию, – перпендикуляр, восстановленный к середине отрезка AB. Искомая точка a есть пересечение окружности с перпен-

дикуляром, то есть $a=M_1 \cap M_2$. В данном случае может получиться две, одна или ни одной точки (мнимые) пересечения $M_1 \cap M_2=\varnothing$ (рис. 8, *а*, *б*, *в*).



а *б* *в*

Рис. 8.

Такой метод называется ***расчленением условий***, то есть элементы из ***M***, удовлетворяющие первому условию, образуют некоторое подмножество; взятое отдельно второе условие выделяет из множества ***M*** другое подмножество и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения этих подмножеств.

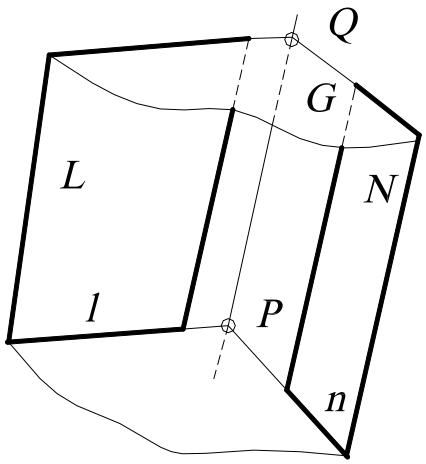


Рис. 9.

Задача 3. Найти прямую пересечения двух плоскостей ***L*** и ***N*** (рассматривают ***L*** и ***N*** как подмножества пространства, элементом которых является точка). Задают вспомогательную плоскость-посредник ***M*** и находят пересечение этих подмножеств $L \cap N \cap M$ (рис. 9). Пользуясь свойством идемпотентности, преобразуют: $L \cap N \cap M = L \cap N \cap (M \cap M)$, и далее, пользуясь свойствами коммутативности и ассоциативности, преобразуют: $L \cap N \cap (M \cap M)=(L \cap M) \cap (M \cap N)$. Другими словами, введя плоскость-посредник, находят вначале пересечение посредника с заданными плоскостями (прямые ***l***, ***n***), а затем пересечение этих пересечений (точка ***P***).

Взяв другую вспомогательную плоскость ***G*** и повторив те же самые операции, находят вторую точку ***Q***. Соединив точки ***P*** и ***Q***, получают искомую прямую ***m***. Этот прием применяют в начертательной геометрии при построении точек линии пересечения поверхностей, введя предварительно поверхность-посредник.

1.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

Термин «пространство» часто встречается в геометрии. Существуют аффинное пространство, евклидово, проективное, топологическое, эллиптическое и другие. Любое пространство представляет собой множество, удовлетворяющее определенной системе аксиом.

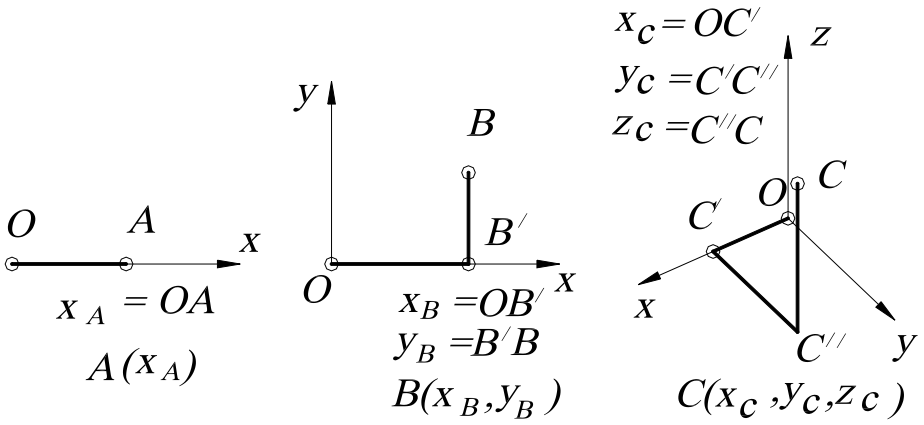
В данном курсе будем рассматривать евклидово пространство, то есть множество точек, удовлетворяющее аксиомам евклидовой геометрии, которая изучалась в средней школе. Необходимо отметить, что евклидово пространство не одно. Множества точек различной мощности будут давать отличающиеся друг от друга евклидовы пространства. Точка, прямая, плоскость, физическое пространство – это примеры евклидовых пространств различной мощности.

Интуитивно мы понимаем, что на плоскости точек больше, чем на прямой, так как прямая может быть совмещена с некоторой прямой на плоскости. На поверхности точек меньше, чем в пространстве, то есть поверхность - подмножество пространства, поэтому поверхность содержит «меньше» точек, чем пространство.

Таким образом, среди бесконечных множеств существует своя иерархия. Можно сказать, что если множество ***M*** можно взаимно однозначно и взаимно непрерывно отобразить на множество ***N***, то ***M*** и ***N*** имеют одинаковую размерность. Если же такого отображения не существует, но существует взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение множества ***M*** на подмножество $N_1 \in N$, то ***M*** имеет размерность меньше, чем ***N***.

При моделировании необходимо иметь возможность оценить мощность бесконечного множества. Для этого вводится понятие параметра. ***Параметром называется величина, входящая в некоторую совокупность величин, задание которых определяет элемент множества.*** При этом параметры должны быть независимыми, то есть значения, которые принимает один из параметров, не влияют на значения других, при любом изменении параметров им должен соответствовать уже другой элемент множества. Иными словами, между элементами множества и совокупностями (наборами) параметров установлено взаимно однозначное соответствие.

Число параметров ***p***, которое необходимо задать, чтобы определить элемент множества, называется ***параметрическим числом*** этого множества, а само множество – ***p-параметрическим.*** Параметрическое число может быть взято в качестве количественной характеристики бесконечных множеств. В качестве параметров для евклидовых пространств могут быть взяты координаты точки в декартовой системе координат (декартовы координаты).



а *б* *с*

Рис. 10

На прямой для того, чтобы определить (задать) точку, необходима одна координата (говорят, что точка на прямой имеет одну степень свободы) (рис. 10, *а*), на плоскости – две координаты (то есть точка имеет две степени свободы) (рис. 10, *б*), в пространстве – три, и точка имеет три степени свободы (рис. 10, *в*). Нетрудно заметить, что координаты являются независимыми, то есть при изменении координаты, например ***x***, изменяется положение точки на плоскости.

Число параметров (координат), которое необходимо задать, чтобы определить точку в пространстве, называется ***размерностью*** пространства. Таким образом, ***размерность*** – это параметрическое число множества, которое является пространством. В связи с этим будем считать, что точка – «нульмерное» пространство (аксиома). Линия (прямая) – одномерное евклидово пространство, которое обычно обозначается E_1, или одномерное множество точек - ∞^1. Поверхность (плоскость) – двумерное евклидово пространство, обозначается E_2, или

двумерное множество точек - ∞^2, а трехмерное евклидово пространство имеет размерность, равную ***3***, – трехмерное множество точек - ∞^3, обозначается E_3. Употребляется также запись ***dim M=n***, означающая «размерность множества ***M*** равна ***n***» (***dimension*** (англ.) – размерность).

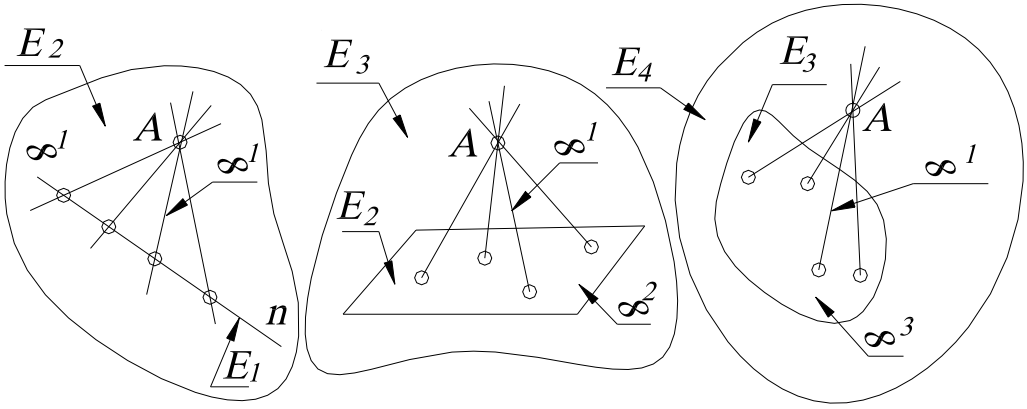
Пусть ***N*** – двупараметрическое множество. Каждый элемент из ***N*** определяется конкретной парой чисел из множества (a_1, a_2). Между ***N*** и E_2 можно установить взаимно однозначное соответствие, так как они одной мощности (параметрическое число ***N*** и размерность E_2 равны). Соответствие можно установить, например, так: $x=a_1$, $y=a_2$. Каждому элементу из ***N*** будет соответствовать точка из E_2. Пространство E_2 будет являться геометрической моделью ***N***.

Итак, множество имеет размерность ***n***, если его элементам можно взаимно однозначно поставить ***n***-ки («***энки***») чисел $a_1, a_2, a_3 \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества. Эти числа называют параметрами конкретного множества.

Таким образом, за ***эталон n-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит n-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества вещественных чисел***.

1.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_2 возьмем точку, не принадлежащую прямой ***n*** (или пространство E_1), и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми пучка и точками прямой. Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) будет определять двумерное пространство E_2 (рис. 11, *а*). Если не учитывать несобственные точки, то пришлось бы «выбросить» из E_2 прямую, параллельную прямой ***n***.



E_2: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$; E_3: $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$; E_4: $\infty^1 \cdot \infty^3 = \infty^{1+3} = \infty^4$

а *б* *в*

Рис. 11.

ТРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_3 возьмем точку, не принадлежащую пространству E_2 (то есть плоскости) и также установим взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками ***2***-пространства (рис.11, *б*). Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) есть трехмерное пространство E_3. Пространство E_2 (как и в первом случае пространство E_1) является проективным пространством, то есть пространство, дополненное несобственными элементами. В противном случае из связки нам пришлось бы «выбросить» пучок прямых, параллельных E_2, а из E_3 – плоскость этого пучка.

ЧЕТЫРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Начнем с аналогичного построения четырехмерного пространства E_4. Возьмем точку, не принадлежащую трехмерному евклидову пространству E_3, дополненному несобственными элементами, и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми гиперсвязки и точками ***3***-пространства (рис.11, *в*). Объединение точек всех этих прямых будет определять пространство E_4. Аналогично строится многомерное пространство.

Таким образом, мы пришли к идее многомерного пространства. Понятие многомерного пространства или многомерного множества довольно абстрактное, но и в евклидовом пространстве на каждом шагу встречаются такие множества. Например, прямая – одномерное множество точек (самое простое множество), множество сфер и множество прямых трёхмерного пространства – четырехмерны, множество конусов вращения – шестимерно; цилиндров вращения – пятимерно; множество сфер, касающихся данной плоскости, - трёхпараметрическое множество.

Рассмотрим подробнее примеры и приемы подсчета параметров.

1.6. ПРИЁМЫ ПОДСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ

1. Эталон *n*-мерного множества. За эталон ***n***-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит ***n***-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества вещественных чисел.

2. Взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение данного множества на эталон. Например, устанавливая взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками плоскости или устанавливая взаимно однозначное соответствие между пучком плоскостей и точками прямой.

Два важных замечания

Замечание 1. Для бесконечных множеств имеют место два факта, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, поскольку они не имеют места для конечных множеств.

Некоторые собственные подмножества бесконечного множества можно взаимно однозначно отобразить на это множество.

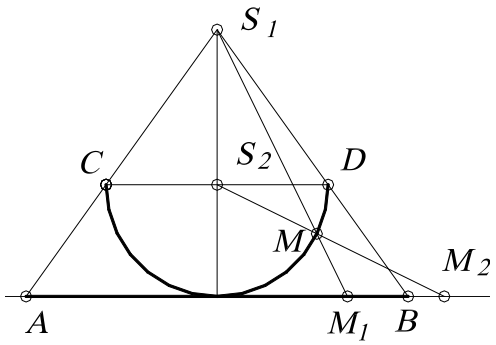


Рис. 12.

Для примера рассмотрим отображение открытого отрезка ***AB*** (открытый отрезок – «отрезок без концов», координаты которого удовлетворяют неравенству $x_A < x_i < x_B$) на прямую, которая совпадает с прямой ***AB*** (рис.12). Полуокружность ***CD*** касается в точке середины отрезка ***AB***. Вначале отображают точки отрезка ***AB*** на эту полуокружность из точки S_1, то есть точке M_1 соответствует точка ***M***).

Затем точки полуокружности (см. точку ***M***) отображают на прямую (точке ***M*** соответствует точка M_2) из центра S_2. Ясно, что при этом каждой точке прямой соответствует одна и только одна точка прямой, причём ни одна точка на прямой не пропущена. Это отображение является взаимно однозначным, то есть отрезку прямой соответствует вся прямая.

Полученное соответствие можно установить и по-другому, с помощью кривой тангенсоиды, графика функции $y = tg\ x$. Отображают вначале (с помощью пучка параллельных прямых) открытый отрезок $(-\pi/2, \pi/2)$ на тангенсоиду, причём каждой точке открытого отрезка соответствует единственная точка тангенсоиды, а затем точки тангенсоиды на ось ***y*** (рис. 13).

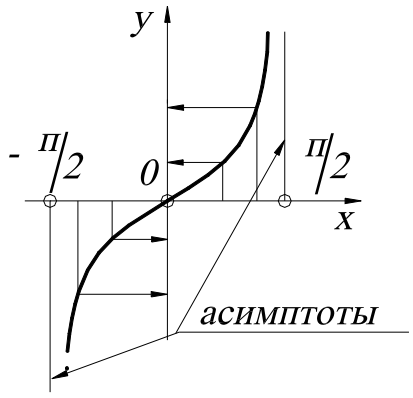


Рис. 13.

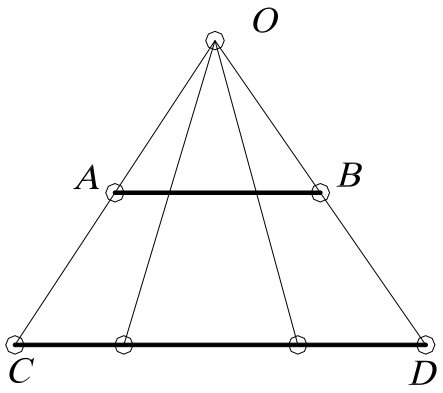


Рис. 14.

<u>Замечание 2.</u> Размерность суммы (объединения) нескольких бесконечных множеств принимают равной максимальной из размерностей слагаемых.

Другими словами, размерность множества не увеличится, если к нему добавить множество меньшей или равной размерности. Например, если объединить множество точек прямой и множество точек плоскости (то есть вложить прямую в эту плоскость), то размерность множества точек на плоскости не увеличится.

Рассмотрим еще примеры сравнения бесконечных множеств. Ответ на вопрос: где больше точек, на отрезке длиной 1 мм или на отрезке 1 м вряд ли бы вызвал тень сомнения – ясно, что отрезок 1 мм в 1000 раз короче метра. Однако можно установить взаимно однозначное соответствие и проверить это. Как это сделать, лучше всего видно на рис. 14.

Отобразим отрезок ***AB*** на отрезок ***CD*** из точки ***O*** пучком прямых. Каждой точке отрезка ***AB*** соответствует единственная точка отрезка ***CD***. Трудно примириться с мыслью, что дорога в миллион световых лет имеет столько же точек, сколько радиус атомного ядра!

<u>3. Степени свободы подпространств.</u> Если две точки пространства E_m принадлежат E_n, то E_m называется подпространством E_n. Например, ***m=1***, ***n=2*** – прямая принадлежит плоскости, тогда прямая является подпространством плоскости, очевидно, что $m<n$. В многомерной геометрии наиболее распространена следующая терминология: E_n – объемлющее ***n***-мерное пространство, E_m – ***m***-мерная плоскость или ***m***-плоскость, если размерность подпространства меньше объемлющего пространства на единицу, то такое многообразие называется ***(n-1)***-плоскость, или ***гиперплоскость***.

Из аксиом принадлежности следует, что прямая (***1***-плоскость) определяется двумя точками, ***2***-плоскость – тремя неколлинейными точками, ***3***-плоскость – четырьмя некомпланарными точками, …, ***n***-плоскость – ***(n+1)***-точками. При этом каждая плоскость (где $m<n$) определяется заданием ***(m+1)***-точек, и эти точки не должны содержаться в ***(m-1)***-пространстве.

Рассмотрим множество ***m***-плоскостей E_n (где ***n*** – размерность пространства), элементом этого множества является ***m***-плоскость. Начнем с простого примера – прямой, находящейся в двумерном пространстве.

<u>ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО.</u> Точка (***0***-плоскость) в двумерном пространстве определяется двумя координатами, то есть параметрическое число равно двум - ∞^2.

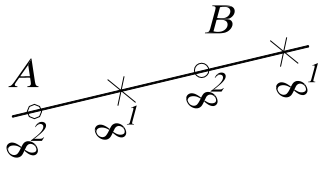


Рис. 15.

Прямая (***1***-плоскость) однозначно задается двумя независимыми точками ***A*** и ***B*** (то есть ***m+1=1+1=2***), каждая из которых в двумерном пространстве имеет по две степени свободы. Поэтому на задание каждой из них затрачиваем по два параметра, а на пары (или ***m+1***-точек) точек – следующее число параметров: ***n(m+1)=2(1+2)=4*** (рис.15). Другими словами, го-

ворят, что система из ***(m+1)***- точки составляет ***n(m+1)***-параметрическое множество.

Но прямая ***AB*** определяется не только парой точек ***A*** и ***B***, но и любой другой своей парой, принадлежащей прямой ***AB***. Каждая из этих двух точек ***(m+1***-точек), находясь на прямой (в общем случае в ***m***-плоскости), имеет по одной степени свободы (в общем случае – ***m*** степеней свободы), а вместе – ***m(m+1)=1(1+1)=2*** степеней свободы.

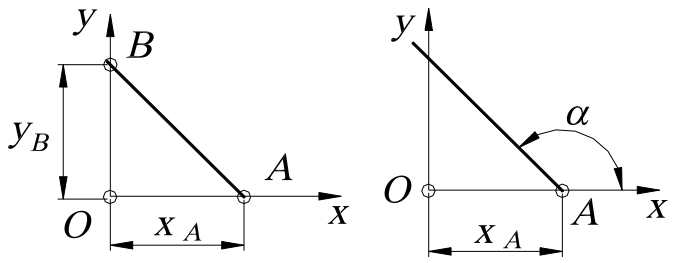
Следовательно, число условий, требуемых для определения прямой (***m***-плоскости), принадлежащей 2-пространству (*n*-плоскости):

$$\frac{\infty^{2}\cdot\infty^{2}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{2+2}}{\infty^{1+1}}=\infty^{4-2}=\infty^{2};$$

в общем случае $\dfrac{\infty^{n(m+1)}}{\infty^{m(m+1)}}=\infty^{(n-m)(m+1)}$.

Таким образом, число ***P*** степеней свободы (параметрическое число) ***m***-плоскости в ***n***-пространстве:

$$P=(n-m)(m+1). \qquad (1)$$

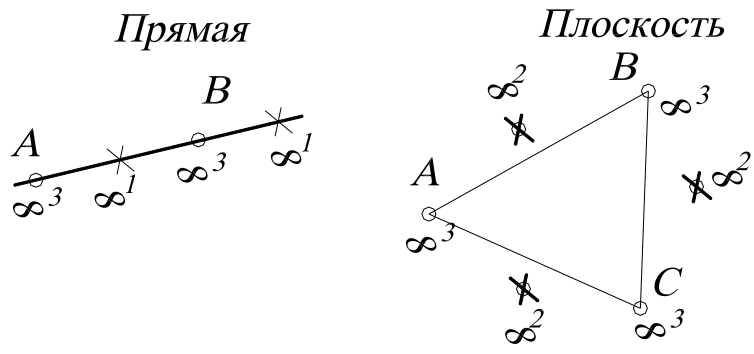


а *б*

Рис. 16.

Геометрический смысл параметров может быть различным. Например, для двупараметрического множества прямых на плоскости это могут быть x_A, y_B (рис. 16, *а*) или x_A, α (рис. 16, *б*).

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (***0***-плоскость) в трехмерном пространстве имеет три степени свободы - ∞^{3}. ***Прямая*** однозначно задается двумя независимыми точками (рис. 17, *а*), каждая из которых в ***3***-пространстве имеет по три степени свободы, а значит, пар точек $\infty^{3}\cdot\infty^{3}=\infty^{6}$. Но эта прямая определяется не только этой парой точек, но и любой другой своей парой, имеющей на этой прямой по одной степени свободы, то есть $\infty^{1}\cdot\infty^{1}=\infty^{2}$. Следовательно, число степеней свободы прямой в ***3***-пространстве $\infty^{6}:\infty^{2}=\infty^{4}$, что соответствует формуле ***P=(n-m)(m+1)=(3-1)(1+1)=4.***



$$\frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{3+3}}{\infty^{1+1}}=\infty^{6-2}=\infty^{4} \qquad \frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{2}\cdot\infty^{2}\cdot\infty^{2}}=\frac{\infty^{3+3+3}}{\infty^{2+2+2}}=\infty^{9-6}=\infty^{3}$$

а *б*

Рис. 17.

Плоскость однозначно задается тремя точками, каждая из которых имеет по три степени свободы, а значит, троек точек: $\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^9$ (рис.17, *б*). Но плоскость определяется не только этой тройкой, но и любой другой своей тройкой точек, имеющих в этой плоскости по две степени свободы, то есть $\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2 = \infty^6$. Тогда параметрическое число плоскости, находящейся в ***3***-пространстве, будет составлять трехпараметрическое множество, то есть $\infty^9 : \infty^6 = \infty^{9-6} = \infty^3$, что соответствует формуле ***P=(3-2)(2+1)=3***.

Вообще это число ***(n-m)(m+1)*** стоит на месте ***(к+1)*** меньше в ***n***-й строке «подвешенной за угол» таблице умножения, такая таблица называется «Треугольник Паскаля» (рис. 18).

1
2 2
3 4 3
4 6 6 4
5 8 9 8 5
6 10 12 12 10 6
……

Рис. 18.

Примеры различных геометрических многообразий

1. Сфер в пространстве E_3 - ∞^4, так как сфере соответствует четыре числа – три координаты ее центра и одно – длина её радиуса.

2. Цилиндр вращения в пространстве E_3 определяется пятью параметрами ∞^5 - четыре параметра на ось и один на радиус.

3. Треугольников в пространстве E_3 – ∞^9, поскольку треугольник однозначно определен, если заданы три его вершины тройкой координат ***3·3=9***. Аналогично, тетраэдров в ***3***-пространстве - ∞^{12}.

4. Сфер в трёхмерном пространстве, проходящих через данную точку, - ∞^3, то есть центров, лежащих на прямой, составляет - ∞^1, а таких прямых – связка ∞^2.

5. Сфер, касающихся плоскости - ∞^3.

6. Окружностей на плоскости - ∞^3.

7. Множество касательных плоскостей к поверхности - ∞^2 (за исключением развертывающихся ∞^1).

8. Окружностей в ***3***-пространстве - ∞^4.

4. Связывание параметров. Если на элементы ***n***-мерного многообразия ***M*** (например, ***M***-связка прямых) наложено определенное условие (например, прямые связки ***M*** должны пересекать произвольную прямую), причем элементы из ***M***, которые удовлетворяют этому условию, образуют n_1-мерное подмножество $M_1 \subset M$ (пучок прямых, определяемых центром связки и произвольной прямой, не проходящей через центр), то это условие (требование, ограничение) равносильно фиксированию $n-n_1$ параметров, то есть приданию этим параметрам определенных числовых значений. Это означает, что, фиксируя $n-n_1$ параметров, мы выделяем из ***M*** подмножество той же размерности n_1. В этом случае говорят не о фиксации, а о связывании параметров, употребляя выражения: «***условие связывает*** $n-n_1$ ***параметров***», «***ограничение поглощает*** $n-n_1$ ***параметров***», «***требование накладывает на параметры*** $n-n_1$ ***связей (понижает размерность многообразия на*** $n-n_1$***)***».

Аналитически такое задание эквивалентно тому, что ***n***-ки параметров, соответствующие элементам из ***M***, удовлетворяют $n-n_1$ уравнениям. Аналогично, фиксируя две (три) координаты или связывая координаты двумя (тремя) параметрами (уравнениями), мы выделяем из трехмерного пространства его одномерное (нульмерное) подмножество.

Пусть ***m***-плоскость (***m***-плоскость определяется ***(m+1)*** фиксированной точкой) проходит через пространство ***r***, которое задается ***(r+1)*** фиксированной точкой. Тогда для полного

определения необходимо дозадать еще $(m+1)-(r+1)=m-r$ точек. Поэтому ***число P степеней свободы m-плоскости, принадлежащей n-мерному пространству и проходящей через r-плоскость:***

$$P=(n-m)(m-r). \quad (2)$$

ПРИМЕР 1. Множество прямых $(m=1)$ плоскости $(n=2)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет пучок, то есть однопараметрическое множество: $P=(n-m)(m-r)=(2-1)(1-0)=1$.

ПРИМЕР 2. Множество прямых $(m=1)$ пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-1)(1-0)=2$.

ПРИМЕР 3. Множество плоскостей $(m=2)$ трехмерного пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-2)(2-0)=2$.

ПРИМЕР 4. Множество прямых пространства $(n=3)$, пересекающих прямую, рассчитывается следующим образом. Вначале считают, сколько прямых проходит через точку, – связка $P_1=2$ (см. пример 3), затем считают, сколько связок $(m=2)$ в трехмерном пространстве на прямой $P_1=(3-2)(2-1)=1$. Следовательно, прямые, пересекающие заданную прямую, составляют комплекс $P=P_1+P_2=1+2=3$.

В пространстве E_n m-пространство имеет $(n-m)(m+1)$ степеней свободы, но если оно проходит через r-пространство, то оно имеет $(n-m)(m-r)$ степеней свободы. Следовательно, число условий, необходимых для того, чтобы m-пространство в E_n проходило через данное r-пространство (где $n>m>r$):

$$D=(n-m)(m+1)-(n-m)(m-r)=(n-m)(r+1). \quad (3)$$

ПРИМЕР 5. В трехмерном пространстве $(n=3)$ число условий, необходимых для прохождения прямой линии $(m=1)$ через данную точку $(r=0)$: $D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2$. Другими словами, множество прямых трехмерного пространства четырехпараметрично $(P_1=(3-1)(1+1)=4)$, а в связке (множество прямых, проходящих через точку) – двупараметрично $(P_2=(3-1)(1-0)=2)$. Поэтому число условий D, которые требуется наложить на прямые, чтобы они принадлежали данной связке, равно разности P_1-P_2, то есть $D=4-2=2$.

Если r-пространство не фиксировано и имеет степени свободы в q-пространстве, равное $(r+1)(q-r)$, следовательно, число условий, которое необходимо наложить, чтобы m-пространство и q-пространство в пространстве E_n пересекались по r-пространству:

$$(n-m)(r+1)-(r+1)(q-r)=(r+1)(n-m-q+r), \quad (4)$$

где $m+q \le n+r$, если $m+q>n+r$, то они пересекаются по пространству размерности $m+q-n$, что больше, чем r.

ПРИМЕР 6. Применение формулы (4) покажем на примере определения количества направляющих линейчатой поверхности (в качестве направляющих для простоты возьмем прямые). Требование пересечения образующей линии $(m=1)$ с одной направляющей прямой $(q=1)$ в точке $(r=0)$ равносильно числу условий, накладываемых на образующую и вычисляемых так: $D=(3-1-1+0)(0+1)=1$. Поэтому для выделения из четырехпараметрического множества прямых трёхмерного пространства линейчатой поверхности (однопараметрического множества прямых) необходимо задать три направляющие ($n-n_1=4-1=3$).

ПРИМЕР 7. Коническая поверхность определяется вершиной одной направляющей. Как было показано (пример 6), пересечение образующей с направляющей линией в точке равносильно наложению на образующую одного условия. Прохождение образующей через вершину равносильно наложению двух условий и подсчитывается по формуле (3): $(3-1)(0+1)=2$. В сумме эти требования накладывают на прямую три условия и выделяют из четырехпараметрического множества прямых пространства коническую поверхность.

5. Размерность пересечения. Пусть M – n-мерное множество, M_1 и M_2 – его подмножества размерности m_1, m_2, выделенные условиями, связывающими соответственно $(n-m_1)$ и $(n-m_2)$ параметров.

Оба эти условия вместе связывают: $(n-m_1)+(n-m_2)=2n-m_1-m_2$ параметров. Поэтому размерность пересечения множеств M_1 и M_2, элементы которых удовлетворяют обоим условиям: $n-(2n-m_1-m_2)=m_1+m_2-n$.

$$n\cap = m_1 + m_2 - n, \qquad (5)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности операционного пространства***.

Если пересекаются ***i*** пространств, то применяется следующая формула:

$$n_{\cap} = m_1 + m_2 + ... + m_i - n(i-1);$$

$$n_{\cap} = \sum_{i=1}^{n} m_i - n(i-1), \qquad (6)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности пространства пересечения, взятой i -1 раз, где i – число пересекающихся пространств.***

Условия применения при использовании этой формулы:

1. Если оказалось, что размерность меньше нуля, это означает, что заданные множества не пересекаются.

2. Следует иметь в виду, что формула справедлива лишь для подмножеств M_1 и M_2 общего положения. Например, если M_1 и M_2 – прямые, а n – трехмерное пространство, то $n_1=n_2=1$, $n=3$, а $r= -1$, то есть M_1 и M_2 не пересекаются, хотя в частном случае две прямые могут иметь общую точку и даже совпадать (если прямые принадлежат одной плоскости).

3. В случае $r=0$ (нульмерным называется множество, состоящее из конечного числа элементов), поэтому, получив такой результат, не следует думать, что множество пересечений состоит из одного элемента; это возможно, но возможно также, что оно состоит из двух, трех и любого конечного числа элементов.

6. Расслоение множества на классы эквивалентности.

Итак, для множества M, имеющего размерность n: каждому элементу a, принадлежащему M $(a \in M)$, соответствует n-ка параметров $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Зафиксируем какой-либо параметр, например $a_n=0$. Тогда подмножество $M_1 \subset M$ (для элементов, где $a_n=0$). Следовательно, размерность множества M_1 равна $(n-1)$, то есть элемент из множества M_1 определяется набором $(n-1)$ параметров, «чисел».

Поскольку имеется бесчисленное однопараметрическое множество способов, которыми можно зафиксировать параметр a_n, то, следовательно, множество M расчленяется на однопараметрическое множество $(n-1)$-мерных подмножеств, каждое из которых соответствует одному из этих однопараметрических значений параметра a_n, причем никакие два из этих подмножеств не пересекаются, и объединение всех этих подмножеств есть множество M.

Такие подмножества называются ***классами эквивалентности***, означающими, что элементам a и b, принадлежащим множеству M, отнесены n-ки чисел $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $(b_1, b_2, \ldots, b_n)$, в которых $a_n=b_n$. Для фиксированной координаты u_1 в вышеприведенном примере такими классами эквивалентности являются непересекающиеся 2-поверхности.

Если фиксируются два параметра, то из множества M выделяется $(n-2)$-мерное подмножество. Выполняя перебор всех двухпараметрических способов фиксации этих двух параметров, мы получаем двупараметрическое семейство прямых, параллельных оси y.

В общем случае, фиксируя ∞^n раз m каких-то параметров, мы расслаиваем n-мерное множество M на ∞^m классов по ∞^{n-m} элементов в каждом.

Таким образом, если множество M разбить на ∞^m взаимно непересекающихся и заполняющих все множества M_1 подмножеств по ∞^n элементов в каждом, то M содержит:

$$\infty^m \cdot \infty^n = \infty^{m+n}. \qquad (7)$$

ПРИМЕР. Множество плоскостей пространства расслаивается на ∞^2 пучков параллельных плоскостей по ∞^1 плоскостей в пучке, то есть содержит $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$.

7. Использование уравнений. Далее рассмотрим, как осуществляется подсчет параметрического числа поверхности, если последняя задана в аналитической форме. Для простоты начнем исследование с ***2***-поверхностей пространства E_3.

Рассматривая уравнение типа $Ax+By+Cz+D=0$, можно подсчитать размерность многообразия, а именно множество плоскостей пространства. Если мы придадим коэффициентам A, B, C, D определенные числовые значения A_0, B_0, C_0, D_0, то мы получим некоторую определенную плоскость $\alpha \in M$. Таким образом, имеется соответствие: «четверка чисел» (A_0, B_0, C_0, D_0) $\rightarrow$ плоскость пространства α_0, которое однозначно лишь в одном направлении.

Действительно, плоскости α_0 отвечает любая из четверок коэффициентов kA, kB, kC, kD, где k – любое число, не равное нулю. То есть уравнения:

$$A_0x+B_0y+C_0z+D_0=0;$$
$$kA_0x+kB_0y+kC_0z+kD_0=0$$

задают одну и ту же плоскость. Итак, одной четверке чисел соответствует одна плоскость, но одной плоскости соответствует однопараметрическое множество четверок чисел (столько же, сколько чисел k), соответственно пропорциональных четверок. Отношение «быть соответственно пропорциональным» является отношением эквивалентности на множестве четверок чисел. Поэтому четырехпараметрическое множество четверок чисел расслаивается на трехпараметрическое многообразие классов по однопараметрическому семейству пропорциональных четверок в каждом.

Таким образом, соответствие «класс пропорциональных четверок чисел – плоскость пространства» однозначно уже в обе стороны, и поэтому плоскостей в множестве M столько же, сколько таких классов, то есть ∞^3 - трехпараметрическое множество.

Если координаты x, y, z связаны двумя уравнениями, то этим выделяется одномерное подмножество трехмерного множества точек пространства – линия (в общем случае пространственная).

8. Размерность кривых, поверхностей. Параметрическое число P плоской алгебраической кривой m-го порядка:

$$P = \frac{m(m+3)}{2}. \qquad (8)$$

ПРИМЕР 1. Параметрическое число кривой второго порядка $m=2$ (например, коники): $P = \frac{2(2+3)}{2} = 5$, то есть, чтобы на плоскости выделить конику, нужно задать пять параметров.

В общем случае параметрическое число алгебраической поверхности m-го порядка:

$$P = \frac{1}{n!}\left[\prod_{i=1}^{n}(m+i)\right] - 1, \qquad (9)$$

где n – размерность объемлющего пространства; m – порядок поверхности.

ПРИМЕР 2. Поверхность второго порядка $m=2$ в трехмерном пространстве $n=3$ имеет следующее параметрическое число:

$$P = \frac{(2+1)(2+2)(2+3)}{1\cdot 2\cdot 3} - 1 = \frac{3\cdot 4\cdot 5}{2\cdot 3} - 1 = 9.$$

В приведенных выше примерах каждый коэффициент эквивалентен заданию одного условия. Поэтому говорят, что кривая второго порядка, будучи пятипараметрической, однозначно определяется заданием пяти точек, а поверхность второго порядка – заданием девяти точек.

1.7. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

При решении любой задачи важнейшим значением является задание необходимого и достаточного числа условий (параметров), которое необходимо при корректной постановке задачи. Если задача поставлена корректно, то у нее конечное число решений. Мы будем рассматривать только геометрические задачи, хотя в общем случае эту методику можно использовать при решении любых задач (экономических, технологических, экологических и т. д.).

На интуитивном уровне мы иногда понимаем, что задача составлена некорректно, то есть условий для выделения конечного числа решений недостаточно. Иногда встречаются такие задачи, где условий слишком много, то есть если убрать одно условие, то задача будет иметь конечное число решений. О таких задачах говорят, что условие поставлено слишком «жестко». Разрешить эти сомнения позволяет подсчет параметров. Рассмотрим конкретные задачи начертательной геометрии, начиная с самых простых.

ПРИМЕР 1. В плоскости ***xOy*** построить окружность, касающуюся оси ***x*** и имеющую центр на прямой **a** (рис. 19).

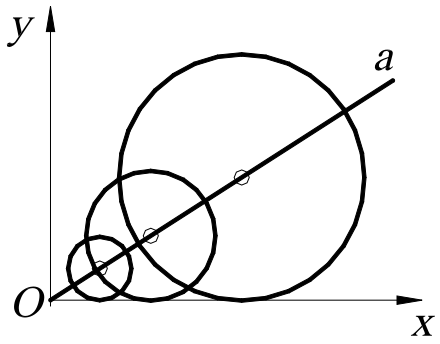


Рис. 19.

Условие задачи «неоднозначно», так как таких окружностей будет столько, сколько точек на прямой, то есть ∞^1. Действительно, параметрическое число окружности в пространстве E_2 равно трем (два параметра тратится на центр и один на радиус), а в задаче – только два условия (условие касания и принадлежность центра прямой). Поэтому необходимо задать еще одно условие, чтобы выделить конечное число решений, например, фиксированную точку на прямой – центр окружности или радиус окружности.

ПРИМЕР 2. Через точку ***B*** провести прямую, параллельную плоскостям ***α*** и ***β*** и пересекающую горизонтальную плоскость ***H*** в точке ***A*** (рис. 20).

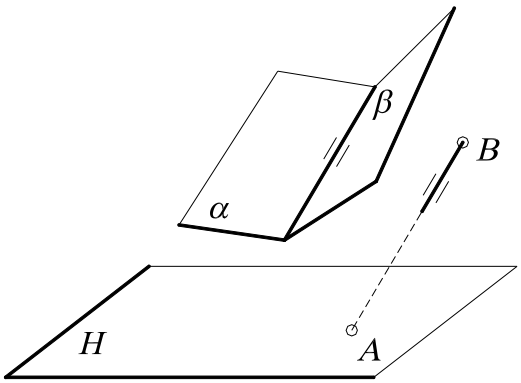


Рис. 20.

Условие задачи поставлено некорректно, «перезадано», так как параметрическое число прямой в пространстве E_3 равно четырем, а в задаче связывается пять условий (условие прохождения через точку связывает два параметра - ***2+2,*** так как две точки – ***A*** и ***B***; условие параллельности линии пересечения двух плоскостей – один). Действительно, если одну из точек переместить, то задача не будет иметь решения.

ПРИМЕР 3.

1. Через точку ***A*** провести прямую, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***a*** и ***b.***

Известно, что прямых в **3**-пространстве четырехпараметрическое множество. Поэтому для того, чтобы построить эту прямую, необходимо «связать» четыре параметра. Условие прохождения прямых через фиксированную точку связывает у последней два параметра. В самом деле, возьмем произвольную (фиксированную) точку и установим взаимно однозначное соответствие (биекцию) между прямыми связки и точками плоскости (каждой точке плоскости соответствует единственная прямая связки, и наоборот). Точек на плоскости ∞^2, поэтому и множество прямых связки составляет дву-

параметрическое множество - ∞^2 (или по формуле ***P=(n-m)(m-r)=(3-1)(1-0)=2***). Очевидно, что связали два параметра ***D=4-2=2***, что соответствует формуле ***D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***.

В случае прохождения прямых через две скрещивающиеся прямые (в данной задаче две прямые) связывает еще два параметра, так как в пучке прямых, пересекающих прямую ***b***, – ∞^1, но и на прямой ***a*** точек также ∞^1. Поэтому мы выделяем двупараметрическое множество прямых: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$, то есть конгруэнцию. Таким образом, связали все четыре параметра: ***D=4-2-2=0***. Задача поставлена корректно.

2. Если условие задачи изменить на следующее: построить прямую, проходящую через точку ***A*** и пересекающую три скрещивающиеся прямые.

В данной задаче число условий (как говорят) перезадано для выделения конечного числа решений. Условие прохождения через прямую связывает один параметр, так как в связке прямых ∞^2, а точек на прямой ∞^1, поэтому мы выделяем трехпараметрическое множество прямых $\infty^2 \cdot \infty^1 = \infty^3$, то есть линейный комплекс. Комплекс определяется заданием всех прямых, проходящих через фиксированную прямую.

Прямых в ***3***-пространстве, как известно, ∞^4, то есть связали один параметр ***D=4-3=1***. Условие прохождения всех прямых через две фиксированные прямые, как было сказано выше, «связывает» два параметра. Таким образом, условие прохождения прямых через три скрещивающиеся «связывает» три параметра. Следовательно, ***D=4-3=1***, то есть выделили однопараметрическое множество прямых, которое называется ***линейчатой поверхностью***, или ***регулюс***. Поэтому условие задачи поставлено некорректно, так как нет конечного числа решений. Однако на примере этой задачи показано, как выделяется линейчатая поверхность.

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

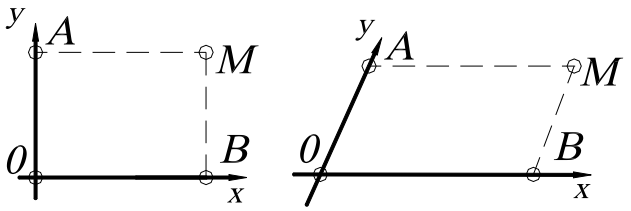
Координатами (от лат. *co* – приставка, означающая совместность, и *ordinatus* – упорядоченный, определённый) называют величины, заданием которых определяется положение точки на прямой, плоскости, поверхности или в пространстве.

2.1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ

Для одномерного случая хорошей иллюстрацией координат является термометр. Некоторой точке ставится в соответствие число ***0***, задаётся единица измерения, определяющая точки ***1, 2, 3…*** - положительные значения координат, которые располагаются на равных расстояниях друг от друга и с одной стороны от точки ***0***. Отрицательные целые числа ***-1, -2, -3…*** определяются симметрично с противоположной стороны от положительных чисел, а дробные вставляются между ними. Произвольной точке ***A*** ставится в соответствие одно из этих чисел.

В двумерном случае положение точки на плоскости может быть определено её расстоянием до двух фиксированных перпендикулярных прямых – ***осей***. Эти понятия встречаются уже у Архимеда Сиракузского (его знаменитая фраза «дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир» говорит об этом) и Аполлония Пергского, живших более двух тысяч лет назад, и даже у древних египтян.

Впервые идея о прямоугольных координатах (рис. 21, *а*) была систематизирована французами Пьером Ферма (1601 – 1665) и Рене Декартом (1596 – 1650). Однако в их формулировках расстояния могли быть только положительными. Значительную роль в математике сыграла важная идея, которая принадлежала сэру Исааку Ньютону (1642 – 1727), о том,



а *б*

Рис. 21.

что эти расстояния можно считать и отрицательными, Г. В. Лейбниц (1646 – 1716) первым назвал эти расстояния «координатами».

Для некоторых целей можно использовать неперпендикулярные оси, расстояния от точки ***0*** представляют собой параллелограмм (рис.21, *б*). Отрезки ***AM = 0B = x*** – абсцисса; ***BM = 0A = y*** – ордината точки ***M*** от двух осей координат ***0x*** и ***0y***. Ось ***x*** выражается уравнением ***y =0***, так как каждая точка оси ***x*** удовлетворяет этому уравнению. По аналогии для оси ***y***: ***x=0***.

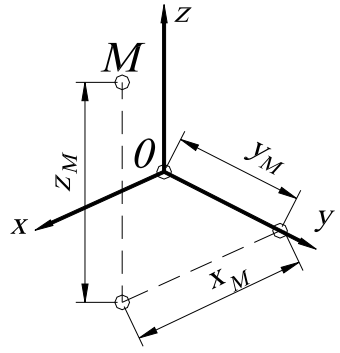


Рис. 22.

Систему координат в пространстве определяют три взаимно перпендикулярные плоскости, которые в своём пересечении дают три взаимно перпендикулярные оси ***x, y, z*** (z_M– аппликата) (рис. 22). Точка ***0*** во всех случаях называется началом координат.

2.2. ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ

Полярные координаты на плоскости есть расстояние ***0A = r*** от фиксированной точки ***0*** (полюса) и угол ***POM = φ*** между прямой ***0A*** и полярной осью ***0P***, где ***r*** - радиус-вектор, ***φ*** - полярный угол (рис. 23).

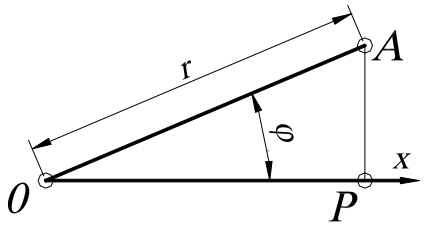


Рис. 23.

Ось ***0P*** можно отождествить с осью ***x*** прямоугольных декартовых координат. Тогда точка ***A*** имеет две координаты ***(r; φ)***. Иногда можно использовать и отрицательные значения ***r***, считая, что точка ***(r; φ)*** совпадает с точкой ***(-r;φ+180⁰)***.

Если даны декартовы координаты, то можно перейти к полярным координатам, используя тригонометрические функции, а именно: координаты точек

x = r cos φ, y = r sin φ.

Полярные координаты особенно удобны для описания тех движений и преобразований подобия (центральная симметрия, симметрия относительно прямой, гомотетия и т. д.), которые имеют неподвижную точку. Начало координат в этом случае выбирают именно в этой точке. В пространстве аналогом полярных координат служат цилиндрические и сферические координаты.

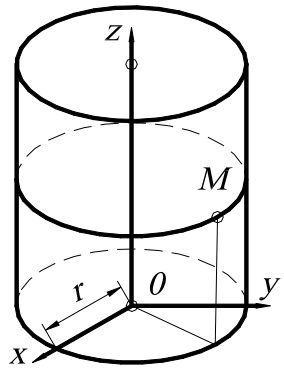


Рис. 24.

2.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Цилиндрические координаты точки ***M*** есть числа ***r, φ, z*** (рис. 24), связанные с декартовыми координатами ***x, y, z*** следующими уравнениями: ***x = r cos φ;***

y = r sin φ;

z = z.

2.4. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Сферические координаты точки M есть три числа r, φ, θ, связанные с декартовыми координатами следующими уравнениями:

$$x = r\cos\varphi\cos\theta;$$
$$y = r\sin\varphi\cos\theta;$$
$$z = \sin\theta,$$

где r – радиус-вектор, равный $0M$ (рис. 25);

φ - угол между положительным направлением оси $0x$ и горизонтальной проекцией радиус-вектора $0M$ на плоскость $x0y$, взятый против часовой стрелки;

θ - угол между радиус-вектором $0M$ и горизонтальной проекцией его на плоскость $x0y$;

Угол $90^0 - \theta = \sigma$ называется зенитным углом. Сферические координаты применяются для определения географических координат на земной поверхности.

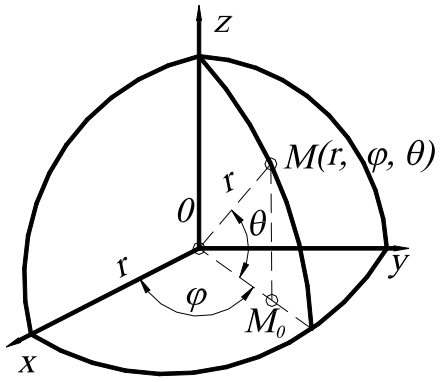


Рис. 25.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое независимые параметры?

2. Привести примеры одно- , двух-, трёх-, четырёхпараметрических многообразий.

3. Проверьте правильность следующих утверждений: 1) прямую в пространстве можно задать: а) точкой и параллельной ей прямой; б) точкой и парой пересекающихся прямых; 2) плоскость: а) тройкой точек; б) точкой и прямой; в) парой пересекающихся прямых; 3) сферу: а) центром и точкой; б) центром и касательной плоскостью; в) четвёркой некомпланарных точек; г) диаметром; 4) цилиндром вращения: а) осью и образующей; б) тройкой некомпланарных образующих.

4. Проверить корректность постановки следующей задачи. В пространстве даны плоскость ω и точки O_1 и O_2. Построить в плоскости ω точки A_1 и A_2 на расстоянии r_1 от O_1 и на расстоянии r_2 от O_2.

5. Определить размерность пересечения геометрических многообразий в различных пространствах: пересечение двух прямых в плоскости (пространстве), пересечение двух плоскостей в трёх- и четырёхмерном пространствах.

Глава 2
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1. ЗАПУСК СИСТЕМЫ *AutoCAD*

Запуск ***AutoCAD*** осуществляется так же, как и любого другого приложения в **Windows**: при помощи ярлыка, размещённого на рабочем столе, или посредством меню (на панели задач щелкнуть на кнопке ***Start*** (Пуск), выбрать пункт ***Programs*** (Программы) и затем из выпавшего меню – ***AutoCAD 2005***).

После запуска ***AutoCAD***, в зависимости от его настройки выводится диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) (рис. 26) или рабочее окно ***AutoCAD*** (рис. 27) .

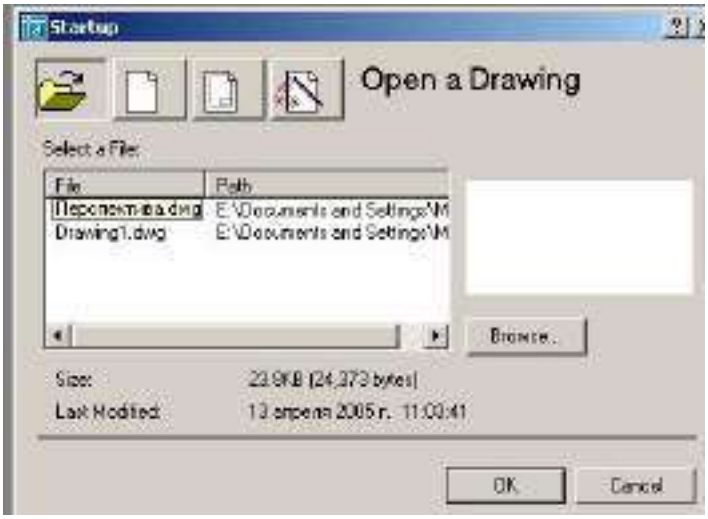


Рис. 26

В диалоговом окне ***Startup*** (Начало работы) предоставляют пользователю 4 кнопки:

1.  ***Open a Drawing*** (Открытие чертежа) для открытия ранее созданного чертежа.
2.  ***Start from Scratch*** (Без шаблона), то есть начать чертёж без предварительной настройки. При этом пользователю предлагается установить только единицы измерения – британские (футы и дюймы) или метрические.
3.  ***Use a Template*** (Использовать шаблон). При этом ***AutoCAD*** выводит список имеющихся шаблонов. Кроме этого пользователь может создать свои шаблоны с нужными ему настройками, например основную надпись и рамку формата.
4.  ***Use a Wizard*** (Вызов Мастера) для выполнения предварительной настройки. Мастер позволяет последовательно выполнить полную установку параметров рабочей среды ***AutoCAD***: установить единицы измерения длины (***Units***); единицы измерения углов (***Angle***); задать начало отсчёта угла (***Angle Measure***); положительное направление отсчета угла (***Angle Direction***); определить границы области рисунка (***Area***).

Диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) вызывается при каждой загрузке сеанса ***AutoCAD*** только один раз. В дальнейшем для создания рисунков в запущенном сеансе ***AutoCAD*** вызывается диалоговое окно ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка). Если после загрузки ***AutoCAD*** сразу открывается рабочее окно, то вышеописанные настройки можно выполнить при помощи команд UNITS и LIMITS (пункт меню ***Format***). Для открытия диалогового окна при запуске ***AutoCAD*** необходимо предварительно настроить, войдя в меню ***Format*** (Формат), выбрать вкладку ***System*** (Система) и в раскрывающемся списке ***Startup*** назначить пункт ***Show traditional startup dialog***, что соответствует выбору традиционного диалогового окна.

2. ВИД РАБОЧЕГО ОКНА *AutoCAD*

Рабочее окно системы ***AutoCAD*** содержит типичные для программ, работающих в Windows, элементы (панели инструментов, строка меню, линейки прокрутки). Кроме этого в рабочем окне располагаются две основные области ***AutoCAD*** – зона чертежа и командная строка, в которых происходит основной диалог пользователя с системой (см. рис. 27).

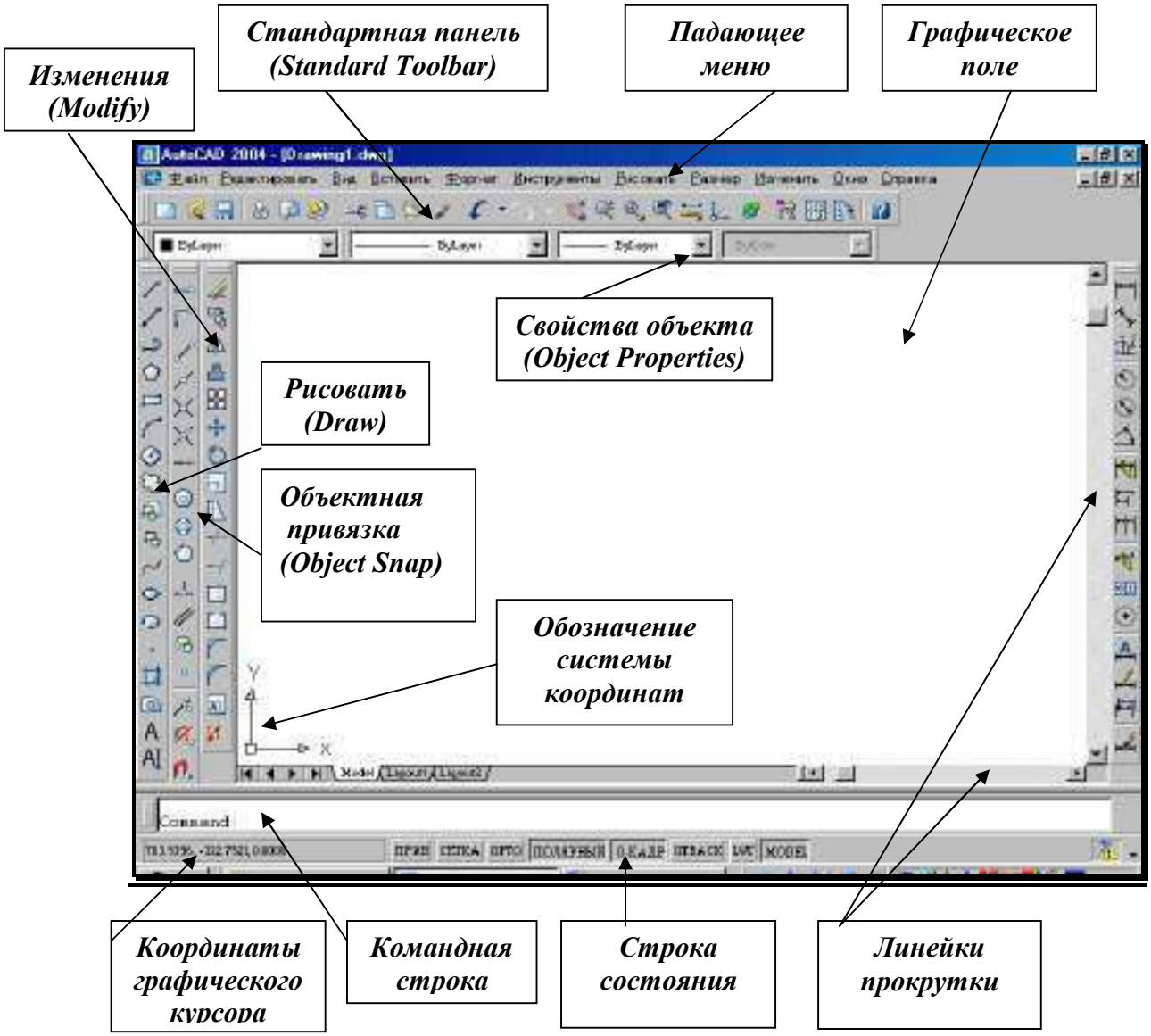


Рис. 27.

3. ПАДАЮЩЕЕ МЕНЮ

Падающее меню (рис. 28) содержит названия меню, в которых по функциональному признаку сгруппированы часто используемые команды ***AutoCAD***. Команды в меню могут располагаться на нескольких уровнях (отличительный признак – «стрелка-треугольник» в конце строки с именем команды). Если за именем команды идёт многоточие, то это означает, что параметры команды определяются в диалоговом окне.

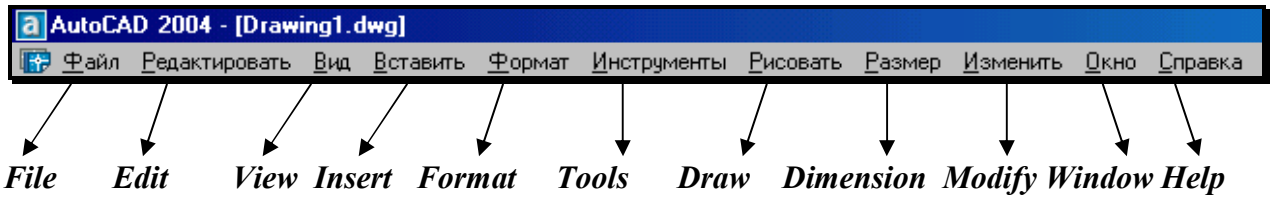


Рис. 28.

Строка падающих меню содержит следующие пункты:

- **File** (Файл) – меню работы с файлами: открытие, сохранение, печать, экспорт файлов в другие форматы и т. д.;
- **Edit** (Правка) – меню редактирования частей графического поля Рабочего стола Wndows;
- **View** (Вид) – команды управления изображением на экране монитора, установки точки зрения, удаления невидимых линий, закраски, тонирования, позволяет устанавливать необходимые панели инструментов;
- **Insert** (Вставка) – осуществляет вставку блоков, внешних объектов, объектов других приложений;
- **Format** (Формат) – обеспечивает работу со слоями, цветом, типами линий, управление стилем текста, размеров, видом маркера точки, стилем мультилинии; установку единиц измерения, границ чертежа;
- **Tools** (Сервис) – содержит средства управления системой, экраном пользователя, включает установку параметров черчения и привязок с помощью диалоговых окон; обеспечивает работу с пользовательской системой координат;
- **Draw** (Рисование) – содержит команды рисования;
- **Dimension** (Размеры) – включает команды простановки размеров и управления параметрами размеров;
- **Modify** (Редактирование) – включает команды редактирования элементов чертежа;
- **Window** (Окно) – содержит средства управления окнами при работе в многооконном режиме;
- **Help** (Справка) – содержит средства справочной системы ***AutoCAD***.

4. СТРОКА СОСТОЯНИЯ

Строка состояния (рис. 29) находится в нижней части экрана, под командной строкой и содержит следующие кнопки.



Рис. 29.

- **SNAP** (ПРИВ) – Шаговая привязка (***Snap Mode***) – включение и выключение дискретного перемещения курсора с заданным шагом (**F9**);
- **GRID** (СЕТКА) – Отображение сетки (***Grid Display***) – включение и выключение сетки (**F7**);
- **ORTHO** (ОРТО) – Режим «ОРТО» (***Ortho Mode***) – включение и выключение ортогонального режима, параллельного осям ***x*** и ***y*** (**F8**);
- **POLAR** (ПОЛЯРНЫЙ) – Полярное отслеживание (***Polar Tracking***) – включение и выключение режима полярного отслеживания (**F10**);

- **OSNAP** (О-КАДР) – Объектная привязка (***Object Snap***) - включение и выключение режимов объектной привязки (**F3**);
- **OTRACK** (ОТС – ПРИВ) – Отслеживание при объектной привязке (***Object Snap Tracking***) - включение и выключение режима отслеживания при объектной привязке (**F11**);
- **LWT** (ВЕС) – Отображение линий в соответствии с весами (***Show/Hide Lineweight***) – включение и выключение режима отображения линий в соответствии с их толщиной;
- **MODEL/PAPER** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) – Пространство модели или пространство листа (***Model or Paper space***) – переключение из пространства модели в пространство листа.

5. ВВОД КОМАНД

Вводить команды в ***AutoCAD*** можно с клавиатуры, из разнообразных меню или с панелей инструментов. Для ввода команды с клавиатуры необходимо напечатать имя команды в командной строке и нажать клавишу ENTER или SPACE. Ввод команд из меню представляется более удобным и наглядным. Чтобы ввести команду, необходимо выбрать нужную команду из списка меню или панели инструментов и нажать левую кнопку мыши. Для повторения последней команды достаточно нажать клавишу ENTER или SPACE. Выполнение команды можно прервать на любой стадии диалога, нажав клавишу ESC.

6. ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ

Панели инструментов являются частью интерфейса ***AutoCAD***. Они состоят из кнопок (пиктограмм), предназначенных для быстрого ввода наиболее часто используемых команд. При загрузке ***AutoCAD*** по умолчанию выводятся четыре панели: 1) ***Standard Toolbar*** (Стандартная панель инструментов); 2) ***Object Properties*** (Свойства объектов); 3) ***Draw*** (Рисовать); 4) ***Modify*** (Изменить).

Остальные панели инструментов можно вывести на экран через меню ***View*** (Вид)→***Toolbars*** (Панели). *Удобно выбирать требующуюся панель инструментов нажатием правой кнопки мыши, находящейся на любой пиктограмме панелей инструментов*. Далее рассматриваются наиболее часто используемые панели инструментов.

7. СТАНДАРТНАЯ ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ

(*Standard Toolbar*)



– ***New*** (Новый) – создание нового чертежа;



– ***Open*** (Открыть) – загрузка существующего файла;



– ***Save*** (Сохранить) – сохранение текущего файла;



– ***Print Preview*** (Предварительный просмотр) – предварительный просмотр чертежа перед выводом на печать;



– ***Plot*** (Печать) – вывод чертежа на плоттер или принтер;



– ***Find and Replace*** (Поиск и замена) – поиск, замена, выбор и показ крупным планом текста на рисунке;



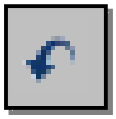
– ***Cut to Clipboard*** (Вырезать) – копирование объектов в буфер обмена с удалением их из рисунка.



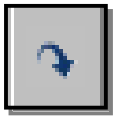
– ***Copy to Clipboard*** (Копировать) – копирование выбранных элементов чертежа в буфер Windows;



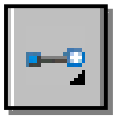
– ***Paste from Clipboard*** (Вставить) – вставка данных из буфера Windows;



– ***Undo*** (Отменить) – отмена действия последней команды;



– ***Redo*** (Повторить) – восстановление только что отменённого действия;



– Подменю ***Object Snap*** (Объектная привязка) – раскрывающийся набор инструментов для выбора объектной привязки;



– Подменю ***UCS*** (ПСК) – раскрывающийся набор инструментов для определения новой пользовательской системы координат;



– Подменю ***Zoom*** (Зумирование) – раскрывающийся набор инструментов для задания различных способов увеличения и уменьшения видимого размера объектов на текущем видовом экране;



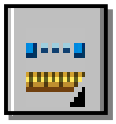
– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени;



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– Подменю ***Inquiry*** (Сведения) – раскрывающийся список инструментов:

- - ***Distance*** (Расстояние) – определение расстояния и угла между точками;
- - ***Locate Point*** (Координаты) – определение координат указанной точки;
- - ***Area*** (Площадь) – вычисление площади и периметра объекта;
- - ***Mass Properties*** (Масса) – вычисление массоинерционных характеристик;
- - ***List*** (Список***)*** – вывод информации о примитиве;



– ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) – вызов диалогового окна ***Viewports*** (Видовые экраны);



– ***Named Views*** (Именованные виды) – вызов диалогового окна для работы с видами и выбора аксонометрических проекций;



– ***3D Orbit*** (3М Орбита) – интерактивный просмотр объектов в трёхмерном пространстве; позволяет, изменяя направление взгляда на модель, рассмотреть её с любой точки зрения;



– ***Properties*** (Свойства) – вызов окна для управления свойствами выбранных объектов.

8. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Properties* *(Свойства объекта)*

Панель инструментов ***Object Properties*** (рис.30) облегчает работу со слоями и типами линий и размещается сверху от рабочей зоны чертежа.

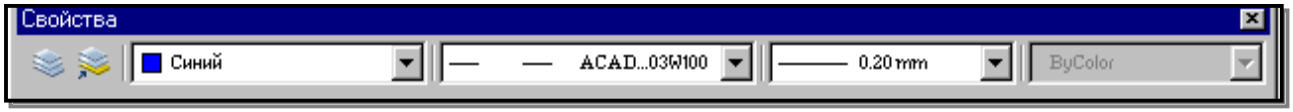
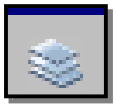


Рис. 30.

Построенные объекты всегда размещаются на определённом слое. Слой – это средство для группировки данных, подобное наложению друг на друга прозрачных калек с фрагментами чертежа («слоёный пирог»). Слои могут быть использованы по умолчанию, а также заданы и именованы пользователем (имя слоя может содержать до 255 символов). Слой может отображаться на экране монитора отдельно или в комбинации с другими слоями, он может быть включён, выключен или заблокирован для редактирования. С каждым слоем связаны определённый цвет, тип и вес (толщина) линии, стиль печати.



– ***Layers*** (Слои) – вызов диалогового окна установки параметров слоёв ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя), также может загружаться из падающего меню ***Format*** (Формат)→***Layer…***(Слой).



– ***Make Object's Layers Current*** (Сделать слой объекта текущим) – установка текущего слоя в соответствии со слоем выбранного объекта.

При создании нового рисунка автоматически создаётся слой с именем ***0***. Слой ***0*** не может быть удалён или переименован. С помощью кнопки ***New*** (Новый) диалогового окна ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя) создается новый слой (рис. 31), в котором можно задать другой цвет объекта, тип линии и вес (толщину) линии. После щелчка мышью по этой кнопке в списке слоёв появляется новый слой с временным именем.

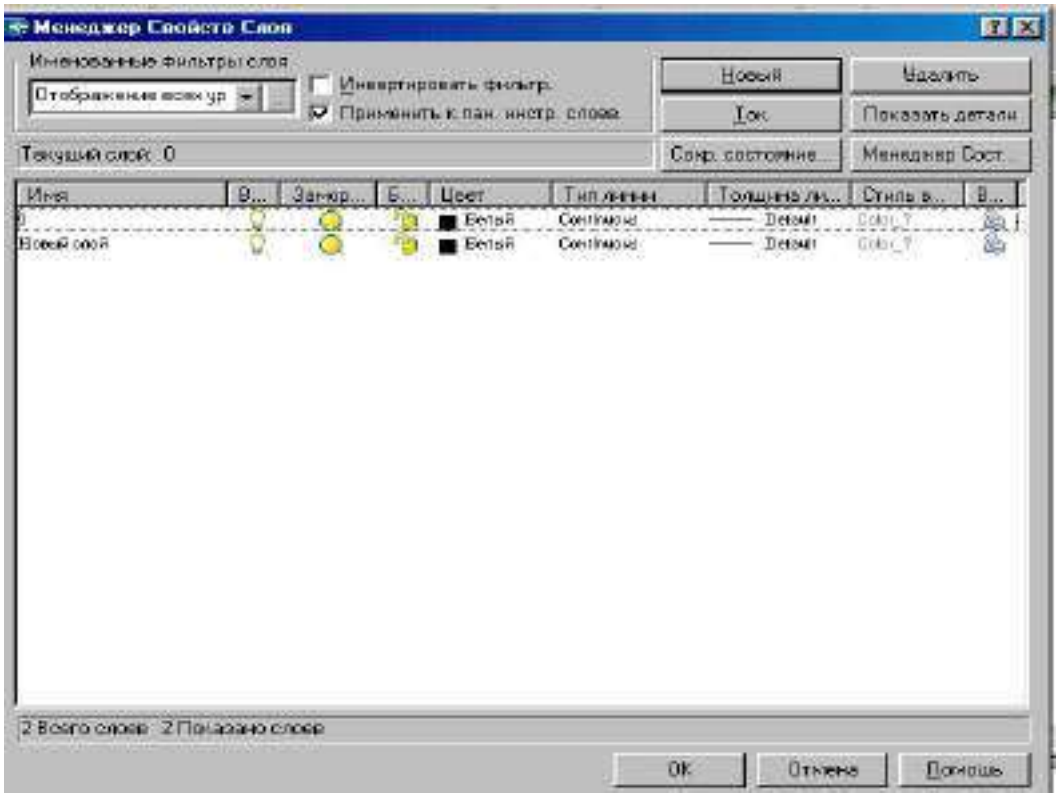


Рис. 31.

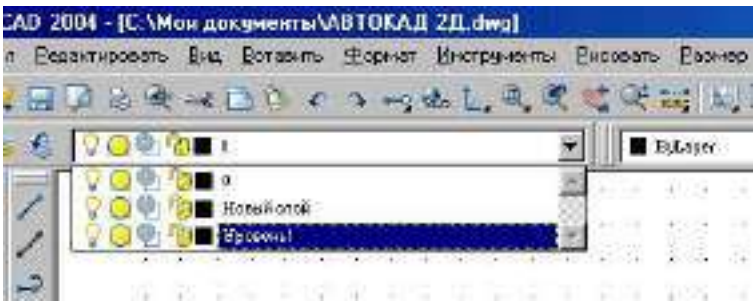


Рис. 32.

Все новые слои именуются в порядке их создания. Чтобы присвоить слою другое имя, необходимо набрать его с клавиатуры в поле временного имени и нажать Enter. Для переименования имеющегося слоя необходимо войти в поле имени слоя двойным щелчком мыши. Для того, чтобы сделать слой текущим, необходимо либо установить курсор мыши на нужный слой и щелкнуть мышью по кнопке ***Current*** (Текущий), либо выбрать его из раскрывающегося списка управления слоями в строке свойств объектов (рис. 32).

Управление видимостью слоя.

AutoCAD не отображает на экране объекты, расположенные на невидимых слоях, и не выводит их на плоттер. Если при работе с деталями рисунка на одном или на нескольких слоях рисунок слишком загромождён, допускается отключить или заморозить неиспользуемые слои.

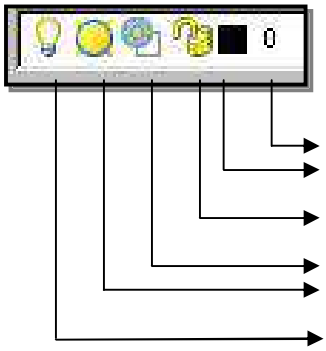
Для запрещения вывода на печать объектов определённых слоёв, например слоёв для вспомогательных линий, можно оставить эти слои видимыми, но отключить их вывод на печать.

Выбор способа отключения видимости слоёв зависит от характера использования слоёв и от сложности рисунка. Замораживание слоёв лучше осуществлять в тех случаях, когда видимость слоя можно отключить на длительное время. В тех случаях, когда требуется частое изменение видимости слоев, лучше использовать отключение слоёв, а не

замораживание. На печать могут выводиться только объекты включенных и размороженных слоёв. Видимый слой печатается, если не отключен его вывод на печать.

Редактировать объекты на блокированных слоях нельзя. Однако они остаются видимыми, если слой включен и разморожен. Можно установить блокированный слой текущим и создавать на нем объёкты.

Для управления слоями используются следующие пиктограммы, которые активизируются при помощи щелчка мышью на соответствующей пиктограмме.

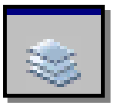


– Раскрывающийся список управления слоями ***Layer*** (Слой) содержит пиктограммы состояний слоя

Название слоя
Цвет слоя
Управление выводом содержимого слоя на печать
Блокирование/Разблокирование слоя
Замораживание/Размораживание слоя на всех видовых экранах
Включение/Отключение слоя

Выполнить упражнение № 1.

Создать слой ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ ***№ 1***



LAYER (Слои)

Падающее меню FORMAT (Формат) → LAYER (Слои)

В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) выбрать кнопку New (Новый) и в появившемся поле нового слоя ввести имя ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ.

В области *Line type* (Тип линии) выбрать (щелчком мыши) Continuous.

В диалоговом окне *Select Line type* (Выбор типа линии) выбрать кнопку *Load…* (Загрузить).

В диалоговом окне *Load or Line type* (Загрузка или Перезагрузка типов линий) выбрать *Hidden 2*

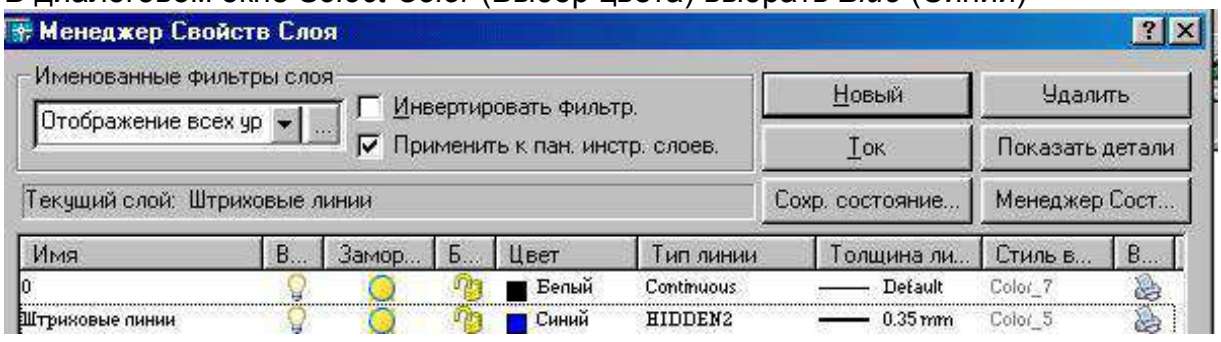
В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) установить *Hidden 2*.

В области *Lineweight* (Толщина линии) выбрать (щелчком мыши) *Default*.

В диалоговом окне *Lineweight* выбрать 0,35.

В области *Color* (Цвет линии) выбрать (щелчком мыши) *White* (Белый).

В диалоговом окне *Select Color* (Выбор цвета) выбрать *Blue* (Синий)



9. ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИМИТИВЫ

Примитив – это заранее определённый основной геометрический элемент, при помощи которого строятся более сложные модели. Система ***AutoCAD*** использует обширный набор

примитивов: точки, отрезки, круги, дуги, полилинии (непрерывная последовательность отрезков и дуг), мультилинии (ломаная линия, сегменты которой состоят из нескольких параллельных отрезков), сплайны (гладкая кривая, проходящая через заданный набор точек), тексты, блоки (именованный объект, сформированный из нескольких примитивов), эллипсы, многоугольники, фигуры (часть плоскости, ограниченная тремя или четырьмя отрезками) и т. д. Общими свойствами, которыми обладают все примитивы, являются принадлежность к слою, цвет и тип линии. Многие примитивы обладают также толщиной. Отдельные примитивы (текст, блок) имеют специальные свойства (угол наклона, точка вставки и др.).

10. ВВОД КООРДИНАТ ТОЧКИ

Ввод координат в **AutoCAD** осуществляется двумя способами:

1. Непосредственно с клавиатуры, путём задания численных значений в командной строке.
2. При помощи графического курсора, который перемещается по экрану мышью или клавишами управления курсором. Ввод координаты осуществляется щелчком левой кнопки мыши.

При этом в строке состояния, расположенной в нижней части Рабочего стола, происходит отображение текущих значений координат. Для удобства ввода координат можно использовать следующие режимы, которые устанавливаются в строке состояния:

- ***ORTHO*** (Орто) – режим, когда изменение происходит только по осям ***x*** или ***y***.
- ***SNAP*** (Шаговая привязка) – привязка к узлам невидимой сетки, определённой с некоторым шагом по ***x*** и ***y***.

КООРДИНАТЫ ТОЧКИ В ДВУМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В двумерном пространстве точка определяется в плоскости ***xOy***, которая называется плоскостью построений. Точка может быть задана *абсолютными* и *относительными координатами*. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x,y**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координаты ***y***, а также направление (+ или -).

- *Полярные координаты***: …point: ρ<φ**,

где ρ - длина вектора (расстояние), соединяющего точку с началом координат,

φ - угол наклона этого вектора относительно предыдущей точки (< - специальный символ, знак «меньше»). За положительное направление изменения угла принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***x***.

Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***x*** и ***y*** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую и приращение по оси ординат ***y***.

- *Полярные координаты*: **…point: @ρ<φ**.

В системе ***AutoCAD*** допускается использовать *прямую запись расстояния*, что особенно удобно для быстрого ввода длины линии. Для ввода координат точки, отстоящей на заданное расстояние и в заданном направлении, необходимо вначале переместить графический курсор в желаемом направлении, а затем напечатать в командной строке требуемое расстояние: **point: 85**.

11. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Draw* (***Рисовать***)

Панель инструментов ***Draw*** (рис. 33) содержит кнопки для вызова команд вычерчивания, наиболее часто используемых графических примитивов.



Рис. 33.

Панель инструментов ***Draw*** (Рисовать), показанная на рис. 33, содержит кнопки (пиктограммы) для вызова команд вычерчивания наиболее часто используемых графических примитивов. Для ввода команды достаточно щелкнуть мышью по этой кнопке. Панель инструментов разделена на следующие группы:

- команды для вычерчивания отрезков прямых линий различного типа и специальных линий;
- команды для вычерчивания линий, содержащих прямолинейные и дуговые сегменты, а также прямоугольников и правильных многоугольников;
- команды для вычерчивания рациональных B-сплайнов, окружностей, эллипсов и их дуг;
- команды создания блоков и точек;
- команды нанесения штриховок и создание замкнутых контуров и областей;
- команды нанесения текстов.

12. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ

Графические примитивы создаются командами рисования, которые вызываются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) или панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Необходимо отметить, что одни и те же элементы чертежа могут быть получены с помощью различных команд.

При построении чертежей требуется их редактирование. *Прежде чем редактировать объекты чертежа, необходимо выбрать, то есть указать системе набор примитивов, с которыми предполагается дальнейшая работа. Выбранные примитивы изображаются на экране монитора пунктирными линиями, что служит визуальным подтверждением их выбора.*

Здесь разрешены следующие способы выбора объектов: указание объекта «прицелом» графического курсора; выбор с помощью предполагаемой рамки (для этого графический курсор устанавливают над частью чертежа, нажимают левую кнопку мыши и «растягивают» рамку по диагонали, указывая вторым щелчком мыши размер рамки). Если диагональ рамки определяется слева направо, то выбираются объекты, полностью разместившиеся в окне выбора. Если же диагональ рамки определяется справа налево, то выбираются объекты не только полностью разместившиеся в окне рамки, но и пересекающие рамку.

Иногда невозможно выбрать объекты без случайного указания другого близлежащего объекта. В этом случае нужно указать примитив «прицелом» курсора и щелкнуть левой кнопкой мыши при нажатой клавише *Shift*. Для удаления объектов необходимо выбрать объект и нажать клавишу *Delete*.

12.1. ТОЧКА



Команда ***Point*** (Точка) – формирование точки, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Point*** (Точка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Point*** (Точка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Точка определяется указанием её координат или указанием курсора.



Рис. 34.

Форма точки задается с помощью системной переменной PDMODE, а её размер – с помощью переменной PDSIZE. Значения этих переменных пользователь устанавливает в диалоговом окне ***Point Style*** (Стиль точки), которое вызывается из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Point Style*** (Стиль точки) (рис. 34). В этом диалоговом окне показано 16 образцов значков. Для выбора любого из них нужно щелкнуть мышью на любом из них.

Размер маркера точки может определяться в процентах от размера экрана монитора или в абсолютных единицах. Чтобы настроить размер точки, необходимо выбрать один из переключателей и вписать с клавиатуры нужное значение размера точки.

12.2. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ

Линии в ***AutoCAD*** являются базовым примитивом и могут быть различных видов: одиночные отрезки, ломаные (с сопряжениями дугами и без них), пучки параллельных линий (мультилинии), сплайны, а также эскизные линии.

12.2.1. ОТРЕЗОК



Команда ***Line*** (Отрезок) – формирование отрезка – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Line*** (Отрезок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Line*** (Отрезок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Отрезки могут быть одиночными или объединёнными в ломаную линию. *При этом каждый отрезок ломаной линии является отдельным примитивом*; если же необходимо, чтобы набор линейных сегментов был единым объектом (областью), лучше применять полилинии.

При построении непрерывной ломаной линии конец предыдущего звена ломаной является началом следующего. Завершение построения ломаной линии осуществляется после нажатия клавиши ***Enter*** (условное обозначение – ↵). Если же ломаная линия является замкнутой, то в командной строке нужно с клавиатуры набрать слово ***Close*** (Закрыть) или начальную букву этого слова ***C***.

Выполнить упражнения № 2, 3, 4 (см. «Ввод координат точки»).

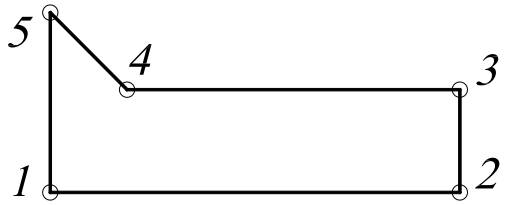
Построить многоугольник, задавая точки в абсолютных координатах № 2

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	100, 20	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	100, 40	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	35, 40	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	20, 55	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	Close	замкнуть ↵

Undo

Отмена последнего действия

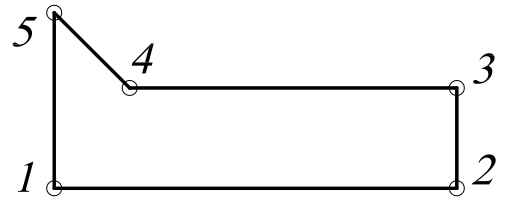


Построить многоугольник, задавая точки в относительных координатах № 3

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80, 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 0, 20	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -65, 0	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -15, 15	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2

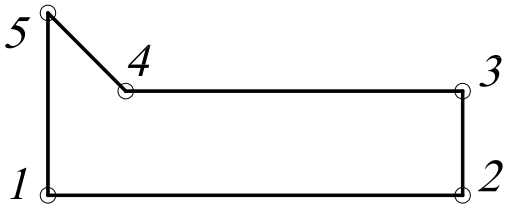


Построить многоугольник, задавая точки в полярных координатах № 4

Line Падающее меню ***Draw → Line***

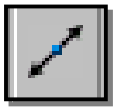
Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80 < 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 20 < 90	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 65 < 180	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 21 < 135	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2



12.2.2. ПРЯМАЯ И ЛУЧ

В ***AutoCAD*** допускается построение линий, не имеющих конца в одном или в обоих направлениях. Такие линии называются соответственно *лучами* или *прямыми*. Их можно использовать в качестве вспомогательных линий при построении объектов, и удобнее строить их в отдельных слоях.



Команда ***XLine*** (Прямая) – формирование прямой – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Construction line*** (Конструкционная прямая) или щелчком мыши по пиктограмме ***Construction line*** (Конструкционная прямая) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда ***XLine*** (Прямая) применяется в двумерном и трехмерном черчении.

Опции команды ***XLine*** (Конструкционная прямая):

- ***Hor*** (Гор) – для построения горизонтальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать h \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ver*** (Вер) – для построения вертикальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать v \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ang*** (Угол) – для построения наклонной вспомогательной прямой линии нужно ввести с клавиатуры a \Enter. Далее AutoCAD выведет дополнительные запросы:
  Enter angle of xline (0) or [Reference] \ Задайте угол наклона или…
  Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:

После ответа на эти запросы система строит вспомогательную линию через указанную точку под заданным углом. Задавая следующие точки, можно строить пучок линий, параллельных первой построенной линии. Если в ответ на запрос - Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:…- нажать клавишу Enter, то это действие приведёт к завершению работы с командой.

- ***Bisect*** (Биссект) –эта опция позволяет построить биссектрису угла по его вершине и двум точкам, расположенным на сторонах угла;
- ***Offset*** (Смещение) – по смещению от заданной линии (следует задать величину смещения, выбрать базовую линию и указать, с какой стороны должна проходить прямая).



Команда ***Ray*** (Луч) – построение луча – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ray*** (Луч) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ray*** (Луч) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Эта команда применяется при выполнении вспомогательных построений, которые используются как база при вычерчивании контурных линий. В отличие от прямых, бесконечных с обеих сторон, луч не имеет конца только в одном направлении, что позволяет снизить загромождённость рисунка.

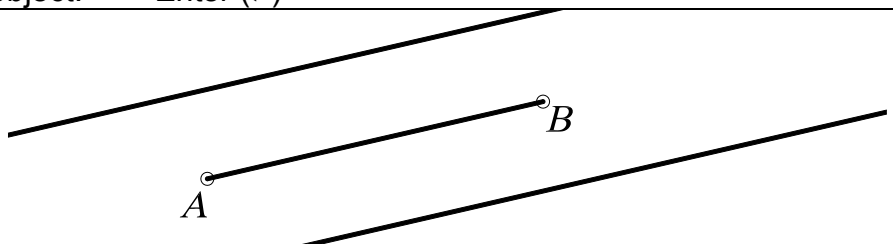
Выполнить упражнение № 5.

Построить вспомогательную прямую,
с величиной смещения 20 от заданного отрезка AB ***№ 5***

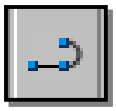


XLine Падающее меню ***Draw → XLine***

XLine Specify a point or [Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset]: offset задать опцию - смещение
Specify offset distance or [Through] < Through>: 20 задать расстояние 20 или <по умолчанию>
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув выше отрезка AB
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув ниже отрезка AB
Select a line object: Enter (↵)



12.2.3. ПОЛИЛИНИЯ



Команда ***PLine*** (ПЛиния) – построение полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Polyline*** (Полилиния) или щелчком мыши по пиктограмме ***Polyline*** (Полилиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***PLine*** (ПЛиния) служит для вычерчивания линии заданной толщины, состоящей из непрерывной последовательности отрезков прямых линий и дуг окружностей, и обрабатывается системой как графический примитив. Разрешено многократное переключение между режимом вычерчивания отрезков прямых и режимом вычерчивания дуг окружностей. Каждый режим имеет собственный набор параметров, который повторяется после вычерчивания каждого сегмента. По умолчанию эта команда использует режим вычерчивания отрезков прямых линий. При вычерчивании дуги окружности на экране монитора последовательно визуализируются её промежуточные положения.

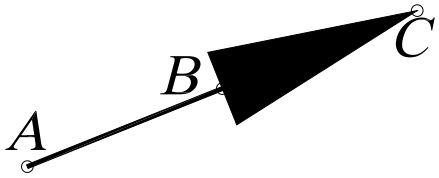
После вызова команды система выдает запрос о местоположении начальной точки. После ввода координат (с клавиатуры или с помощью графического курсора) появляется сообщение о текущей толщине линии Current line-width is 0.0000 (Текущая ширина линии равна 0.0000). Затем появляется список параметров команды:

- ***Arc*** (Дуга) – переход в режим дуг;
- ***Close*** (Замкнуть) – замыкает полилинию отрезком;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – позволяет задать полуширину, то есть расстояние от осевой линии широкого сегмента до края;
- ***Length*** (Длина) – длина сегмента, созданного как продолжение предыдущего в том же направлении;
- ***Undo*** (Отменить) – отменяет последний созданный сегмент;
- ***Width*** (Ширина) – позволяет задать ширину последующего сегмента.

Опции команды ***PLine*** (ПЛиния) в режиме дуг:

- ***Angle*** (Угол) – ввести центральный угол. По умолчанию дуга вычерчивается против часовой стрелки. Если требуется построить дугу по часовой стрелке, необходимо задать отрицательное значение угла;
- ***CEnter*** (Центр) – указать центр дуги;
- ***Close*** (Замкнуть) – замкнуть дугой;
- ***Direction*** (Направление) – задать направление касательной;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – определить полуширину полилинии;
- ***Line*** (Линейный) – переход в режим отрезков;
- ***Radius*** (Радиус) – ввести радиус дуги;
- ***Second pt*** (Вторая) – вторая точка дуги по трём точкам. Если дуга не является сегментом полилинии, то она начинается в конечной точке предыдущего сегмента и по умолчанию проводится по касательной к нему;
- ***Undo*** (Отменить) – отменить последнюю точку;
- ***Width*** (Ширина) – определить ширину полилинии.

Выполнить упражнения № 6, 7, 8, 9.

Построить полилинию с переменной толщиной	***№ 6***
 ***PLine***	Падающее меню ***Draw → Polyline***
	Specify start point: 90,50 начальная точка A
	Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w	ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 1	стартовая ширина
Specify ending width <1.0000>: 1	конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 140, 70	точка B
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w	ширина полилинии
Specify starting width <1.0000>: 20	стартовая ширина
Specify ending width <20.0000>: 0	конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 190, 90	точка C
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Enter	
	

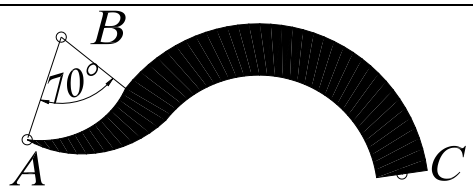
Многократное применение параметра Undo приводит к последовательному уничтожению сегментов полилинии и соответствующему переключению режимов работы команды.

Построить полилинию в режиме дуг *№ 7*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 0 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 15 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Ang задать углом
Specify included angle: 70 величина угла
Specify endpoint of arc or [Center/Radius]: Cen задать центр
Specify center point of arc: 100, 80 точка B
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: 200,40 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter

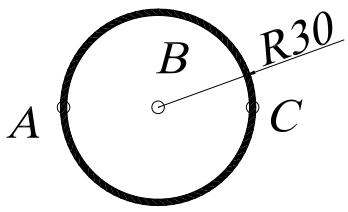


Построить окружность командой полилиния *№ 8*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

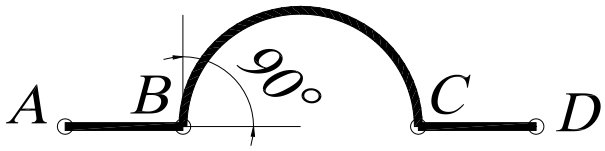
Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CE задать центром
Specify center point of arc: 120, 50 точка B
Specify endpoint of arc or [Angle/Length]: @150, 0 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CL замкнуть



Построить полилинию с помощью направления	*№ 9*

PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 120 ,50 точка B
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/Direction/…/Second pt/Undo/Width]: Dir задать направлением
Specify the tangent direction for the start point of arc: 90 направление от точки A
Specify endpoint of the arc:180, 50 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: Line режим линий
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 210 ,50 точка D
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter



12.2.4. СПЛАЙН



Команда ***Spline*** (Сплайн) – построение сплайна – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Spline*** (Сплайн) или щелчком мыши по пиктограмме ***Spline*** (Сплайн) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Система ***AutoCAD*** вычерчивает неоднородные рациональные B-сплайны (NURBS-кривые). Сплайны могут быть как двумерными, так и трёхмерными объектами, которые строятся на основе некоторого множества точек.

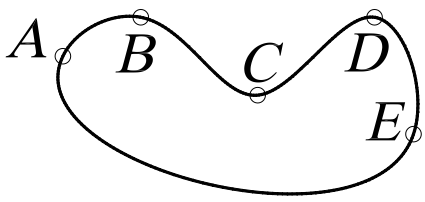
Выполнить упражнение № 10.

Построить сплайн	*№ 10*



Spline Падающее меню ***Draw*** → ***Spline***

Specify first point or [Object]: 90,50 начальная точка A
Specify start point: 110,60 точка B
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 140,40 точка C
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 170,60 точка D
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 180,30 точка E
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: Close замкнуть
Specify tangent: Enter



Замечания:

1. Выбор параметра Object в первом основном запросе системы позволяет преобразовать существующие сглаженные сплайном полилинии в правильный сплайн. После ввода этого параметра следует указать существующую полилинию, сглаженную сплайном.
2. Сплайн обрабатывается системой как единый объект.
3. Толщина линии не задается и соответствует толщине, установленной для текущего слоя.
4. Параметр Close можно использовать, если предварительно вычерчено не менее двух сегментов.
5. Параметр Fit tolerance используется, если необходимо задать, насколько близко к введенным точкам должен проходить сплайн. Величина допуска сглаживания выражается в единицах измерения текущего чертежа. По умолчанию принято значение допуска 0, при котором сплайн проходит точно по данным точкам.
6. Параметр <start tangent> (определить касательную к сплайну) задается по умолчанию (скобки вида < > определяют параметр по умолчанию). Для выбора принятого по умолчанию направления касательной следует нажать клавишу Enter или, перемещая точку с помощью курсора, определяющую направление касательной, задать форму кривой.

12.3. ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

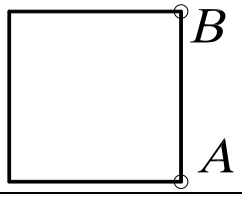
12.3.1. МНОГОУГОЛЬНИК

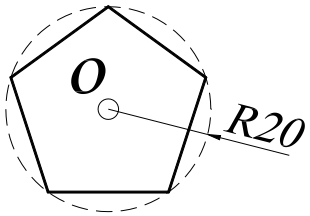


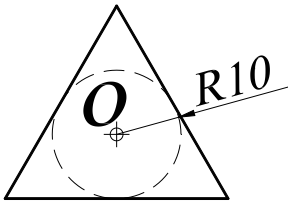
– Команда ***Poligon*** (Многоугольник) – построение правильного многоугольника с числом сторон от 3 до 1024 – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Poligon*** (Многоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Poligon*** (Многоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

- ***Edge*** (Сторона) – задание длины одной стороны;
- ***Inscribed in circle*** (Вписанный в окружность) – определяет способ построения многоугольника
- ***Circumscribed about circle*** (Описанный вокруг окружности) – определяет способ построения многоугольника как описанного вокруг некоторой окружности (как вписанного в некоторую окружность);

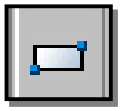
Выполнить упражнения № 11, 12, 13.

Построить многоугольник по известной стороне		***№ 11***
 ***Polygon***	Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon***	
	Enter number of side <4>: 4	количество сторон
	Specify center of polygon or [Edge]: E	задать стороной
	Specify first endpoint of edge: 90, 50	точка A
	Specify second endpoint of edge: 90, 100	точка B
		

Построить многоугольник, вписанный в окружность	*№ 12*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 5 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: i вписанный многоугольник в окружность Specify radius of circle: 20 радиус окружности	
	

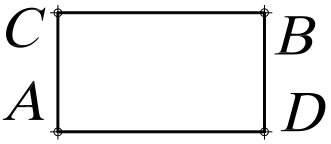
Построить многоугольник, описанный вокруг окружности	*№ 13*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 3 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: c описанный многоугольник вокруг окружности Specify radius of circle: 10 радиус окружности	
	

12.3.2. ПРЯМОУГОЛЬНИК



Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) – построение прямоугольника – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Rectangle*** (Прямоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rectangle*** (Прямоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Прямоугольник строится по двум любым диагональным точкам.

Выполнить упражнение № 14.

Построить прямоугольник	*№ 14*
 ***Rectangle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle*** Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A (или точку C) Specify other corner point: указать точку B (или точку D)	
	

Опции команды ***Rectangle*** (Прямоугольник):

- ***Chamfer*** (Фаска) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определёнными фасками;
- ***Fillet*** (Сопряжение) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённым радиусом сопряжения углов;
- ***Width*** (Толщина) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии.

Во всех случаях система предлагает параметры по умолчанию, которые проставлены в скобках <…>.

Выполнить упражнения № 15, 16.

Построить прямоугольник с фасками ***№ 15***



Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

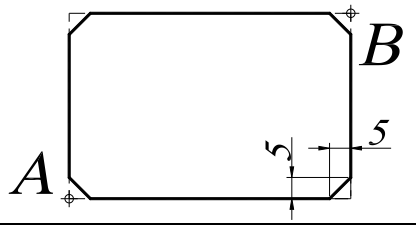
Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: c — задать фаски

Specify first chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — первый размер фаски

Specify second chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — второй размер фаски

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Построить прямоугольник с сопряжением углов ***№ 16***



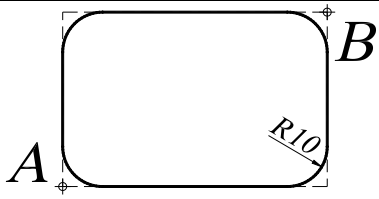
Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: f — задать радиус сопряжения

Specify fillet radius for rectangles <0.0000>: 5 — размер радиуса сопряжения

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Замечания:

1. Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) формирует полилинию, поэтому прямоугольник можно рассматривать как единый объект.
2. Параметр Width используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии. Если задать значение толщины, равное нулю, то линия вычерчивается с толщиной, установленной для текущего слоя.
3. Использование параметров Elevation, Thickness, Width позволяет создать трёхмерный объект (параллелепипед с прямоугольником в основании).

12.4. ПОСТРОЕНИЕ ОКРУЖНОСТЕЙ, ЭЛЛИПСОВ И ИХ ДУГ

12.4.1. ОКРУЖНОСТЬ



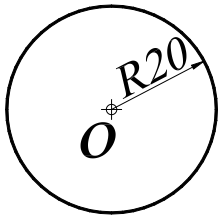
– Команда ***Circle*** (Круг) – построение окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Circle*** (Круг) или щелчком мыши по пиктограмме ***Circle*** (Круг) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Окружности можно строить различными способами. По умолчанию построение выполняется путём задания центра и радиуса.

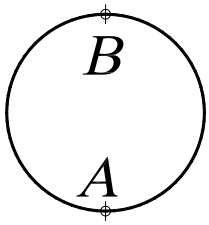
Опции команды ***Circle*** (Круг):

- ***3P*** (3Т) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
- ***2P*** (2Т) – по двум точкам, лежащим на диаметре;
- ***Ttr*** (ККР) – по двум касательным и радиусу;
- ***Tan Tan Tan*** (Кас Кас Кас) – окружность, касающаяся трёх объектов. В этом случае система автоматически включает режим объектной привязки Tangent (см. панель инструментов «Объектная привязка»).

При построении окружности, касательной к двум примитивам, необходимо указать графическим курсором на экране монитора приблизительную точку касания на заданных примитивах. Данный способ построения окружности предполагает её вычерчивание как касательной к двум отрезкам прямых, касательной к двум окружностям, касательной к отрезку и окружности.

Выполнить упражнения № 17 - 26 (для выполнения упражнений постройте примитивы, показанные штриховой линией).

Построить окружность по центру и радиусу	***№ 17***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 100,100 центр O Specify radius of circle or [Diameter]: 20 радиус окружности	
	

Построить окружность по двум точкам диаметра	***№ 18***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B	
	

Построить окружность по трём точкам	*№ 19*



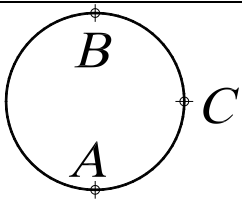
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A

Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B

Specify third end point of circle's diameter: 120,70 точка C



Построить окружность, касательную двум примитивам	*№ 20*



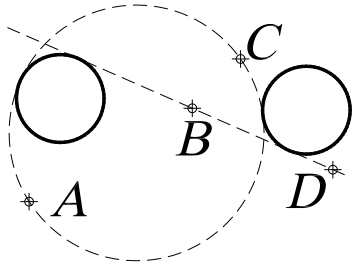
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность, касательную к прямой	*№ 21*



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

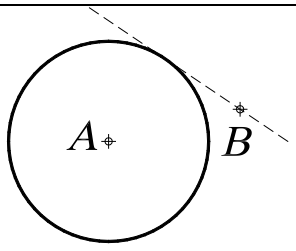
Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]:

указать центр окружности A

Specify radius of circle or [Diameter]:_ tan to щелкнуть мышью по пик-тограмме панели объектной привязки Tangent и



указать на точку B



Построить окружность, касательную двум окружностям ***№ 22***



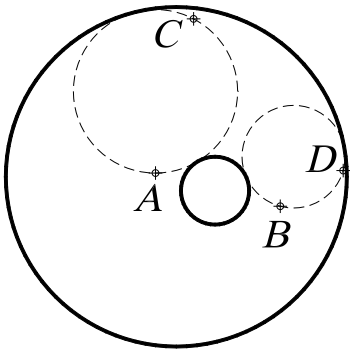
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность по двум точкам диаметра, лежащим на концах отрезка ***№ 23***

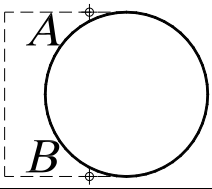


Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P

Specify first end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку A

Specify second end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку B



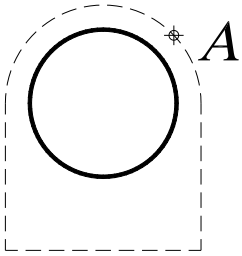
Построить концентрическую окружность ***№ 24***



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]:  щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки CENter и указать графическим курсором на точку A

Specify radius of circle or [Diameter]: 15 радиус окружности



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 25***



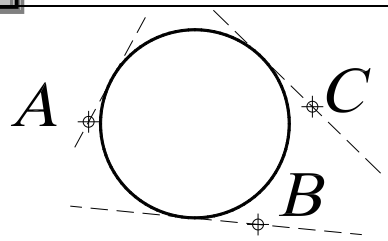
Circle Падающее меню ***Draw → Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 26***



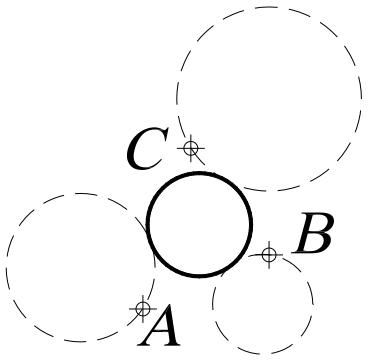
Circle Падающее меню ***Draw → Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



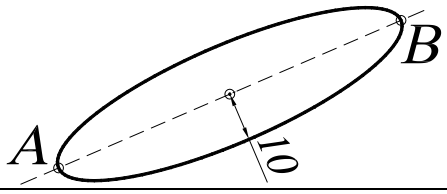
12.4.2. ЭЛЛИПС

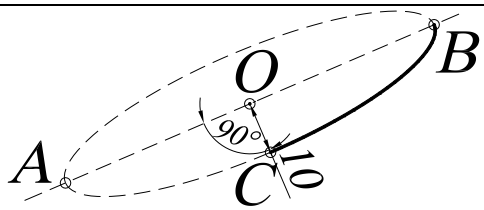


– Команда ***Ellipse*** (Эллипс) – построение эллипса – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ellipse*** (Эллипс) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ellipse*** (Эллипс) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Эллипсы можно строить различными способами. По умолчанию строится путём указания начала и конца первой оси эллипса, а также половины второй оси.

- ***Center*** (Центр) – построение эллипса по точке его центра и двум конечным точкам его осей;
- ***Arc*** **(**Дуга**) –** режим построения эллиптических дуг. По умолчанию эллиптические дуги, как и эллипсы, строятся путём указания конечных точек первой оси и половины длины второй. После этого задаются начальный и конечный углы. За начало отсчёта углов эллиптической дуги принимается большая ось эллипса. Если начальный и конечный углы совпадают, строится полный эллипс. Вместо задания конечного угла можно указать центральный угол дуги, измеренный от начальной точки.

Выполнить упражнения №27, 28

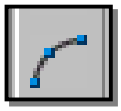
Построить эллипс по двум осям	***№ 27***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis [Rotation]: 10 длина половины оси	
	

Построить эллиптическую дугу	***№ 28***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: A режим построения дуг Specify axis endpoint of elliptical arc or [Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis or [Rotation]: 10 длина половины оси Specify start angle or [Parameter]: 90 угол AOC Specify end angle or [Parameter/ Included angle]: 180 угол AOB	
	



Для построения эллиптической дуги можно использовать команду - ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

12.4.3. ДУГА ОКРУЖНОСТИ

 – Команда ***Arc*** (Дуга) – построение дуги окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Arc*** (Дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Arc*** (Дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Дуги строятся различными способами, однако по умолчанию построение производится по трём точкам – начальной, промежуточной и конечной.

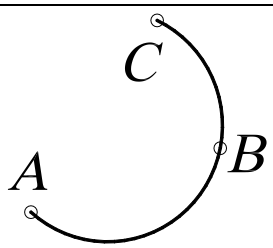
Опции команды ***Arc*** (Дуга):

- ***Center*** (Центр) – точка центра дуги;
- ***End*** (Конец) – конечная точка дуги;
- ***Angle*** (Угол) – величина угла;
- ***Chord Length*** (**Длина хорды**) – длина хорды;
- ***Direction*** (Направление) – направление касательной;
- ***Radius*** (Радиус) – радиус дуги.

Существует несколько способов построения дуги окружности по следующим трём параметрам:

1) ***3 Point*** (3 точки) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
2) ***St, C, End*** (Н, Ц, К) – по стартовой точке, центру и конечной точке дуги (положительным считается направление против часовой стрелки);
3) ***St, C, Ang*** (Н, Ц, Угол) – по стартовой точке, центру и углу;
4) ***St, C, Len*** (Н, Ц, Длин) – по стартовой точке, центру и длине хорды. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки, причем по умолчанию строится меньшая из двух возможных дуг (та, что меньше 180^0). Если же вводится отрицательное значение длины хорды, будет построена большая дуга;
5) ***St, E, Ang*** (Н, К, Угол) – по стартовой точке, конечной точке и углу;
6) ***St, E, Dir*** (Н, К, Напр) – по стартовой точке, конечной точке и направлению – углу наклона касательной из начальной точки;
7) ***St, E, Rad*** (Н, К, Рад) – по стартовой точке, конечной точке и радиусу. Меньшая дуга строится против часовой стрелки;
8) ***Ce, S, End*** (Ц, Н, К) – построение дуги по центру, стартовой и конечной точке;
9) ***Ce, S, Ang*** (Ц, Н, Угол) – построение дуги по центру, стартовой точке и углу;
10) ***Ce, S, Len*** (Ц, Н, Длин) – построение дуги по центру, стартовой точке и длине хорды;
11) ***ArcCont*** (ПродДуг) – построение дуги как продолжение отрезка или дуги.

Выполнить упражнения № 29 – 33.

Построить дугу по трём точкам	***№ 29***
 ***Arc*** Падающее меню ***Draw*** → ***Arc (3 point)*** Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A Specify second point of arc or [Center/End]: 130, 260 точка B Specify start point of arc: 120,280 точка C	
	

Построить дугу по начальной точке, центру и величине угла	*№ 30*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Ang)***

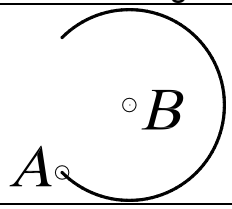
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 110, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify included angle: 270 угол



AutoCAD всегда проводит дугу от начальной точки в направлении против часовой стрелки. Две дуги, построенные одним и тем же способом, могут совершенно отличаться друг от друга. В следующих упражнениях показаны различия в построении одних и тех же дуг, но с противоположным значением длины хорды, размера радиуса. Необходимо помнить, что положительным считается направление против часовой стрелки.

Построить дугу по начальной точке, центру и длине хорды	*№ 31*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Len)***

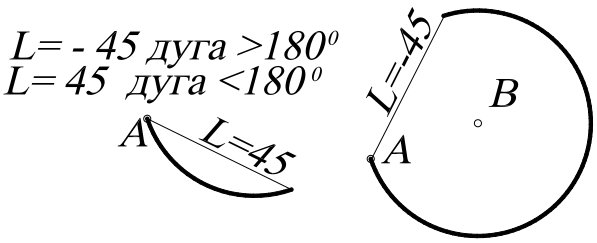
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 130, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: - 45 длина хорды



Построить дугу по двум точкам и радиусу	*№ 32*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Rad)***

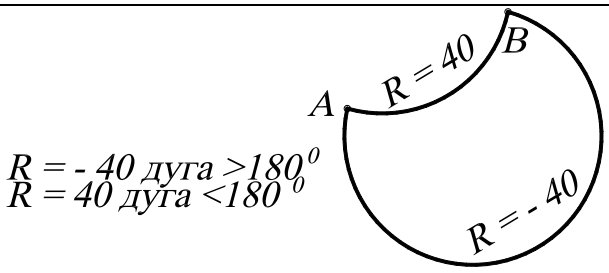
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: e

Specify end point of arc:150,280 конечная точка B

Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: r

Specify radius of arc: -40



Построить дугу по двум точкам и касательной	*№ 33*



Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Dir)***

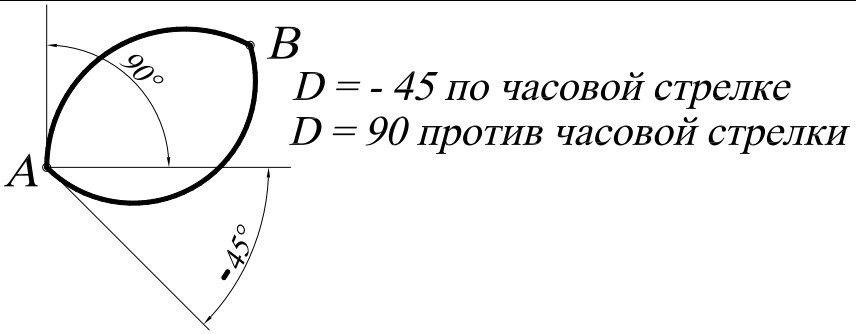
Specify start point of arc or [Center]: 80,420 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: e

Specify end point of arc: 130,450 точка B

Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: d

Specify tangent direction for the start point of arc: -45 направление



13. ТЕКСТОВЫЕ СТИЛИ

При нанесении надписи в ***AutoCAD*** используется некоторый текстовый стиль, который задает высоту, угол поворота, ориентацию и др. В одном рисунке можно создавать и использовать несколько текстовых стилей.

Все текстовые стили, кроме STANDART, пользователь создает по своему желанию. Создание текста и команды его регенерации производятся в диалоговом окне ***Text Style*** (Текстовые стили) (рис. 35), вызываемом из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Text Style*** (Текстовые стили).

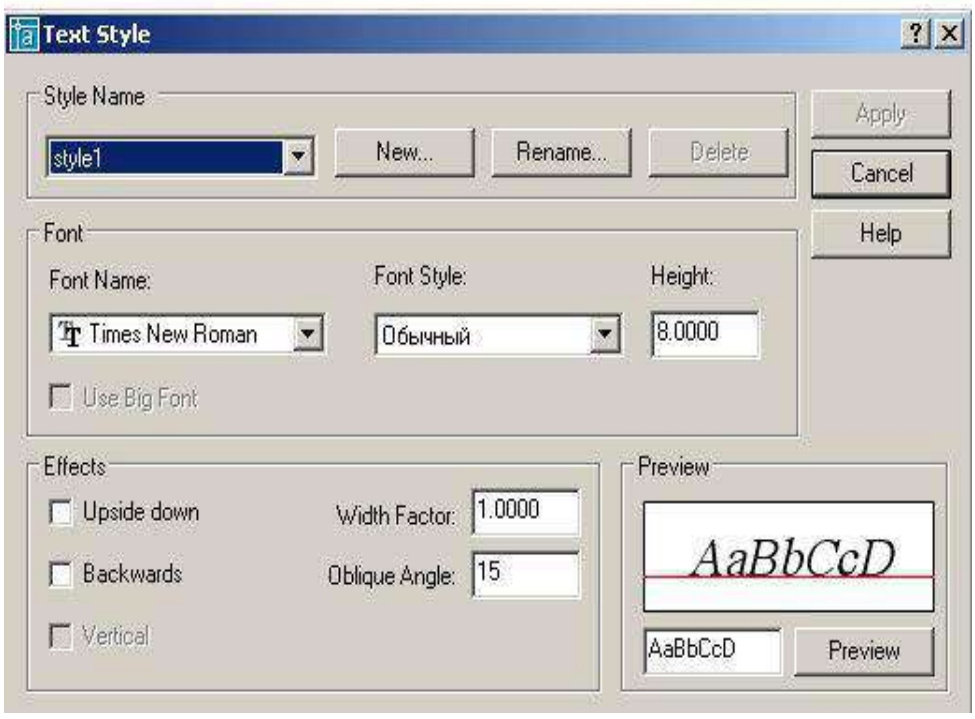


Рис. 35.

Для создания нового стиля необходимо щелкнуть мышью по кнопке ***New*** (Новый), при этом открывается диалоговое окно ***New Text Style*** (Новый текстовый стиль), в котором задается имя создаваемого стиля. Новому стилю присваиваются значения параметров, заданные первоначально в окне ***Text Style*** (**Текстовые стили**), которые, как правило, нуждаются в изменении.

В области ***Font*** (Шрифт) в раскрывающемся списке поля ***Font Name***: (Имя шрифта:) следует выбрать подходящий шрифт, например Times New Roman. Сделанные изменения для нового шрифта иллюстрируются в поле ***Preview*** (Образец).

Высота текста задается в поле ***Height:*** (Высота:) и определяет размер знаков используемого шрифта. Если в процессе описания стиля текста задана фиксированная высота текста, при создании однострочных надписей запрос ***Height:*** (Высота:) не выводится. При необходимости нанесения надписей разной высоты с использованием одного и того же текстового стиля следует при его создании указать высоту, равную 0.

Угол наклона текста задается в поле ***Oblique Angle*** (Угол наклона). Угол наклона текста задается от вертикальной линии по часовой стрелке.

13.1. ОДНОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Надписи на чертежах могут представлять собой сложные спецификации, элементы основной надписи, заголовки и т. п. Небольшие надписи, не требующие внутреннего форматирования, создаются в виде однострочных текстов при помощи команды ***TEXT*** (**ТЕКСТ**). Однострочные тексты удобно применять для заголовков.



– Команда ***TEXT*** (Текст) – формирование текста – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***TEXT*** (Текст) → ***Single Line Text*** (Однострочный) или щелчком мыши по пиктограмме ***TEXT*** (Текст) одноимённой панели инструментов.

Однострочный текст формируется по следующим опциям команды:

- ***Style*** (**Стиль**) – установление нового текстового стиля, путем выбора его из имеющихся стилей;
- ***Justify*** (**Выравнивание**) – выравнивание текстовой строки с использованием ключей выравнивания:

1. ***Align***, ***Fit*** – формируют вписанный текст между двумя введёнными точками:



– ***Align*** – высота и ширина каждого символа вычисляется автоматически;



– ***Fit –AutoCAD*** запрашивает высоту шрифта и автоматически подбирает ширину символа;

2.***Center***, ***Middle*** – центрирует текст относительно введенной точки:



– ***Center*** – центрирование текста по горизонтали;

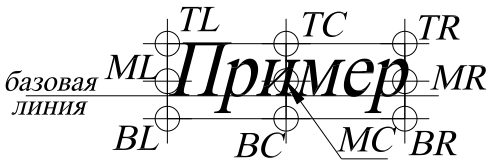


– ***Middle*** – центрирование текста по горизонтали и по вертикали;

3.***Right*** – выравнивание текста по правому краю:



4. Выравнивание текста относительно указанной точки, обозначаемой следующими символами – ***TL***, ***TC***, ***TR***, ***ML***, ***MC***, ***MR***, ***BL***, ***BC***, ***BR***, аббревиатуры слов:
T – ***Top*** (верхний), ***M*** – ***Middle*** (средний), ***B*** – ***Bottom*** (нижний), ***L*** – ***Left*** (левый), ***C***-***Center*** (центр), ***R*** – ***Right*** (правый).



Выполнить упражнения № 34 – 40.

Сформировать однострочный текст	***№ 34***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
Current text style:  "Standard"  Text height:  8.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: 100,500     начальная точка 1
                Specify height <8.0000>: 20                 высота текста
          Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                                Enter text: пример          формируемая надпись
                                Enter text: выполнения      формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

1 пример
выполнения

Для продолжения многострочных текстов команду ***Text*** повторяют обычным, принятым в системе способом, а затем на первый запрос отвечают нажатием клавиши ENTER. Тогда новая строка текста разместится под последней строкой вычерченного перед этим текста и будет иметь тот же текстовый стиль, высоту и угол поворота (см. упражнение 34).

Сформировать однострочный вписанный текст	***№ 35***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
                                Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
          Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Align            вписанный
       Specify first endpoint of text baseline: 150,490                      точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 240,490                            точка 2
                                Enter text: пример                 формируемая надпись
                                Enter text: вписанного текста      формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

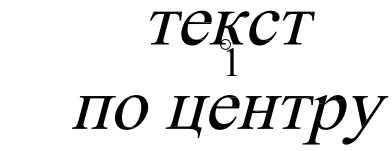
1 *пример* 2
вписанного текста

Сформировать текст, выровненный по центру	*№ 36*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
                    Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Center     по центру
                  Specify center point of text: 60,530                точка 1
                    Specify height <15.0000>: 10                      высота символа
                    Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                    Enter text: текст                                 формируемая надпись
                    Enter text:  по центру                            формируемая надпись
                    Enter text: <ENTER>
```



Первоначальное представление строки текста на экране дисплея не зависит от выбора параметра. Текст модифицируется в соответствии с указанным параметром в момент окончания работы команды.

Сформировать текст, выровненный по ширине	*№ 37*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
Current text style:  "style2"  Text height:  10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Fit       по ширине
Specify first endpoint of text baseline: 10,610                       точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 70,610                      точка 2
Specify height <10.0000>: 10                                      высота символа
Enter text: Текст,                                                формируемая надпись
Enter text: выровненный по ширине                                 формируемая надпись
Enter text: <ENTER>
```



Сформировать текст, выровненный по средней точке **№ 38**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Middle
— по средней точке
Specify middle point of text: 170,620 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота
Enter text: **Надпись,** — формируемая надпись
Enter text: **выровненная по средней точке** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Надпись,
выровненная по средней точке

Сформировать текст, выровненный вправо **№ 39**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Right — вправо
Specify right endpoint of text baseline: 240,680 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота строки
Enter text: **Текст**, — формируемая надпись
Enter text: **выровненный вправо** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Текст,
выровненный вправо

Создать новый наклонный стиль **№ 40**

Падающее меню ***Format*** → ***Text Style***
В диалоговом окне ***Text Style*** выбрать кнопку *New* (Новый)
В поле Style Name: указать новое любое имя стиля
В раскрывающемся списке названий шрифтов ***Font Name:*** выбрать arial
В поле Oblique Angle: (Угол наклона:) указать 10 градусов
В поле Height: (Высота:) указать 0
Используя команду  ***TEXT*** написать свое имя, фамилию

решение
новых вопросов

Использование специальных символов в однострочном тексте осуществляется с помощью управляющих кодов, которые вводятся в командную строку непосредственно перед вводом текста:

- %%o – включает или выключает режим надчеркивания символов;
- %%u - включает или выключает режим подчеркивания символов;
- %%d – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «градус» (°);
- %%p – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «плюс-минус» (±);
- %%c – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «диаметр окружности» (∅).

13.2. МНОГОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Многострочный текст используется для нанесения многострочных текстов на чертежах.



– Команда ***MTEXT*** (**МТЕКСТ**) – формирование многострочного текста - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Text*** (Текст) → ***Multiline Text*** (Многострочный текст) или щелчком мыши по пиктограмме ***Multiline Text*** (Многострочный текст) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

В ответ на команду система выдает в первой строке сообщение, а затем запрос: Current text style: "Standard" Text height: 8 (Текущий текстовый стиль).

Specify first corner: (Задайте первый угол:). Задать координаты первой точки рамки текстового окна (с помощью клавиатуры или графическим курсором).

Specify opposite corner or [Height/Justify/Line spacing/Rotation/Style/Width]: (Задайте противоположный угол или…)

- ***Height*** используется, если необходимо изменить высоту символов многострочного текста;
- ***Justify*** используется, если необходимо изменить способ выравнивания многострочного текста;
- ***Line spacing*** используется, если необходимо изменить расстояния между строками в текстовом окне;
- ***Rotation*** используется, если необходимо изменить угол поворота рамки текстового окна;
- ***Style*** используется, если необходимо изменить текстовый стиль;
- ***Width*** используется, если необходимо задать ширину рамки текстового окна.

После указания размеров абзаца загружается диалоговое окно ***Text Formatting*** (Форматирование текста) (рис. 36), которое содержит средства форматирования символов текста:

- Font – раскрывающийся список выбора шрифтов;
- Font Height – раскрывающийся список ввода высоты шрифта;
- Bold – кнопка установки полужирного начертания символов;
- Italic – кнопка начертания символа курсивом;
- Underline – кнопка установки начертания символа с подчеркиванием;
- Undo – кнопка отмены;
- Stack/Unstack – кнопка установки начертания дробей в одну или две строки;
- Text Color – раскрывающийся список выбора цвета символа.

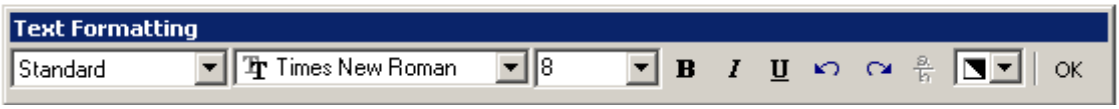


Рис. 36.

14. БЛОК

Пакет ***AutoCAD*** предоставляет пользователю различные способы работы с данными в чертежах. В том случае, когда часто встречается одна и та же группа объектов (крепежные изделия, подшипники, уплотнения и т. п.), целесообразно использовать блоки. *Блоки* – это именованные объекты, состоящие из любого количества примитивов системы ***AutoCAD***. Блоки можно вставлять в рисунок с масштабирование и поворотом, расчленять на составляющие объекты и редактировать. Блок может включать в себя другие блоки. При создании блока задается базовая точка и выбираются объекты, входящие в блок.

Возможны два типа блоков: *локальные* и *автономные*. Локальные блоки входят в состав того чертежа, в котором они были созданы, и не могут быть перенесены в другой чертеж. Автономные блоки хранятся в виде отдельного файла чертежа и могут быть использованы в других чертежах.

С каждым блоком можно связать *атрибуты*, то есть текстовую информацию для хранения вместе с блоком, которую допускается редактировать в процессе вставки блока. Распространенный пример использования атрибутов – заполнение основной надписи чертежа.

14.1. СОЗДАНИЕ БЛОКОВ



– Команда ***Block*** (Блок) – создание локального блока из объектов текущего чертежа - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Block*** (Блок) → ***Make*** (Создать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Make Block*** (Создать блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда раскрывает диалоговое окно ***Block Definition*** (Описание блока), представленное на рис. 37.

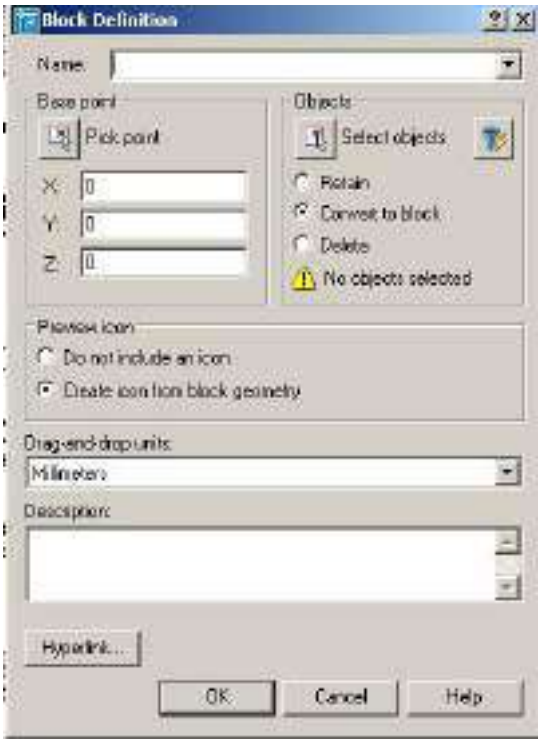


Рис. 37.

При создании блока в диалоговом окне ***Block Definition*** (Описание блока) следует:

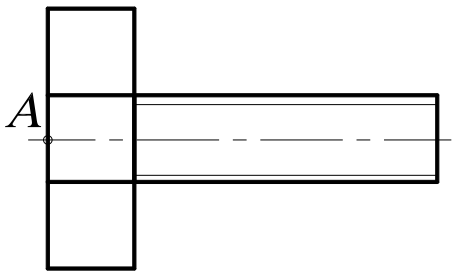
- в поле ***Name:*** (Имя:) ввести имя создаваемого блока;
- в области ***Objects*** (Объекты) нажать кнопку ***Select objects*** (Выбрать объекты) и выбрать объекты на экране монитора, подлежащие включению в блок. При этом диалоговое окно временно закрывается. Затем следует нажать клавишу ***Enter*** после окончания выбора объектов и диалоговое окно снова откроется;
- в области ***Base point*** (Базовая точка) задать координаты базовой точки вставки или нажать на кнопку ***Pick point*** (Указать) для выбора базовой точки. После щелчка по этой кнопке диалоговое окно временно закрывается, и пользователь имеет возможность указать базовую точку на изображении блока;
- в поле ***Description*** (Пояснение) ввести текстовые пояснения для облегчения идентификации и поиска блока в дальнейшем;
- кнопка ***Hyperlink*** позволяет включить в описание создаваемого объекта гиперсвязь.



Рис. 38.

Для создания автономных блоков применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК), которая вызывается через командную строку: ***WBLOCK*** (***W***). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Write Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 38, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном чертеже.

Выполнить упражнение № 41 (для выполнения упражнения создайте чертёж, показанный в данном упражнении).

Создать локальный блок	***№ 41***
Block Падающее меню ***Draw*** → ***Block*** → ***Make*** В диалоговом окне ***Block Definition*** в поле Name: ввести произвольное имя создаваемого блока, например, BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***Pick point***. Specify insertion base point: указать точку A Щелкнуть мышью по кнопке ***Select objects*** Select objects: выбрать весь объект рамкой. Select objects: <ENTER> Щелкнуть мышью по кнопке OK.	
	

14.2. ВСТАВКА БЛОКА

– Команда ***Insert*** (Вставить) – служит для вставки ранее созданного блока или чертежа из файла в текущий чертёж. Вызывается из падающего меню ***Insert*** (Вставить) → ***Block*** (Блок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Insert*** (Вставить) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Insert*** (Вставить), представленное на рис. 39.

Раскрывающийся список ***Name:*** (Имя:) позволяет выбрать для вставки в текущий чертёж существующий локальный блок. Чтобы вставить в текущий чертёж автономный блок,

нужно нажать кнопку ***Browse***, а затем выбрать необходимый файл. Информационное поле ***Path*** содержит путь к отобранному файлу автономного блока. Флажок ***Explode*** (Взорвать) разрешает системе при вставке блока расчленить его на исходные данные.

Диалоговое окно ***Insert*** (Вставить) содержит три основные панели.

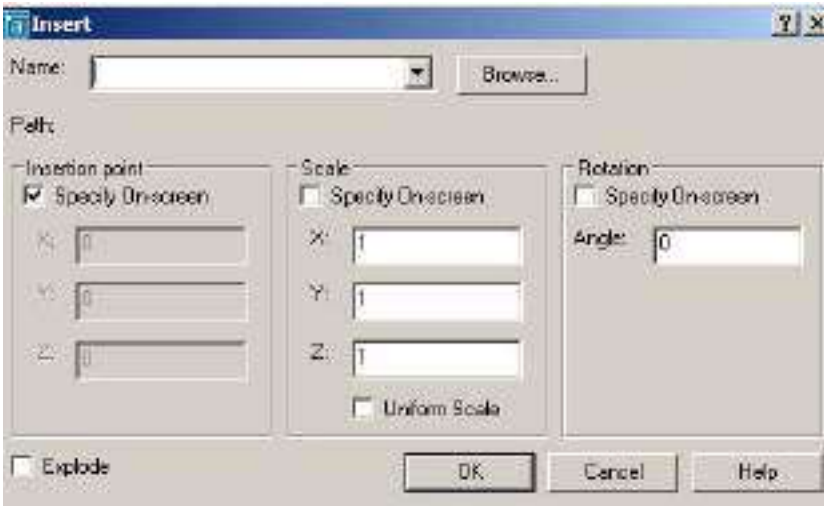


Рис. 39.

1. Панель ***Insertion point*** позволяет выбрать способ задания координат точки вставки блока (точки, с которой будет совмещена базовая точка, созданная при формировании блока): указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения координат точки вставки блока в текущей системе координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает указать нужную точку на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и пользователь имеет возможность указать точку вставки блока на чертеже.

2. Панель ***Scale*** (Масштаб) позволяет выбрать способ задания коэффициентов масштабирования при вставке блока: указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения масштабирования при вставке блока по осям координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать значения коэффициентов масштабирования на чертеже.

Флажок ***Uniform Scale*** устанавливает по осям координат одинаковые значения коэффициентов масштабирования.

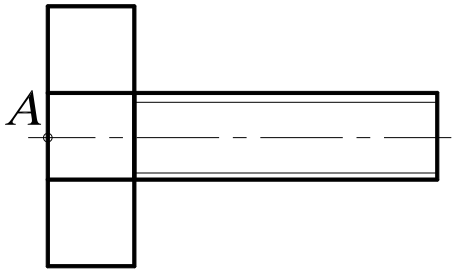
3. Панель ***Rotation*** позволяет выбрать способ задания при вставке блока угла поворота относительно номинального его положения: указание на чертеже или ввод числового значения. Панель содержит кнопку-переключатель и поле ввода числового значения угла поворота. Поле ввода ***Angle*** позволяют задать числовые значения угла поворота при вставке блока. Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать числовые значения угла поворота на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и дальнейший диалог осуществляется в командной строке. Выполнить упражнение № 42.

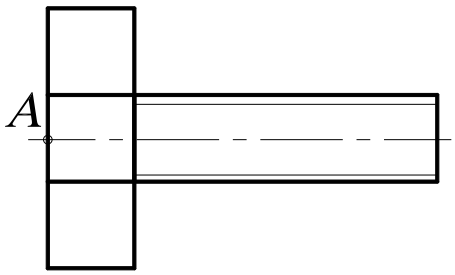

– Команда ***Explode*** (Взорвать) – расчленяет блок, размер, штриховку на отдельные составляющие объекты. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) или щелчком мыши по пиктограмме ***Explode*** (Взорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

При вставке блока в чертёж ***AutoCAD*** обрабатывает его как графический примитив, то есть единый объект, который нельзя изменять. Для обеспечения работы с отдельными составляющими блока его необходимо разбить или «взорвать». Это можно сделать и в момент вставки блока в чертёж, установив в диалоговом окне ***Insert*** (Вставить) флажок ***Explode*** (Взорвать).

Команда ***Explode*** (Взорвать) используется для расчленения объектов, созданных командой ***Region*** (Область) (см. далее в разделе «Создание замкнутых объектов»).

Выполнить упражнение № 43.

Вставить блок в чертёж	***№ 42***
 ***Insert*** Падающее меню ***Insert*** → ***Block*** В диалоговом окне ***Insert*** в поле Name: ввести имя вызываемого блока, которое можно указать из раскрывающегося списка, например: BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***OK*** Specify insertion point or [Scale/X/Y/Z/Rotate/PScale/PX/PY/PZ/PRotate]: указать точку вставки блока	
	

Взорвать (расчленить) блок	***№ 43***
 ***Explode*** Падающее меню ***Modify*** → ***Explode*** Select objects: указать блок в любой точке контура, например, точка А Select objects: <ENTER>	
	

15. СОЗДАНИЕ ЗАМКНУТЫХ ОБЪЕКТОВ

Для построения некоторых объектов, например трёхмерных объектов методом выдавливания или вращения, могут быть использованы замкнутые полилинии либо области. Разница между этими двумя типами объектов состоит в том, что объект *полилиния* представляет собой именно замкнутую линию, а объект *область* – часть плоскости, ограниченную замкнутой линией. Поэтому последний объект может характеризоваться массогабаритными параметрами вроде веса, положения центра тяжести, площади и т. д.

Массогабаритные параметры области вычисляются с помощью команды MASSPROP, которая запускается из меню ***Tools*** (Инструменты)→ ***Inquiry*** (Запрос).

Если исходный контур состоит из нескольких объектов (отрезков, дуг, эллиптических дуг и т. п.), его можно превратить в единый объект, используя команду ***Region*** (Область).



– Команда ***Region*** (Область) – создаёт замкнутую область из набора существующих объектов – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Region*** (Область) или щелчком мыши по пиктограмме ***Region*** (Область) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

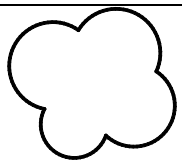
Выполнить упражнение № 44. Для выполнения этого упражнения вначале создайте произвольный объект, состоящий из нескольких элементов, например, из четырёх дуг, контур которых является замкнутым.

Создать замкнутую область	*№ 44*

Region Падающее меню ***Draw*** → ***Region***

Select objects: Specify opposite corner: 4 found выбрать графическим курсором все четыре дуги с помощью предполагаемой рамки, растягивая по диагонали.
Select objects: <ENTER>
Щелкните мышью на контур – создан единый объект

Разбейте данный объект на составляющие его четыре дуги с помощью команды *Explode*.



16. ШТРИХОВКА

– Команда ***Hatch*** (Штриховка) – выполнение штриховки замкнутой области – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Hatch*** (Штриховка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hatch*** (Штриховка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***Hatch*** (Штриховка) позволяет штриховать область, ограниченную замкнутой линией, как путём указания любой точки внутри контура, так и путём выбора объектов. Эта команда автоматически определяет контур и игнорирует любые целые примитивы и их составляющие, которые не являются частью контура. Текущим значением по умолчанию (в угловых скобках) может быть или имя одного из образцов штриховки, или по желанию пользователя (User). В первом случае в ответ на запрос системы необходимо указать имя одного из образцов, а во втором случае пользователь сообщает системе о намерении создать свой несложный топ штриховки, для чего отвечает символом ***U***.

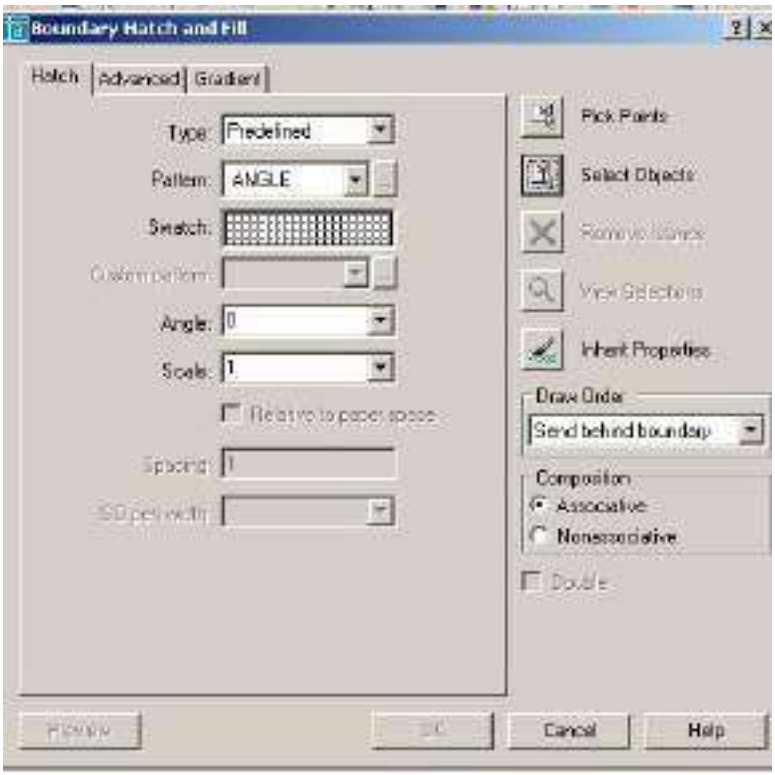


Рис. 40.

Обращение к команде ***Hatch*** (Штриховка) загружается диалоговое окно ***Boundary Hatch and Fill*** (Штриховка по контуру и заполнение), представленное на рис. 40.

1. Вкладка ***Hatch*** (Штриховка) позволяет выбирать образцы штриховки, которые имеются в области ***Pattern:*** (Образец:). Можно пользоваться как раскрывающимся списком, так и диалоговым окном ***Hatch Pattern Palette*** (Палитра образцов штриховки), содержащим пиктограммы с графическими образцами различных штриховок (рис. 41). Для выбора образца штриховки достаточно указать его изображение.

Для использования стандартных образцов штриховок необходимо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать

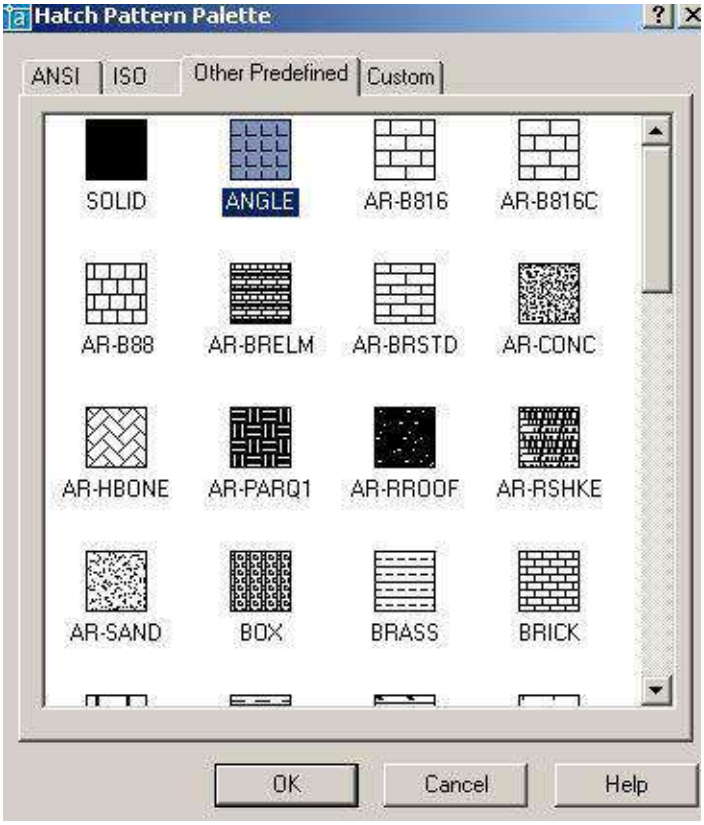


Рис. 41.

Predefined (Стандартный). Текстовые поля ***Scale:*** (Масштаб:) и ***Angle:*** (Угол:) позволяют задать масштабный коэффициент и угол наклона для выбранного образца штриховки.

Чтобы создать свой образец штриховки, надо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать ***User defined*** (**Пользовательский**). При использовании типа штриховки ***Custom*** (По типу линии) следует задать угол наклона в поле ***Angle:*** (Угол:), расстояние между линиями штриховки в поле ***Spacing:*** (Интервал:), если необходимо включить флажок ***Double*** (Крест-накрест) для вычерчивания дополнительных линий под углом 90^0 к основным линиям штриховки.

Для автоматического определения контура штриховки необходимо указать кнопку ***Pick Points*** (Указание точек). Это возможно в том случае, если на чертеже создана замкнутая область.

При определении нескольких контуров штриховки необходимо выбрать несколько внутренних точек, после чего нажать клавишу Enter. Если ***AutoCAD*** определяет, что контур не замкнут или что точка находится вне контура, на экране появляется сообщение об ошибке в диалоговом окне ***Boundary Definition Error*** (Ошибка определения контура).

Для выбора объектов в качестве контура штриховки любым из стандартных способов выбора необходимо указать кнопку ***Select objects*** (Выбор объектов).

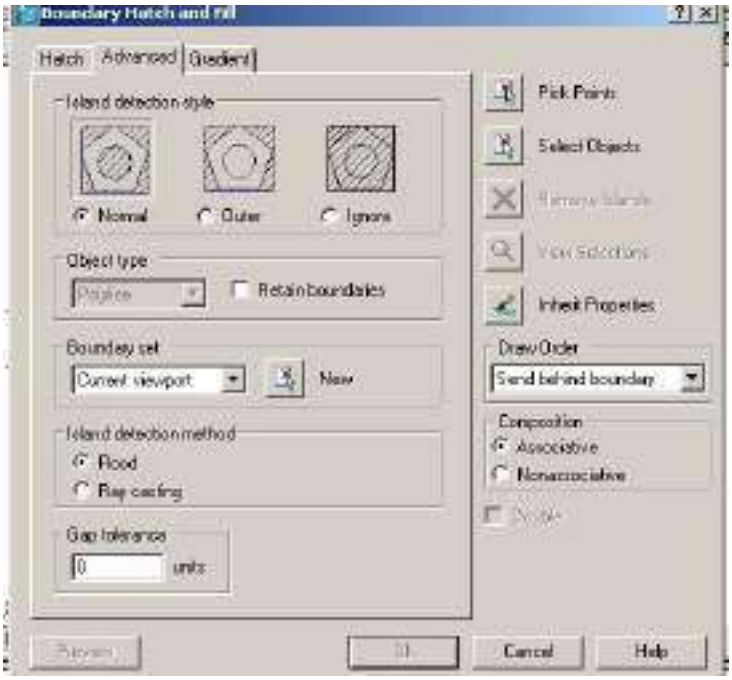


Рис. 42.

2. Вкладка ***Advanced*** (рис. 42) обеспечивает настройку параметров штриховки и содержит четыре панели.

Панель ***Island Direction Style*** содержит три кнопки выбора.

- ***Normal*** – устанавливает стиль штриховки, при котором режим штриховки изменяется при пересечении внутренних границ (используется по умолчанию).
- ***Outer*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка только внешней замкнутой области.
- ***Ignore*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка всей области внутри контура (внутренние границы игнорируются).

Панель ***Object Type*** содержит раскрывающийся список, который позволяет указать, в каком виде сохранять границу штриховки: как полилинию или как область. Кроме того, в этом поле размещена кнопка-переключатель ***Retain Boundaries*** – разрешает режим сохранения границ штриховки.

Панель ***Boundary Set*** – содержит раскрывающийся список, который определяет набор объектов для штрихуемой области.

Панель ***Island Direction Method*** – управляет методом поиска границ внутри выделенной области и содержит две кнопки выбора.

- ***Float*** – включать изолированные участки как граничные объекты.
- ***Ray Casting*** – исключать изолированные участки.

3. Вкладка ***Gradient*** позволяет заполнять замкнутые области градиентной заливкой. При этом можно выбирать угол заливки, количество цветов, центрировать.

Выполнить упражнения № 45, 46. Для выполнения упражнений сначала создайте замкнутую область, показанную слева в этих упражнениях.

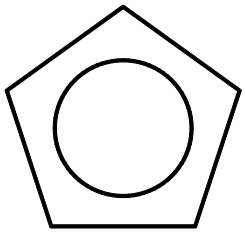
Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 45***

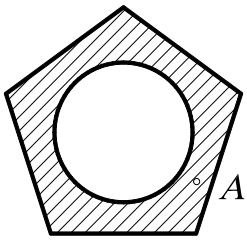


Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку  .
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку ANSI.
В закладке ANSI выбрать шаблон ANSI31.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать 

, указать точку A внутри контура, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.





Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 46***

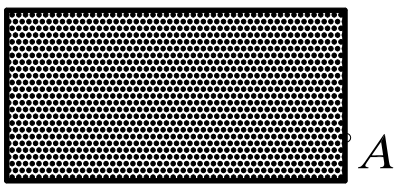


Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку  .
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку Other Predefined.
В закладке Other Predefined выбрать шаблон DOTS.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать 

, указать точку A на контуре, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.





17. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Snap*
(Объектная привязка)

Объектная привязка (***Osnap***), панель которой показана на рис. 43, позволяет строить новые точки на чертеже, привязываясь к характерным точкам существующих объектов или относительно них, без необходимости знания её координат, а также для построения вспомогательных линий.

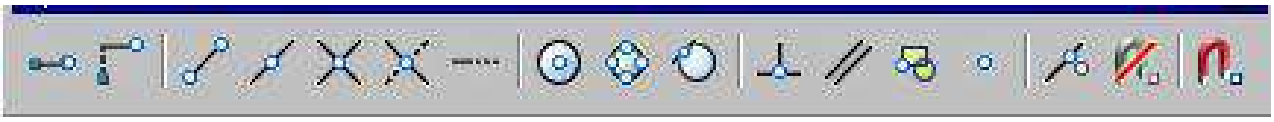


Рис. 43.

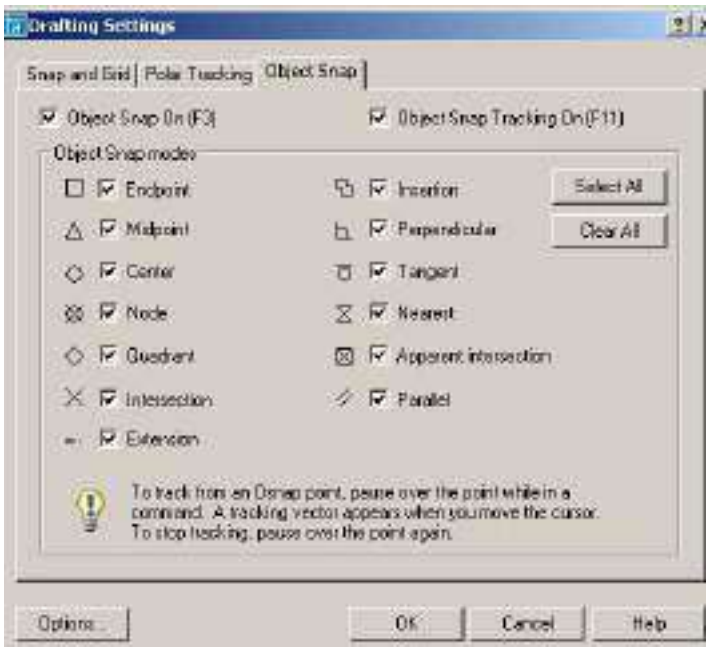
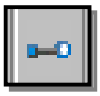


Рис. 44.

Перед применением этого способа необходимо настроить и включить режим ***Osnap***. Настройка осуществляется в диалоговом окне режимов черчения ***Drafting Settings*** (Настройки эскиза) выпадающего меню ***Tools*** (Инструменты), которое также может быть вызвано на экран командой ***OSNAP*** или нажатием правой кнопки мыши при указании на индикатор режима в строке состояния (рис. 44). В системе предусмотрена возможность временного отключения постоянного режима ***Osnap***, для чего достаточно щелкнуть на индикаторе ***Osnap*** в строке состояния.

Для одноразового использования какого-либо инструмента из набора объектных привязок в процессе выполнения команды используют контекстное меню, которое вызывают, удерживая клавишу ***SHIFT*** и нажимая правую кнопку мыши при нахождении графического курсора в рабочей зоне окна ***AutoCAD***.

Инструменты режима объектной привязки перечислены ниже:



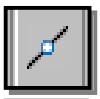
– ***Temporary Tracking Point*** (Точка отслеживания) – привязка к временной линии, проведённой через выбранную точку параллельно одной из осей координат;



– ***Snap From*** (Смещение) – привязка к точке, находящейся на заданном расстоянии от указанной точки (сначала выбирают любую точку, а затем вводят с клавиатуры расстояние или координаты точки, к которой нужна привязка);



– ***Snap to Endpoint*** (Привязка к конечной точке) – привязка к конечной точке линии, дуги, границы области, трёхмерного тела;



– ***Snap to Midpoint*** (Привязка к средней точке) – привязка к средним точкам объектов (отрезков, дуг и т. п.);



– ***Snap to Intersection*** (Привязка к пересечению) – привязка к точке пересечения двух объектов;



– ***Snap to Apparent Intersection*** (Привязка к предполагаемому пересечению) – привязка к воображаемой или предполагаемой точке пересечения линий или границ областей;



– ***Snap to Extension*** (Привязка к продолжению) - привязка к точке, лежащей на продолжении линии или дуги;



– ***Snap to Center*** (Привязка к центру) – привязка к центру окружности, дуги или эллипса (необходимо указывать на линию дуги или окружности или эллипса, а не на их центр);



– ***Snap to Quadrant*** (Привязка к квадранту) – привязка к ближайшему квадранту (точке, расположенной под углом 0^0, 90^0, 180^0 или 270^0 от центра) дуги, окружности или эллипса;



– ***Snap to Tangent*** (Привязка к касательной) – привязка к точке на дуге, окружности, эллипсе или сплайне, которая при соединении с последней точкой образует касательную к выбранному объекту;



– ***Snap to Perpendicular*** (Привязка к перпендикуляру) – привязка к точке на линии, окружности, эллипсе, сплайне или дуге, которая при соединении с последней точкой образует нормаль к выбранному объекту;



– ***Snap to Parallel*** (Привязка к параллели) – привязка объектов к точке на линии, которая при соединении с последней точкой образует линию, параллельную выбранному отрезку;



– ***Snap to Insert*** (Привязка к точке вставки) – привязка к точке вставки блока, формы, текста;



– ***Snap to Node*** (Привязка к узлу) – привязка к точке, сформированной командой ***Point*** (Точка);



– ***Snap to Nearest*** (Привязка к ближайшей) – привязка к произвольной точке примитива (на линии, дуге, окружности и др.), являющейся ближайшей к позиции перекрестия графического курсора;



– ***None*** (Ничего) – этот режим отменяет на одну команду все текущие режимы объектных привязок;



– ***Object Snap Sitting*** (Установка объектных привязок) – установка режима объектной привязки.

Выполнить упражнения № 47, 48, 49, 50 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Построить касательные к окружностям ***№ 47***

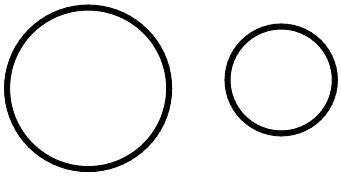


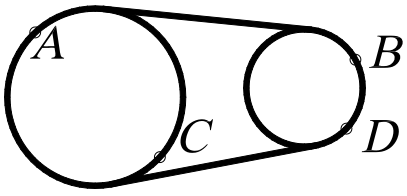
Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: объектная привязка tangent  указать A (или C)

Specify next point or [Undo]: объектная привязка tangent  указать B (или D)

Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





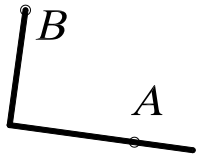
Восстановить перпендикуляр к концу отрезка	*№ 48*



Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: объектная привязка perpendicular  указать A
Specify next point or [Undo]: указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





Привязка к точке предполагаемого пересечения примитивов	*№ 49*

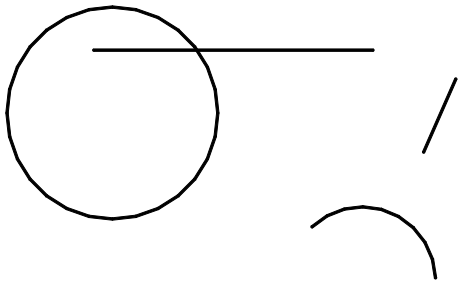


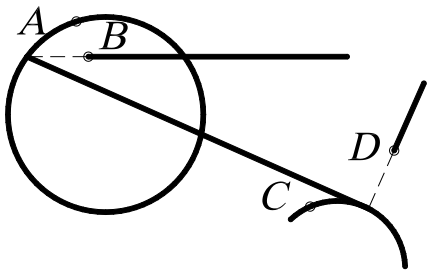
Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка Apparent Intersection  указать A, B

Specify next point or [Undo]: об. привязка Apparent Intersection  указать C, D

Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





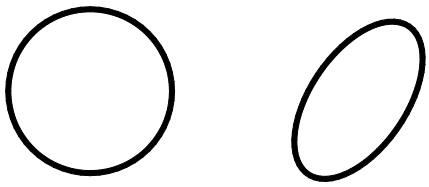
Привязка к центру окружности и эллипсу	*№ 50*

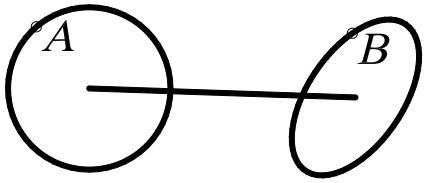


Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка  Center указать A

Specify next point or [Undo]: об. привязка  Center указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





18. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Modify*
(Изменить или редактировать)

Ни один чертёж не удается выполнить без корректировки. Вносить изменения в чертёж приходится по различным причинам. Некоторые процедуры редактирования являются частью процесса построения чертежа, например, копирование объекта вместо его повторного вычерчивания. Другие операции приводят к изменению большого количества объектов, на-

пример перенос целого фрагмента чертежа, если необходимо освободить место в графическом поле для новых объектов. Часто возникает потребность в удалении каких-то фрагментов, переносе повороте или изменении масштаба. Каждой из этих операций в наборе команд ***AutoCAD*** соответствует отдельная команда или набор команд, которые вызываются с помощью панели инструментов ***Modify*** (рис. 45) или с помощью падающего меню ***Modify*** (Редактировать).

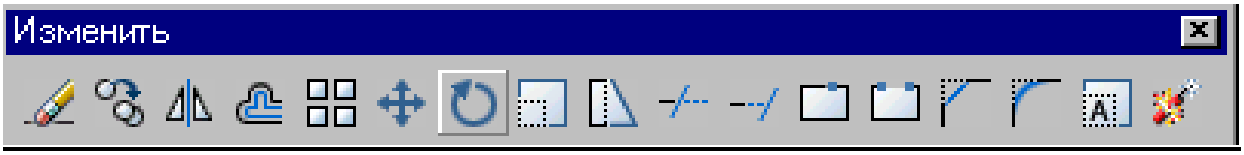


Рис. 45.

Для выполнения команд редактирования необходимо вначале выбрать эти объекты. Выбранная группа объектов называется *набором*, который состоит из одного или нескольких объектов. Набор объектов можно создавать как до, так и после вызова команды редактирования. Как только вызвана одна из команд редактирования, ***AutoCAD*** предлагает выбрать объекты. В командной строке появляется запрос ***Select objects:*** (Выберите объекты:). При этом перекрестье курсора заменяется прицелом выбора. Выбирать объекты можно с помощью предполагаемой рамки, с помощью курсора и др. Далее рассматриваются команды и примеры выполнения редактирования объектов. В примерах сначала создайте примитивы, показанные на рисунках слева, а затем редактируйте эти объекты.

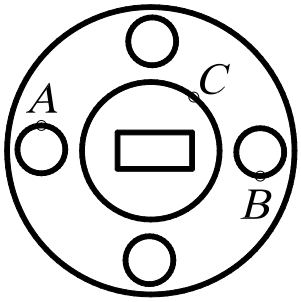
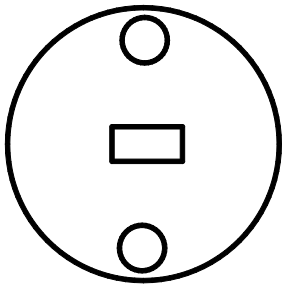
18.1. УДАЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



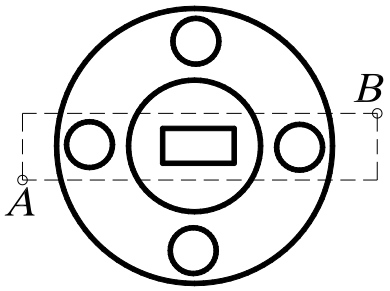
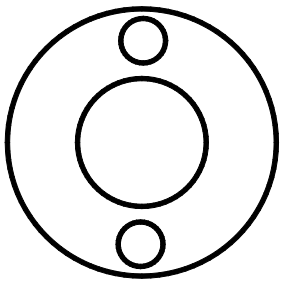
– Команда ***Erase*** (Стереть) – удаляет графический примитив и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Erase*** (Стереть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Erase*** (Стереть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

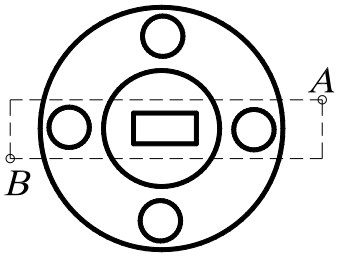
Для восстановления удаленных объектов последней командой ***Erase*** (Стереть) используется команда ***OOPS*** (Ой), название которой переводится на русский язык как «ой» и может пригодиться чересчур «активным» пользователям.

Выполнить упражнения № 51-53 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Удалить набор примитивов, используя точечный выбор	***№ 51***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать курсором объект A Select objects: указать курсором объект B Select objects: указать курсором объект C Select objects: <ENTER> *OOPS* - восстановить последний удаленный объект C.	
	

Выбор геометрических объектов может производиться с помощью рамки. Если указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении слева направо, то выбираются объекты, которые полностью попали в рамку. Если же указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении справа налево, то секущая рамка выбирает все объекты, которые находятся внутри или пересекают контур рамки.

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 52***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 53***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

18.2. КОПИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Copy*** (Копировать) – копирует выбранные объекты и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Copy*** (Копировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Copy*** (Копировать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Команда позволяет создавать множество копий одного или нескольких объектов. При её применении последний запрос требует указания точки смещения (или расстояния) относительно базовой точки. После получения нужного числа копий в ответ на запрос нажать клавишу Enter.

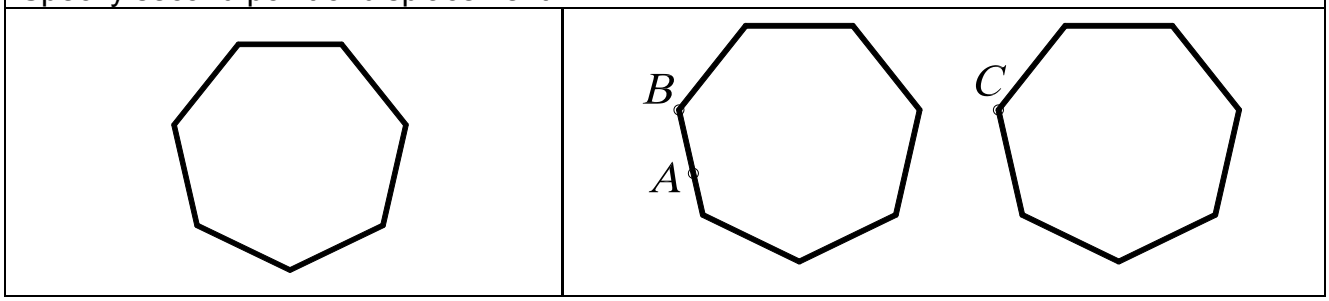
Выполнить упражнение № 54.

Скопировать объект	*№ 54*



Copy Падающее меню ***Modify*** → ***Copy***

Select objects: указать A
Select objects: ENTER
Specify base point or displacement: указать базовую точку B с использованием любой объектной привязки
Specify second point of displacement or
<use first point as displacement>: указать новое положение объекта – точку C
(или задавая расстояние BC с указанием направления курсора)
Specify second point of displacement: <ENTER>



18.3. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Mirror*** (Зеркало) – зеркально отображает выбранный объект или набор объектов, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Mirror*** (Зеркало) или щелчком мыши по пиктограмме ***Mirror*** (Зеркало) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Замечания:

1. Ось симметрии (отрезок, положение которого определяется первой и второй точками) может проходить под любым углом к горизонтальной линии.
2. Ось симметрии может быть предполагаемым отрезком, то есть не обязательно его вычерчивать.
3. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) рекомендуется в строке состояния установить режим ***Orto***, так как в большинстве случаев оси симметрии ортогональны.
4. При зеркальном отображении участков чертежа, содержащего текст, последний становится трудночитаемым. Чтобы устранить данный недостаток, необходимо предварительно установить значение системной переменной MIRRTEXT равным нулю (то есть в командной строке написать слово MIRRTEXT и затем в следующей строке на запрос Enter new value for MIRRTEXT <0>: установить значение 0).
5. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) можно исходные объекты (оригиналы) сохранять или удалять. При этом на запрос команды Delete source objects? [Yes/No] <N>: указать Yes.

Выполнить упражнение № 55.

Зеркально отобразить объект	*№ 55*



Mirror Падающее меню ***Modify*** → ***Mirror***

Select objects: выбрать объекты, показанные на рисунке толстыми линиями

Select objects: ENTER

Specify first point of mirror line: указать точку A,

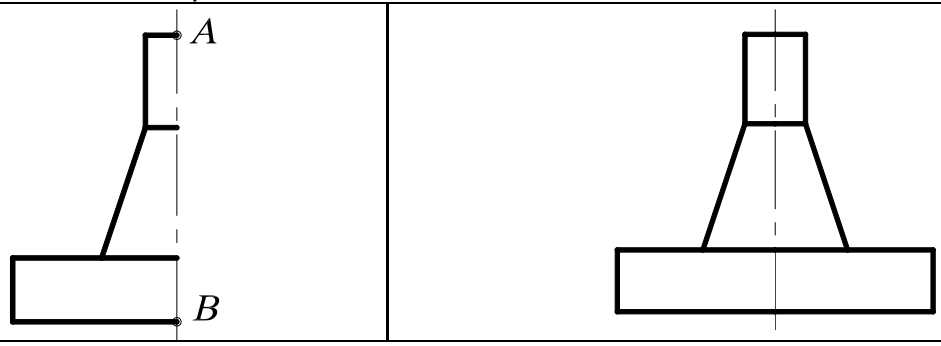
используя любой удобный режим об. привязки

Specify second point of mirror line: указать точку B,

используя любой удобный режим об. привязки

Delete source objects? [Yes/No] <N>: <ENTER>

Если на последний запрос команды ответить Y, то исходный объект не сохранится.



18.4. ПОСТРОЕНИЕ ПОДОБНЫХ ПРИМИТИВОВ



– Команда ***Offset*** (Подобие) – строит примитив, подобный другому графическому примитиву (строит эквидистантные линии); вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Offset*** (Подобие) или щелчком мыши по пиктограмме ***Offset*** (Подобие) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). Новый, подобный примитив проходит через заданную точку на чертеже или на заданном расстоянии от исходного.

Первый запрос системы в ответ на команду Specify offset distance or [Through] <Through>: (Задайте величину постоянного смещения каждого объекта или…<значение по умолчанию>)

Если выбрать режим Through, то подобный объект будет построен проходящим через заданную впоследствии точку на чертеже.

Если выбрать режим Offset, то системе необходимо указать величину смещения (ввести числовое значение с помощью клавиатуры) и позицию относительно примитива-оригинала. Подобный элемент будет построен на заданном смещении от оригинала и в нужную сторону от него. По умолчанию система всегда предлагает тот режим использования данной команды, который был применен в предыдущий раз.

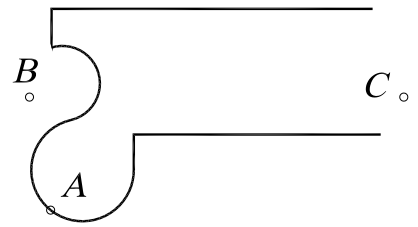
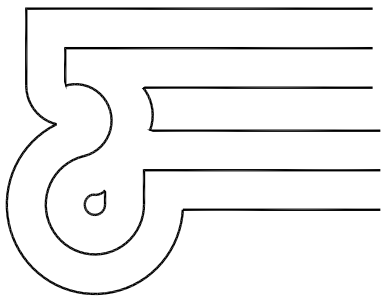
Замечания:

1. Для использования с командой ***Offset*** (Подобие) можно выбирать дуги, окружности, эллипсы, отрезки, лучи, прямые полилинии, сплайны, при этом указанные примитивы трансформируются следующим образом:
   - дуга – новая дуга имеет центральный угол и точку центра исходной дуги, однако длина дуги изменяется;
   - окружность, эллипс – новые объекты имеют центр исходных объектов, однако их радиусы изменяются;
   - отрезки, лучи, прямые – новые объекты являются дубликатами исходных;
   - полилинии – конечные точки новой полилинии размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим точкам исходной полилинии, в результате чего изменяются длины линейных и дуговых сегментов новой полилинии;

- сплайн – конечные точки нового сплайна размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим конечным точкам исходного сплайна, в результате чего изменяются длина и форма нового сплайна.

2. Для создания подобных объектов можно одновременно выбирать только один объект, причем разрешен только явный выбор.
3. Нельзя трансформировать объекты, находящиеся в плоскости, не параллельной текущей ПСК.

Выполнить упражнение № 56.

Построить эквидистанту полилинии	***№ 56***
Offset Падающее меню ***Modify*** → ***Offset*** Specify offset distance or [Through] <Through>: 10 величина смещения Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку B (сторону смещения) Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку C (сторону смещения) Select object to offset or <exit>:<ENTER>	
	

18.5. РАЗМНОЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ МАССИВОМ

Команда ***Array*** (Массив) – тиражирует изображение графического примитива или их группы в заданной прямоугольной или круговой структуре, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Array*** (Массив) или щелчком мыши по пиктограмме ***Array*** (Массив) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

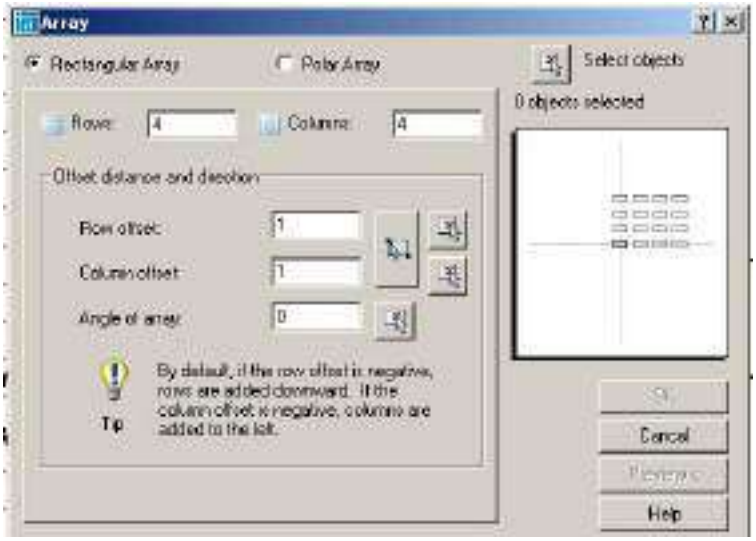


Рис. 46.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Array*** (рис. 46). Окно содержит две кнопки выбора, информационное поле, панель и кнопку.

- Кнопка выбора ***Rectangular Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде прямоугольного массива.
- Кнопка выбора ***Polar Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде кругового массива.
- Кнопка ***Select Object*** позволяет перейти в режим указания объектов, массив из которых необходимо создать.
- Информационное поле отображает вид создаваемого массива.

Панель служит для ввода параметров массива. В зависимости от выбора пользователя ***Rectangular Array*** или ***Polar Array*** состав компонентов панели изменяется. В режиме создания массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты.

- Поле ввода ***Rows*** служит для задания числа строк прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Columns*** служит для задания числа столбцов прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Rows offset*** служит для задания расстояния между строками массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Column offset*** служит для задания расстояния между столбцами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle of array*** служит для задания угла наклона осей, вдоль которых строится массив. Поле снабжено контекстным меню.
- Кнопка ***Pick Both Offset*** позволяет задать расстояния между строками и столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки. При этом расстояние между строками равно разности координат указанных точек вдоль оси ***x***, а расстояние между столбцами – разности координат указанных точек вдоль оси ***y***.
- Кнопка ***Pick Row Offset*** позволяет задать расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Column Offset*** позволяет задать расстояния между столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Angle of Array*** позволяет задать угол наклона осей массива, расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.

В режиме создания полярного массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты (рис. 47).

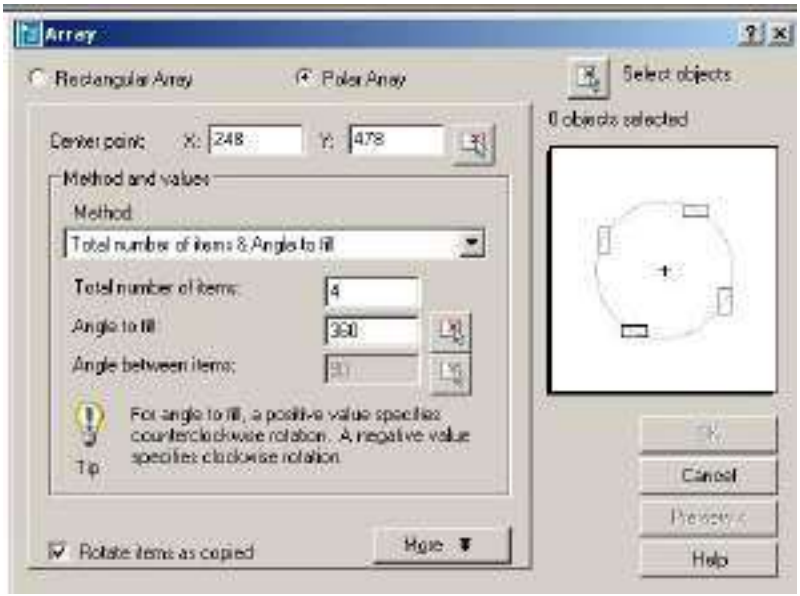


Рис. 47.

- Поля ***Center X:***, ***Y:*** служат для задания координат центра массива. Поля снабжены контекстным меню.
- Кнопка ***Center Pick Point*** позволяет задать центр массива, указав на графическом поле произвольную точку (можно использовать объектную привязку).

- Раскрывающийся список ***Method*** позволяет выбрать режим создания полярного массива:

  -***Total number of items & Angle to fill*** – создание массива с определённым числом элементов, равномерно распределённых в пределах заданного угла;

  -***Total number of items & Angle between items*** - создание массива с определенным числом элементов и заданным угловым шагом;

  -***Angle to fill & Angle between items*** – создание массива элементов, расположенных в пределах определённого угла с заданным угловым шагом.
- Поле ввода ***Total number of items*** служит для задания общего числа элементов массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle to fill*** служит для задания угла, в пределах которого размещаются элементы массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle between items*** служит для задания углового шага между элементами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Флажок ***Rotate items as copie***d разрешает режим, при котором объекты создаваемого массива поворачиваются на соответствующий угол.
- Кнопка ***More*** открывает дополнительную панель ***Object base point***, позволяющую задать положение базовой точки объекта (точки, расстояние до которой от центра массива остается постоянным).

Панель ***Object base point*** содержит следующие компоненты.

- Флажок ***Set to object's default*** разрешает использовать режим определения базовой точки, принятой для данного объекта по умолчанию:

  -точка центра для окружностей и эллипсов;

  -первый угол для многоугольников и прямоугольников;

  -начальная точка для линий, полилиний, сплайнов и лучей;

  -точка вставки для блоков и текста;

  -средняя точка для конструкционных линий.
- Поля ввода ***Base point X:***, ***Y:*** служат для задания координат базовой точки объекта, которая отличается от принятой по умолчанию.
- Кнопка ***Pick Base Point*** позволяет задать базовую точку объекта, указав на графическом поле произвольную точку.

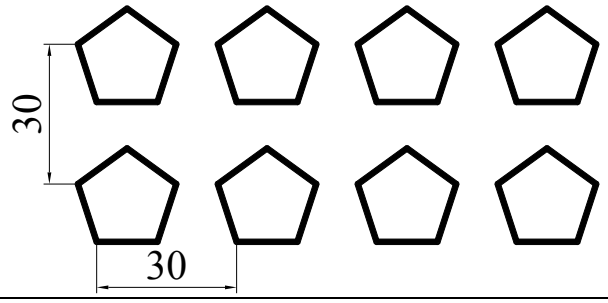
После задания всех необходимых параметров и выбора кнопки ***OK*** система производит построение массива элементов и завершает работу с командой. Кнопка ***Preview*** позволяет предварительный просмотр построенного массива, изображение которого можно редактировать или согласиться с тем, которое построено, нажав кнопку ***OK***.

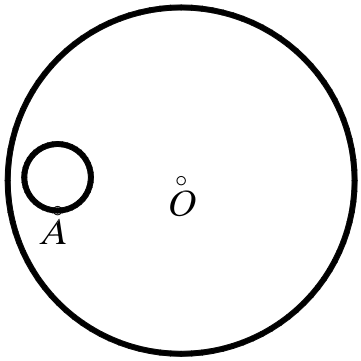
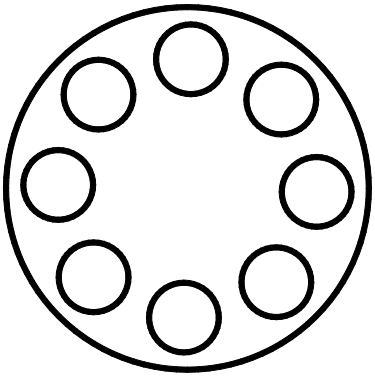
Замечания:

1. Команда позволяет выбрать объекты как после ее задания, так и до ее задания.
2. Каждый элемент массива можно редактировать независимо от других элементов.
3. Прямоугольные массивы выравниваются по осям ***X*** и ***Y*** текущей системы координат.

Для многих пользователей системы ***AutoCAD*** привычнее и удобнее работа с командной строкой. В этом случае команда ***Array*** (Массив) вводится с префиксом ***–ARRAY*** или ***(-AR)***.

Выполнить упражнение № 57, 58 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнений).

Размножить объект прямоугольным массивом	***№ 57***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY*** или ***-AR*** Select objects: выбрать объект (пятиугольник) Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: Enter выбрать прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 количество строк Enter the number of columns (|||) <1> 4 количество столбцов Enter the distance between rows or specify unit cell (---): 30 расстояние между строками Specify the distance between columns (|||): 30 расстояние между столбцами	
	

Размножить объект круговым массивом	***№ 58***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY (-AR)*** Select objects: выбрать объект A Select objects:Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: P круговой режим Specify center point of array or [Base]: указать центр окружности O Enter the number of items in the array: 8 количество элементов Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>:360 или Enter угол заполнения элементами массива Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: <ENTER>	
	

Параметры ввода массива в диалоговое окно для упражнения № 57 показаны на рис. 48, а для упражнения № 58 – на рис. 49.

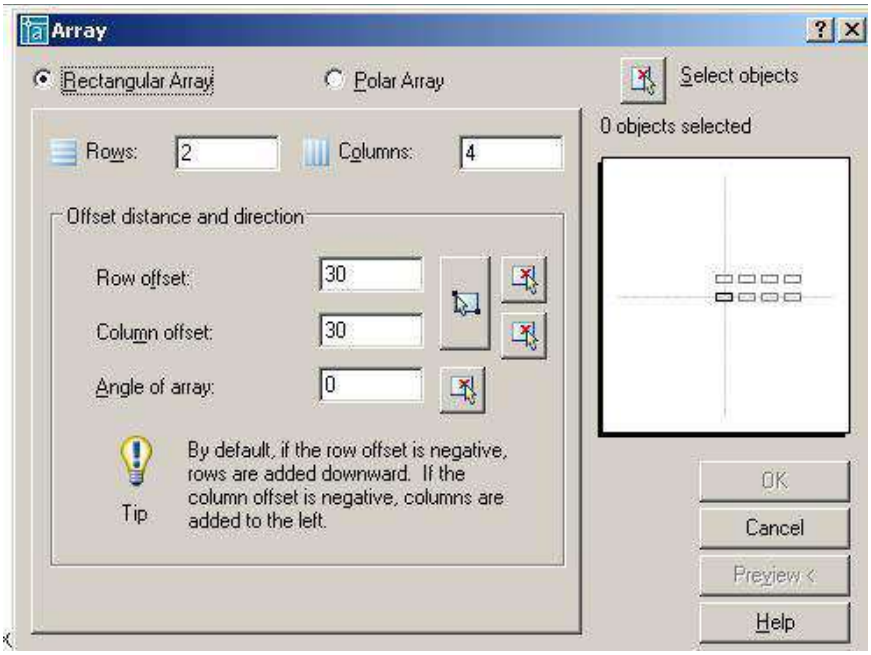


Рис. 48.

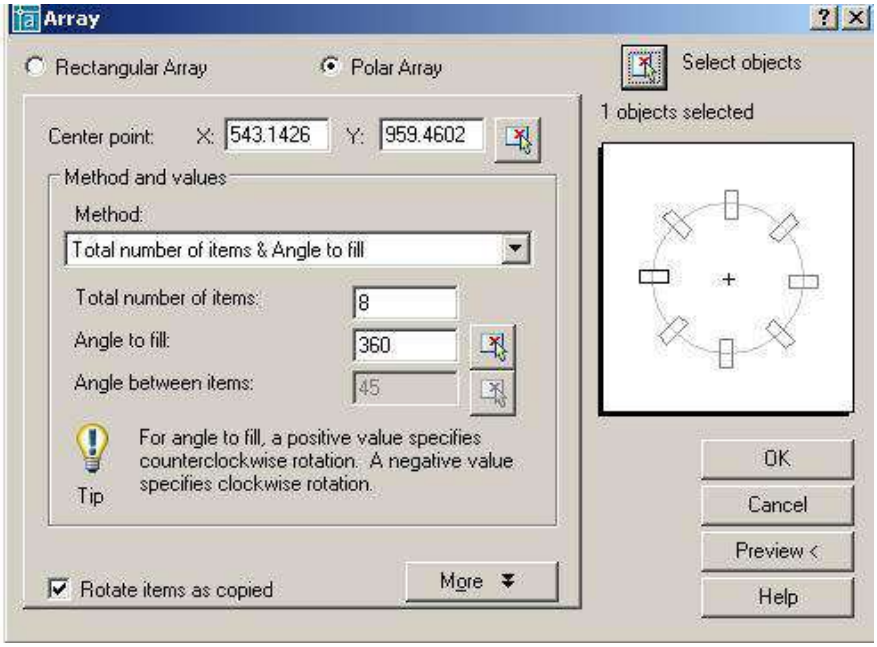


Рис. 49.

18.6. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



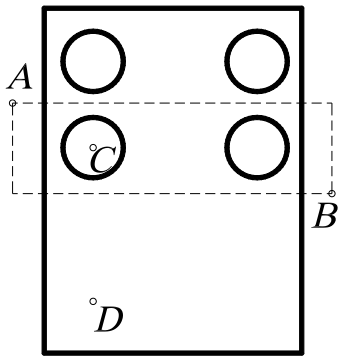
- Команда ***Move*** (Перемещение) – перемещает выбранные объекты, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Move*** (Перемещение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Move*** (Перемещение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

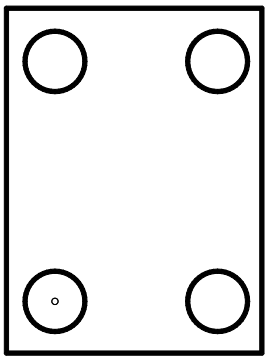
Выполнить упражнение № 59.

Переместить окружности	*№ 59*

Move Падающее меню ***Modify*** → ***Move***

Select objects: указать A
Specify opposite corner: указать B
Select objects: Enter
Specify base point or displacement: указать окружность в точке C с объектной привязкой Center
Specify second point of displacement or
<use first point as displacement>: указать точку D с объектной привязкой Node





18.7. ПОВОРОТ ОБЪЕКТОВ

- Команда ***Rotate*** (Повернуть) – поворачивает выбранные объекты вокруг указанной точки на заданный угол; вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Rotate*** (Повернуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rotate*** (Повернуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). По умолчанию отсчет значений углов ведется от положительного направления оси ***x***. Против часовой стрелки – положительное значение угла, по часовой стрелке – отрицательное.

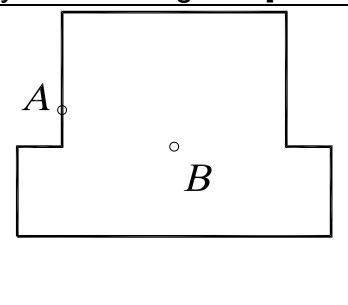
Опция команды ***Reference*** (Опорный угол) используется, если необходимо повернуть объект относительно существующего угла. Для автоматического определения угла нужно указать на примитиве две точки с помощью объектной привязки.

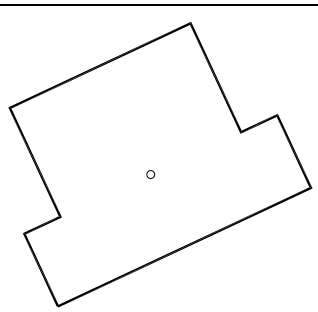
Выполнить упражнения № 60, 61.

Повернуть объект	*№ 60*

Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0
Select objects: указать объект A
Select objects: Enter
Specify base point: указать центр поворота – базовую точку B с объектной привязкой Node
Specify rotation angle or [Reference]: 25 угол поворота





Повернуть объект со ссылкой на известный угол	*№ 61*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

Select objects: указать объект A

Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота точку B с объектной привязкой Intersection

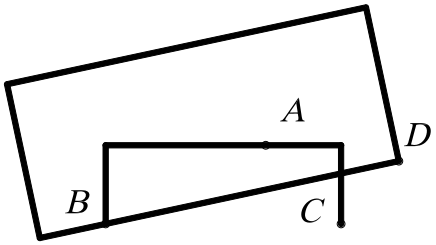


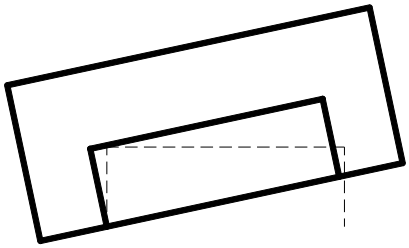
Specify rotation angle or [Reference]: R режим ссылки

Specify the reference angle <0>: указать точку B с объектной привязкой

Specify second point: указать точку C с объектной привязкой

Specify the new angle: указать точку D с объектной привязкой.





18.8. МАСШТАБИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Scale*** (Масштаб) – пропорционально изменяет размеры объекта относительно заданной точки, умножая их на заданный коэффициент масштаба, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Scale*** (Масштаб) или щелчком мыши по пиктограмме ***Scale*** (Масштаб) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

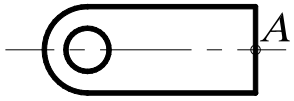
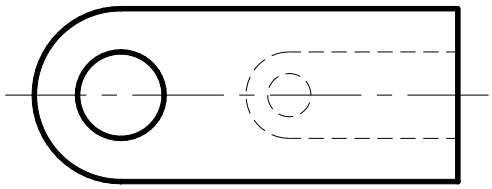
При масштабировании объектов масштабные коэффициенты по осям ***x*** и ***y*** одинаковы. Таким образом, можно делать объект больше или меньше, но нельзя изменять соотношение его размеров по этим осям. Масштабирование выполняется путем указания базовой точки и новой длины объекта, из которой выводится масштабный коэффициент для текущих единиц, или путем явного ввода коэффициента. Кроме того, коэффициент может определяться путем указания текущей длины и новой длины объекта.

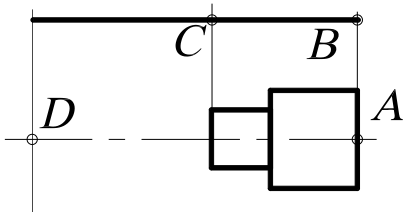
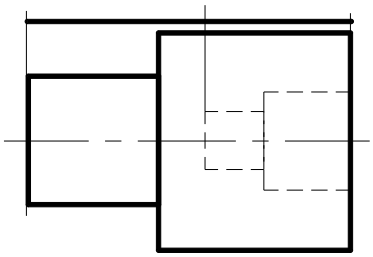
Опция ***Reference*** (Опорный отрезок) используется для определения коэффициента масштабирования с применением существующих объектов.

Одна из наиболее эффективных возможностей использования ***Reference*** (Опорный отрезок) – изменение масштаба всего рисунка. Если окажется, что выбранные единицы рисунка не соответствуют заданным требованиям, то для выбора всех объектов на рисунке (например, рамкой) можно сначала воспользоваться командой ***Scale*** (Масштаб), затем использовать опцию ***Reference*** (Опорный отрезок), указать два конца объекта, требуемая длина которого известна, и ввести эту длину. В результате масштаб всех объектов на рисунке пропорционально изменится соответствующим образом. Для автоматического определения исходной длины нужно указать на объекте с помощью объектной привязки две точки.

При использовании команды ***Scale*** (Масштаб) базовая точка не меняет своего положения при изменении размеров объекта.

Выполнить упражнения № 62, 63.

Масштабировать объект	*№ 62*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: 2 коэффициент	
	

Масштабировать объект со ссылкой на заданную длину	*№ 63*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект любым способом Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: R ссылка Specify reference length <1>: указать точку B Specify second point: указать точку C Specify new length: указать точку D	
	

18.9. РАСТЯГИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

 – Команда ***Stretch*** (Растянуть) – обеспечивает растягивание или сжатие объекта, не разрывая его, за счёт перемещения отдельных его частей, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Stretch*** (Растянуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Stretch*** (Растянуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

После запуска команды необходимо выбрать объекты. Выбор объектов осуществляется секущей рамкой, которая получается при движении курсора справа налево. При выполнении команды все объекты, которые попали внутрь секущей рамки, переносятся на одно и то же расстояние, а те, которые не попали, остаются на месте.

Под действие команды ***Stretch*** (Растянуть) попадают следующие типы объектов: отрезки, полилинии, дуги, лучи, сплайны, эллиптические дуги, размеры. Объекты – круг, текст, блок – растягивать нельзя.

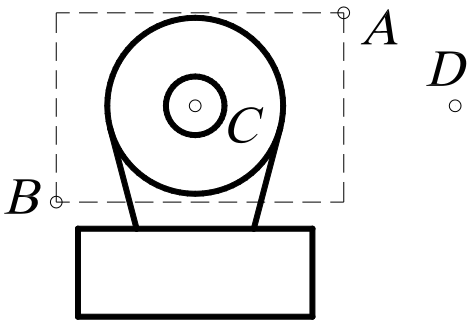
Выполнить упражнение № 64.

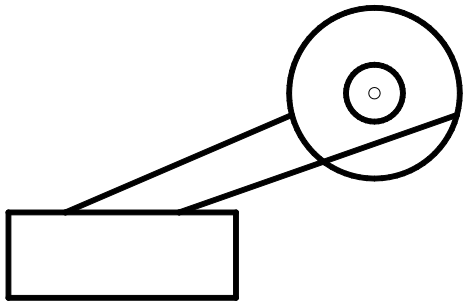
Растянуть объект со смещением вправо	*№ 64*



Stretch Падающее меню ***Modify*** → ***Stretch***

Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon...
Select objects: выбрать объекты секущей рамкой
(растягивая её справа налево), указать точку A
Specify opposite corner: указать точку B
Select objects: Enter
Specify base point or displacement: указать точку C (применяя об. привязку к центру)
Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: указать точку D





18.10. ПОДРЕЗАНИЕ ОБЪЕКТОВ



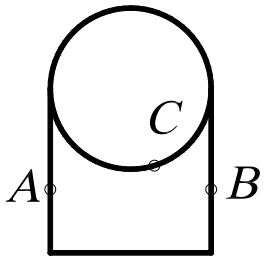
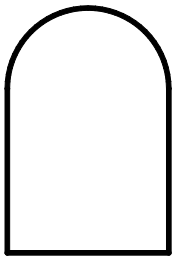
– Команда ***Trim*** (Обрезать) – удаляет часть графического объекта, обрезая его по заданной режущей кромке, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Trim*** (Обрезать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Trim*** (Обрезать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Прежде чем удалить лишние фрагменты – подрезать объект, необходимо определить *режущую кромку*. Режущей кромкой могут служить отрезки, дуги, окружности, двумерные полилинии, эллипсы, сплайны, прямые, лучи. Можно выбирать несколько режущих кромок и подрезать несколько объектов одновременно. В пространстве листа режущими кромками могут быть границы видовых экранов. После определения объектов, которые будут использованы в качестве режущих кромок, выбираются объекты для подрезания. При этом перечисляются следующие опции команды.

- ***Select object to trim*** (Выберите объекты для подрезания). Эта опция предлагается по умолчанию. Нужно выбрать любым известным способом те объекты, которые нужно откорректировать, при этом каждый объект должен быть указан с того конца, который нужно удалить.
- ***Project*** (Проекция). Эта опция определяет режим отсечения объектов по пересечению проекции объектов с границей в трехмерном пространстве:
  - ***None*** (Никакой) – режущая кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать корректируемый объект;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – режущая кромка и подрезаемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение режущей кромки до воображаемого пересечения с корректируемым объектом;

- ***No Extend*** (Не удлинять) – отсечение объектов по границе, с которой они имеют пересечение.

Выполнить упражнение № 65.

Отсечь часть окружности	***№ 65***
Trim Падающее меню ***Modify*** → ***Trim*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select cutting edges ... Select objects: указать режущую кромку, выбрав объекты A и B Select objects: Enter Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: указать объект C Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

18.11. УДЛИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

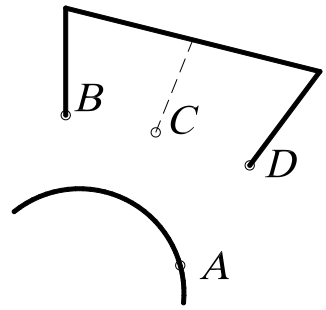
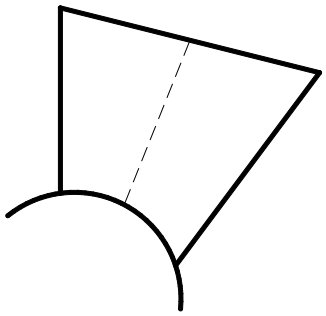
 – Команда ***Extend*** (Удлинить) – удлиняет объекты до пересечения с указанной линией, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Extend*** (Удлинить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extend*** (Удлинить) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Методика выполнения удлинения объектов мало отличается от подрезания. Разница только в том, что вместо режущей кромки задается *граничная кромка*. Удлинять командой ***Extend*** (Удлинить) можно отрезки, незамкнутые полилинии, дуги, лучи, эллиптические дуги. Граничными кромками могут служить отрезки, дуги, двумерные полилинии. Удлиняемые объекты выбираются, если указать на ту часть, которая должна удлиняться. Объекты нельзя выбирать рамкой.

В процессе выполнения команды ***Extend*** (Удлинить)используются те же приглашения, что и для ***Trim*** (Обрезать). Первое приглашение ***Select boundary edges*** касается выбора объектов, которые будут использованы в качестве граничной кромки. Для задания способа интерпретации граничных кромок предлагается использовать такие же опции, как и при выполнении подрезания.

- ***Project*** (Проекция). Эта опция позволяет определить, каким образом ***AutoCAD*** будет проектировать граничную кромку при выполнении операции на трехмерной модели:
  - ***None*** (Никакой) – граничная кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать продолжение корректируемого объекта;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – граничная кромка и удлиняемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение объекта до воображаемой продолженной границы;
  - ***No Extend*** (Не удлинять) – удлинение объектов до границы без её удлинения.

Выполнить упражнение № 66.

Удлинить отрезки до границы дуги	***№ 66***
Extend Падающее меню ***Modify*** → ***Extend*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select boundary edges ... Select objects: указать граничную кромку, выбрав объект A Select objects: Enter Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку B Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку C Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать тоску D Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

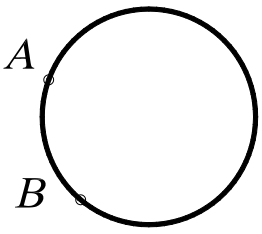
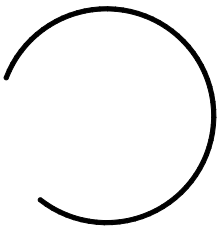
Если задано несколько граничных кромок, то объект удлиняется до тех пор, пока не достигнет первой граничной кромки. Этот объект можно выбрать вновь, чтобы удлинить его до следующей граничной кромки.

18.12. РАЗБИЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ЧАСТИ

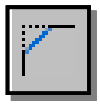
– Команда ***Break*** (Разорвать) – осуществляет разрыв отрезка, полилинии, дуги, окружности, эллипса, сплайна, прямой. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Break*** (Разорвать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Break*** (Разорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Для разбиения объекта на части можно выбрать объект в первой точке разрыва, а затем указать вторую точку разрыва.

Выполнить упражнение № 67.

Расчленить и удалить часть окружности	***№ 67***
Break Падающее меню ***Modify*** → ***Break*** Select object: указать точку разрыва A Specify second break point or [First point]: указать точку разрыва B	
	

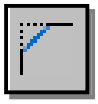
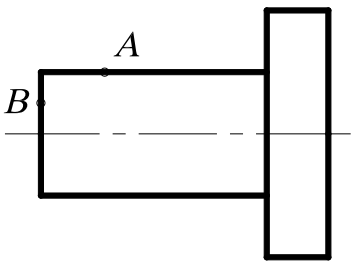
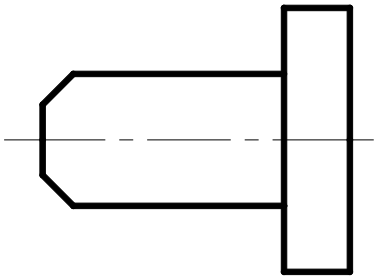
18.13. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК

 – Команда ***Chamfer*** (Фаска) – снимает фаску с угла, образованного полилинией, лучами или пересечением двух отрезков. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Эта команда может использоваться и для редактирования трехмерных тел. Если создается фаска, она определяется либо двумя катетами, либо одним катетом и углом фаски по отношению к одной из кромок.

Процесс создания фаски состоит из двух шагов. Сначала задаются параметры фаски. Это могут быть либо два катета, либо один катет и угол фаски. После ввода значений ***AutoCAD*** завершит команду ***Chamfer*** (Фаска). После этого нужно снова запустить эту команду и выбрать два отрезка, представляющие кромки, между которыми создается фаска. ***AutoCAD*** создаст фаску, используя полученную на предыдущем этапе информацию.

Выполнить упражнения № 68.

Построить фаски объекта	***№ 68***
 ***Chamfer*** Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 0.0000, Dist2 = 0.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: D режим задания фаски по двум катетам Specify first chamfer distance <0.0000>: 7 длина одного катета Specify second chamfer distance <7.0000>: Enter <по умолчанию> длина второго катета Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать отрезок A Select second line: указать отрезок B Аналогично построить фаску с другой стороны.	
	

Ниже описаны опции команды ***Chamfer*** (Фаска).

- ***Select first line*** (Выберите первую кромку). Указать первую из двух кромок. В плоских чертежах ею является линия, а в трехмерных моделях – ребро тела. После этого последует приглашение выбрать вторую кромку.
- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, на всех углах между последовательными сегментами будет вычерчена линия фаски. Построенные вдоль полилинии фаски становятся её новыми сегментами, даже если их длина равна нулю. Пример нанесения фасок на полилинию будет представлен ниже.
- ***Distance*** (Катет). Эта опция используется для формирования фаски по значениям длин двух катетов. В этом случае задается сначала длина одного катета, а затем другого.
- ***Angle*** (Угол). Позволяет задать длину одного катета и угла скоса между фаской и линией кромки.

- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до снятия фаски. Если нужно обрезать, то первая линия отсекает на величину первого расстояния, вторая – на величину второго. Если расстояние равно 0, то происходит подгонка в одну точку. По умолчанию соединяемые фаской объекты обрезаются.
- ***Method*** (Метод) – позволяет выбрать один из методов задания размеров фасок: либо двумя расстояниями, либо расстоянием и углом.

Выполнить упражнения № 69.

Вычертить фаски на углах сегментов полилинии ***№ 69***

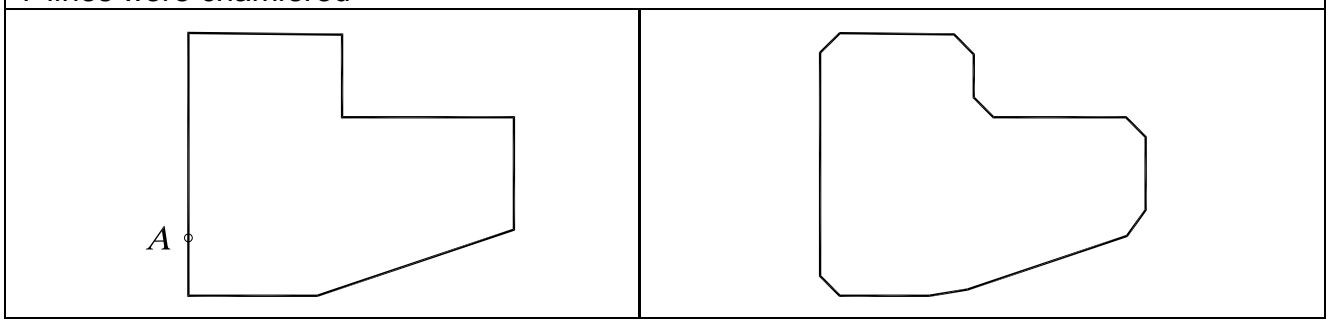
Chamfer Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer***

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 5.0000, Dist2 = 5.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: P режим полилинии

Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A)

7 lines were chamfered



18.14. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ УГЛОВ



– Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

С помощью этой команды можно сопрягать объекты следующих типов: линия, полилиния, луч, конструкционная линия, которые на чертеже имеют вид прямых, причем сопрягаемые линии, которых могут быть и параллельными. Допускается сопрягать и криволинейные объекты типов дуга, окружность и эллипс.

Процесс сопряжения состоит из двух этапов. Сначала определяется радиус сопрягающей дуги. В качестве такового используется радиус последнего выполненного сопряжения. Если необходимо переназначить величину радиуса, выбирают опцию ***Radius*** и вводят новое значение. Затем выбирают два сопрягаемых отрезка. ***AutoCAD*** выполнит сопряжение отрезков в соответствии с имеющейся информацией.

Команда имеет четыре основанные опции.

- ***Select first object*** (выберите первый объект). Эта опция позволяет указать первый объект сопряжения, если выполняется редактирование плоских объектов, либо трёхмерное ребро, если выполняется плавное сопряжение на трёхмерной модели. После выбора первого объекта сопряжения выбирается второе. При работе с трехмерными моделями можно выбрать несколько ребер, которые будут сглажены поверхностью одного радиуса. В этом случае имеется еще три опции:

  - ***Select an edge*** (Выберите ребро). Эта опция позволяет выбрать дополнительно рабра трехмерной модели до тех пор, пока не будет нажата клавиша ***Enter***.

- ***Chain*** (Цепочка). Эта опция позволяет указать непрерывную последовательность ребер на одной грани, которые будут одинаково сглажены.
-***Radius*** (Радиус) – задание радиуса.

- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, все углы между последовательными сегментами будут сопряжены дугами одного радиуса.
- ***Radius*** (Радиус). Эта опция позволяет задать значение радиуса. Изменение радиуса действует только на выполняемые после этого сопряжения, оставляя неизменными существующие.
- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до выполнения сопряжения. По умолчанию сопрягаемые объекты обрезаются.

Выполнить упражнения № 70 - 72.

Построить сопряжение отрезков ***№ 70***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

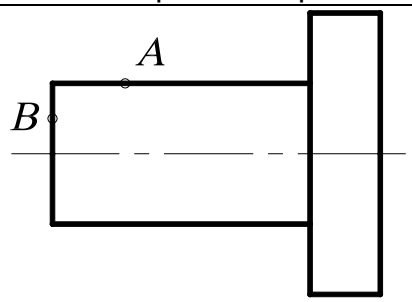
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

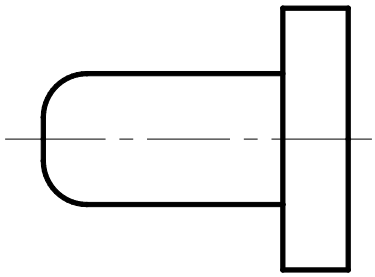
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать на отрезок в точке A

Select second object: указать на отрезок в точке B

Аналогично построить второе сопряжение.





Построить сопряжения на углах сегментов полилинии ***№ 71***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

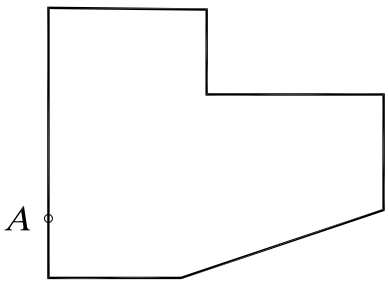
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

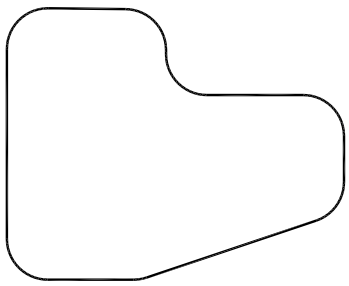
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: P режим полилинии

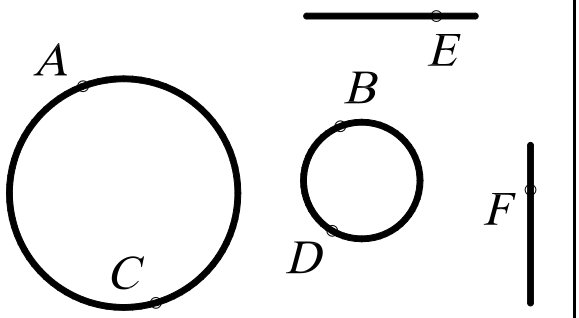
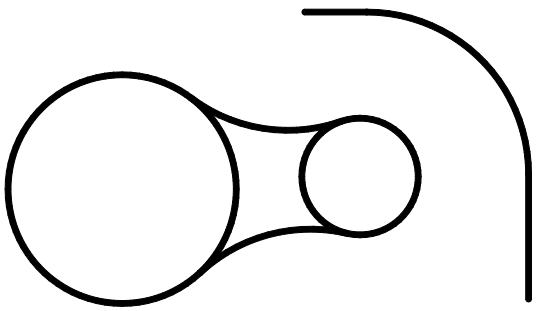
Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A)

7 lines were filleted





Замечание. Если два отрезка параллельны, то между их концами вычерчивается полукруг, при этом радиус сопряжения автоматически устанавливается равным половине расстояния между отрезками.

Построить сопряжения заданных объектов	***№ 72***
Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet*** Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса Specify fillet radius <10.0000>: 30 радиус скругления Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку A (или C) Select second object: указать точку B (или D) FILLET Current settings: Mode = TRIM, Radius = 30.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку E Select second object: указать точку F.	
	

Замечание. Если радиус сопряжения задан нулевым, то система просто соединяет два непараллельных отрезка.

19. РЕДАКТИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ МАРКЕРОВ GRIPS («РУЧКИ»)

При выделении объекта на поле чертежа на нем появляются маркеры ***Grips*** (Ручки) – характерные точки объекта (маленькие синие квадраты), обычно определяемые с помощью режима объектной привязки. Использование ручек позволяет минимизировать обращения к меню. Редактирование при включенном режиме ручек выполняется с помощью графического курсора.

Средство редактирования объектов ***Grips*** объединяет наиболее часто используемые команды редактирования: ***Stretch*** (Растянуть), ***Move*** (Перемещение), ***Rotate*** (Повернуть), ***Scale*** (Масштаб), ***Mirror*** (Зеркало). По умолчанию вначале активизируется команда ***Stretch*** (Растянуть).

Первое действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

Выбирают объекты, воспользовавшись средствами выбора объектов до ввода команды: предполагаемой рамкой или явным указанием объектов. Система отметит маркеры ***Grips*** выбранных объектов маленькими синими квадратами. Если какой-либо объект выбран ошибочно, нажимают клавишу ***Shift*** и дважды щелкают на этом объекте мышью, чтобы отменить выбор и маркеры. Если весь набор выбран неудачно, нажимают дважды клавишу ***Esc***.

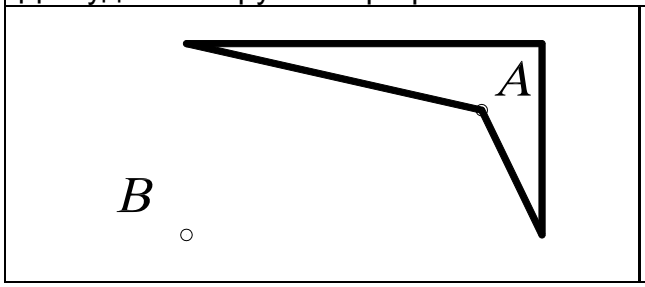
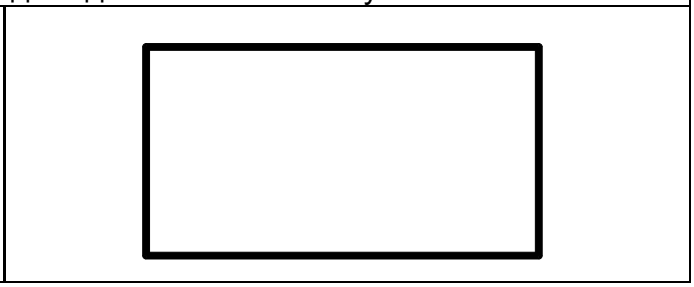
Второе действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

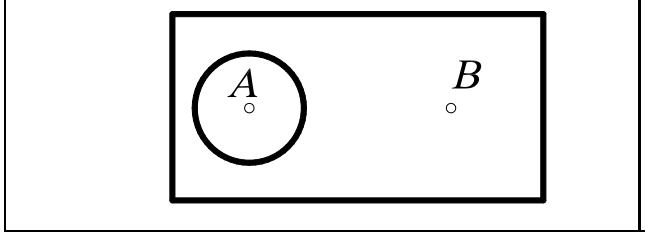
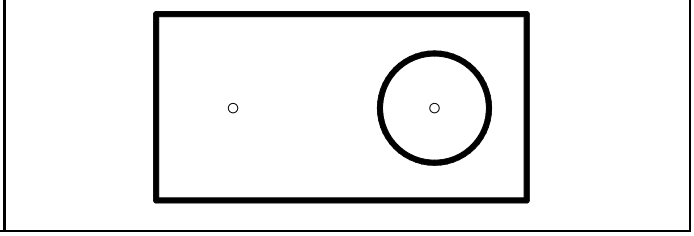
Активизируют режим редактирования, явно указав графическим курсором один из маркеров ***Grips***. Система отметит активный маркер ***Grips*** маленьким красным квадратом. Чтобы вернуть этот маркер в первоначальное состояние, щелкают на нем мышью. Если не-

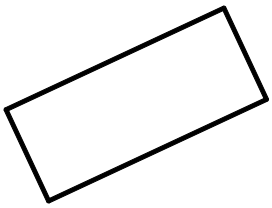
обходимо активизировать несколько маркеров ***Grips***, то в ходе их набора нажимают и удерживают клавишу ***Shift***. После отпускания клавиши ***Shift*** следует выбрать из набора активных маркеров ***Grips*** один, который будет рассматриваться системой как базовый. Если какой-либо маркер ***Grips*** из набора выбран ошибочно, то для его отмены нужно щелкнуть на нем мышью, удерживая нажатой клавишу ***Shift***. Точка, соответствующая выбранному маркеру ***Grips***, рассматривается системой в качестве базовой. После выбора маркера по умолчанию запускается команда ***Stretch*** (Растянуть).

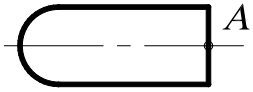
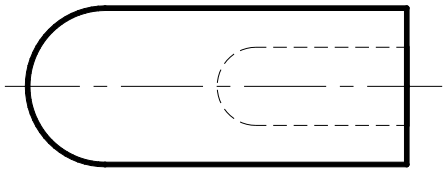
Для выбора остальных команд режима можно воспользоваться контекстным меню, вызываемым при нажатии правой кнопки мыши, последовательным нажатием клавиши ***Enter*** или непосредственным вводом с клавиатуры в командную строку начальной буквы команды.

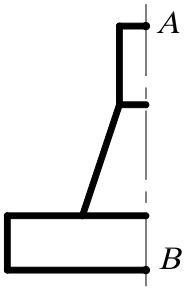
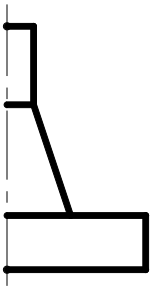
Выполнить упражнения № 73 – 77 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнения).

Растянуть объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 73***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать ту, за которую следует тянуть (точку А) ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение редактируемой вершины – точку В (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Переместить объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 74***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Мо или Enter режим перемещения ** MOVE ** Specify move point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение центра окружности – точку В (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Повернуть объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 75*
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую (центр поворота), например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Ro режим поворота ** ROTATE ** Specify rotation angle or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 25 угол Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Масштабировать объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 76*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Sc режим масштабирования ** SCALE ** Specify scale factor or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 2 коэффициент Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Зеркально отобразить объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 77*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mi режим симметрии ** MIRROR ** Specify second point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать точку В Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

20. ДИСПЕТЧЕР СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ



Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** – это единый инструмент, управляющий всеми объектами рисунка. В диалоговом окне ***Property*** (Свойства), представленном на рис. 150, возможен просмотр и изменение практически всех свойств рисунка. Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств) либо из падающего меню ***Modify*** (Редактировать)→ ***Properties*** (Свойства), либо щелчком мыши по пиктограмме ***Properties*** (Свойства) стандартной панели инструментов.

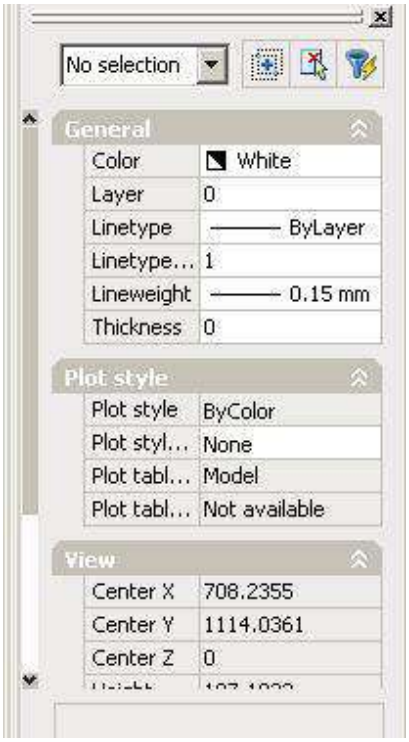


Рис. 150.

Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** позволяет выбирать объекты по их типу, предоставляя возможность редактировать свойства для каждого объекта. Если выбран один объект, отображается диалоговое окно со всеми доступными свойствами, характеризующими этот объект (слой, цвет, толщина линии, тип линии, высота текста и т. п.). При выборе нескольких объектов отображается окно с параметрами, которые характеризуют общие свойства этих объектов. Если не выбран ни один объект, диалоговое окно отображает общие характеристики чертежа.

Предусмотрены следующие способы изменения значений параметров:

- ввести новое значение параметра с помощью клавиатуры;
- явно указать новые координаты точки на экране монитора;
- выбрать новое значение параметра из раскрывающегося списка;
- выбрать новое значение параметра в диалоговом окне.

Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств), содержит две вкладки: раскрывающийся список выбранных объектов и три кнопки.

- Раскрывающийся список, расположенный в верхней части окна, содержит перечень выбранных объектов.
- Кнопка ***Toggle value of PICKADD Sysvar*** разрешает (на кнопке символ +) или запрещает (на кнопке символ 1) добавлять объекты в набор для редактирования.
- Кнопка ***Select Obje***ct позволяет явно указать объекты, свойства которых необходимо редактировать.
- Кнопка ***Quick Select*** открывает диалоговое окно с тем же именем, с помощью которого можно быстро выбрать объекты для редактирования.

При редактировании свойств объектов происходит их динамическое обновление.

21. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Dimension* *(Измерение)*

В ***AutoCAD*** используются размеры, которые можно разделить на три основные группы – линейные, радиальные и угловые. Линейные размеры делятся на горизонтальные, вертикальные, параллельные, повернутые, координатные, базовые и размерные цепи. Изображение размера: все линии, стрелки, дуги и элементы текста, составляющие размер, будут рас-

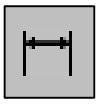
сматриваться как один размерный примитив. Команды простановки размеров находятся в падающем меню ***Dimension*** (Размеры) или на одноименной панели инструментов (рис. 151).



Рис. 151.

21.1. ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ

AutoCAD позволяет проставлять линейные размеры, отличающиеся углом, под которым проводится размерная линия.



– Команда ***Dimliner*** (Размер линейный) – позволяет создавать горизонтальный, вертикальный или повернутый размеры. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Linear*** (Линейный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Linear Dimension*** (Линейный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Используется для определения размеров отрезков прямых линий и прямолинейных сегментов полилиний или блоков; команду можно применить для нанесения линейного размера окружности или дуги.

Для выбора точек начала выносных линий рекомендуется пользоваться режимами объектной привязки.

Опции команды ***Dimliner*** (Размер линейный):

- ***Mtext*** (Многострочный текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора многострочного текста. Можно полностью изменить текст или сохранить измеренное значение с помощью угловых скобок < > и добавить, если необходимо, текст до и после скобок. Для определения диаметра окружности к размерному числу присоединяется символьная последовательность %%c, а для простановки угла в градусах - %%d.
- ***Text*** (Текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора однострочного текста.
- ***Angle***(Угол) – позволяет задать угол поворота размерного текста.
- ***Horizontal*** (Горизонтальный) – задает горизонтальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***x***.
- ***Vertical*** (Вертикальный) – задает вертикальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***y***.
- ***Rotated*** (Повернутый) – осуществляет поворот размерной и выносных линий, отмеряет расстояние между двумя точками вдоль заданного направления в текущей ПСК (пользовательской системы координат).

Выполнить упражнения № 78 - 80.

Проставить вертикальный размер ***№ 78***

Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

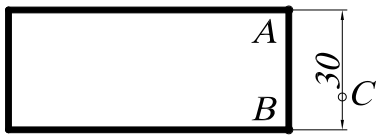
Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





Проставить горизонтальный размер
с изменением размерного текста ***№ 79***

Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: T режим однострочного текста

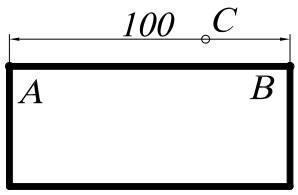
Enter dimension text <70>: 100 ввести новый размерный текст

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 70





Проставить повернутый размер ***№ 80***

Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

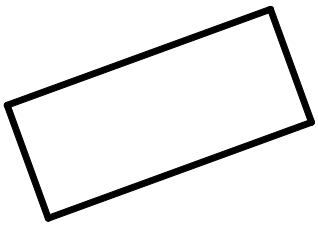
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: R режим повернутого размера

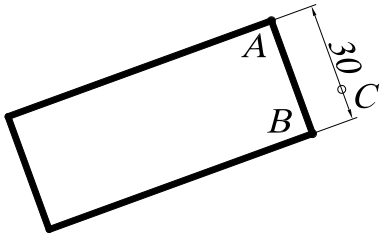
Specify angle of dimension line <0>: 20 угол поворота

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





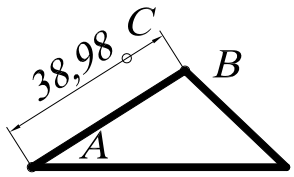
21.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



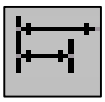
– Команда ***Dimaligned*** (Размер параллельный) – позволяет вычерчивать линейный размер, размерная линия которого параллельна отрезку, проведенному через начальные точки выносных линий. Создается подобно горизонтальным, вертикальным и повернутым размерам. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Aligned*** (Параллельный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Aligned Dimension*** (Параллельный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При автоматическом размещении выносных линий для окружности началом первой выносной линии будет точка, указанная при выборе окружности. После задания объекта пользователю предоставляется возможность выбора опций команды ***Mtext***, ***Text***, ***Angle***, позволяющих редактировать размерный текст.

Выполнить упражнение № 81.

Проставить параллельный размер	***№ 81***
 ***Dimaligned*** Падающее меню ***Dimension → Aligned*** Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A Specify second extension line origin: указать точку B Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 38.98	
	

21.3. БАЗОВЫЕ РАЗМЕРЫ



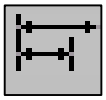
– Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) позволяет вычерчивать несколько размерных линий от одной выносной линии, которая принимается за базовую. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Basline*** (Базовый) или щелчком мыши по пиктограмме ***Basline Dimension*** (Базовый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Замечания:

1. Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) может применяться только после выполнения хотя бы одной из команд ***Dimliner*** (Размер линейный), ***Dimordinate*** (Размер координатный) или ***Dimangular*** (Размер угловой).
2. Базовой выносной линией является первая выносная линия предшествующей команды ***Dimbasline*** (Размер базовый).
3. Каждая новая размерная линия автоматически смещается относительно предыдущей на величину, задаваемую системной переменной DIMDLI (в командной строке с клавиатуры вводят DIMDLI и новую величину этой переменной: Enter new value for DIMDLI <6.0000>: 10). Длина базовой выносной линии при этом также увеличивается.

Выполнить упражнение № 82. Перед построением базового размера должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить базовые размеры	*№ 82*



Dimbaseline Падающее меню ***Dimension → Baseline***

Select base dimension: указать точку A

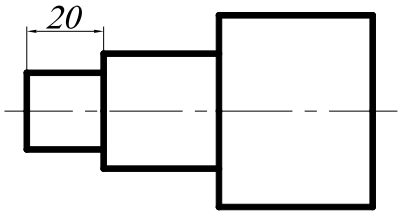
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

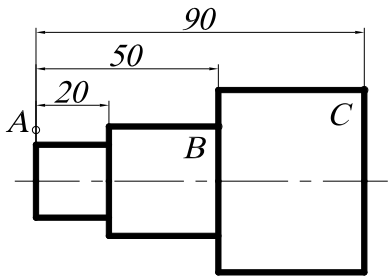
Dimension text = 50

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 90

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter





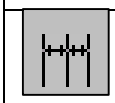
21.4. РАЗМЕРНАЯ ЦЕПЬ



– Команда ***Dimcontinue*** (Размерная цепь) позволяет вычерчивать цепочки размеров, используя вторую выносную линию предыдущего размера как первую выносную линию текущего размера. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Continue*** (Цепь) или щелчком мыши по пиктограмме ***Continue Dimension*** (Размерная цепь) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Выполнить упражнение № 83. Перед построением размерной цепи должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить размерную цепь	*№ 83*



Dimcontinue Падающее меню ***Dimension → Continue***

Select continued dimension: указать точку A

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

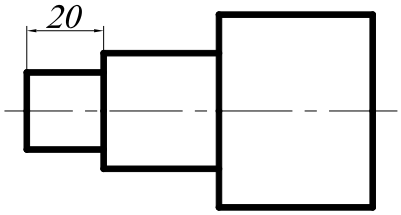
Dimension text = 30

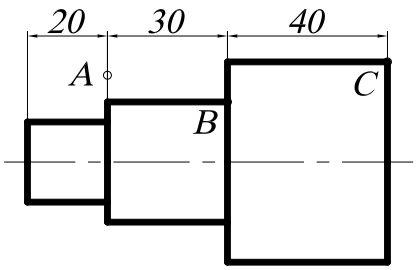
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 40

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter

Select continued dimension: Enter





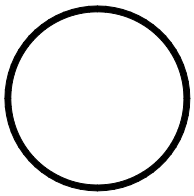
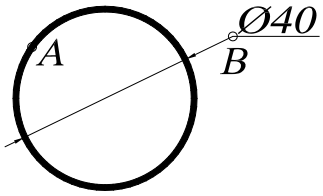
21.5. РАДИАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

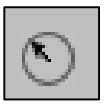


– Команда ***Dimdiameter*** (Размер диаметра) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера диаметров дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Diameter*** (Диаметр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Diameter*** (Диаметр) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При выполнении этой команды выносные линии не проводятся. Если размерный текст не изменялся, то по умолчанию размерному числу предшествует знак диаметра окружности. Нельзя изменить направление отрезка, который продолжает размерную линию диаметра за пределами окружности.

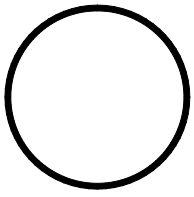
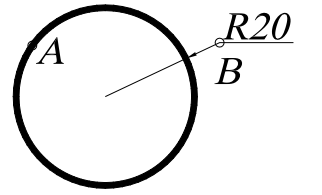
Выполнить упражнение № 84.

Проставить размер диаметра	***№ 84***
 ***Dimdiameter*** Падающее меню ***Dimension → Diameter*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 40 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	



– Команда ***Dimradius*** (Размер радиуса) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера радиуса дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Radius*** (Радиус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Radius*** (Радиус) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). При простановке радиуса текст по умолчанию начинается с символа ***R***.

Выполнить упражнение № 85.

Проставить размер радиуса	***№ 85***
 ***Dimradius*** Падающее меню ***Dimension → Radius*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 20 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	

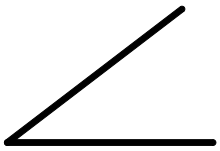
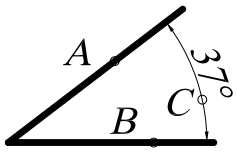
21.6. УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimangular*** (Размер угловой) позволяет вычерчивать размерную линию (дугу окружности) для обозначения угла между двумя непараллельными линиями, набором из трёх точек, дуги или окружности. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Angular*** (Угловой) или щелчком мыши по пиктограмме ***Angular Dimension*** (Угловой размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

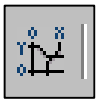
Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то угловой размер строится по трем точкам. При простановке углового размера текст по умолчанию завершается знаком «°».

Выполнить упражнение № 86.

Проставить угловой размер	***№ 86***
 ***Dimangular*** Падающее меню ***Dimension → Angular*** Select arc, circle, line, or <specify vertex>: указать точку A Select second line: указать точку B Specify dimension arc line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 37	
	

Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста. Если угол образован двумя непараллельными прямыми, размерная дуга стягивает угол между ними. Если размерная линия указана вне пределов линий, угол между которыми обозначается, то автоматически вычерчиваются выносные линии.

21.7. КООРДИНАТНЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimordinate*** (Размер координатный) позволяет вычерчивать размер, показывающий расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x*** или ***y***. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Ordinate*** (Координатный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ordinate Dimension*** (Координатный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Координатный размер состоит из значения координаты ***x*** или ***y*** и выноски. Координатный размер по ***x*** – это расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x***, а координатный размер по ***y*** – это расстояние вдоль оси ***y***. Если указана точка, ***AutoCAD*** автоматически определяет, по какой оси проставлять координатный размер. Текст координатного размера располагается вдоль выноски, независимо от ориентации текста, заданной текущим размерным стилем. Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста.

21.8. ВЫНОСКИ И ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ НАДПИСИ НА ЧЕРТЕЖЕ



– Команда ***QLeader*** (Быстрая Выноска) обеспечивает вычерчивание линии-выноски и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Leader*** (Выноска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Leader*** (Быстрая выноска) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то система открывает диалоговое окно ***Leader Settings*** для настройки параметров линии-выноски (рис. 152). Это диалоговое окно содержит три вкладки. Вкладка ***Annotation*** позволяет управлять содержанием аннотации, добавляемой к линии выноски: это может быть многострочный текст, допуск формы и расположения поверхностей, блок или ничего.

Вкладка ***Leader & Arrow*** позволяет управлять внешним видом линии выноски и формой стрелки указателя линии выноски. Кнопка выбора ***Straight*** устанавливает линию выноски в виде ломаной линии с прямолинейными сегментами, а кнопка ***Spline*** – в виде гладкой кривой (сплайна).

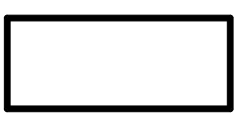
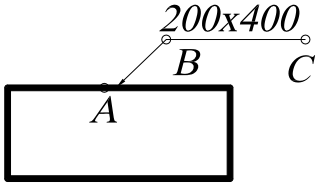


Рис.152.

Вкладка ***Attachment*** позволяет управлять положением полки линии выноски относительно поясняющей надписи. По умолчанию предлагается компоновка, когда полка линии выноски располагается в середине нижней строки многострочного текста. Предлагаемые способы выравнивания многострочного текста:

- ***Top of Top Line*** – по верху верхней строки;
- ***Middle of Top Line*** – по середине верхней строки;
- ***Middle of Multilane Text*** – по середине текста;
- ***Middle of Bottom Line*** – по середине нижней строки;
- ***Bottom of Bottom Line*** – по низу нижней строки;
- Флажок ***Underline Bottom Line*** отменяет все способы расположения надписи и разрешает ее подчеркивание полкой линии выноски.

Выполнить упражнение № 87.

Проставить размеры детали прямоугольного сечения на полке линии-выноски	***№ 87***
Qleader Падающее меню ***Dimension → Leader*** Specify first leader point, or [Settings] <Settings>: указать точку A Specify next point: указать точку B Specify next point: указать точку C Specify text width <6>: Enter Enter first line of annotation text <Mtext>: 200x400 Enter next line of annotation text: Enter	
	

21.9. БЫСТРОЕ НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ



– Команда ***QDim*** (Быстрый Размер) используется для одновременного быстрого нанесения группы размеров и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Разме-

ры) → ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Команда ***QDim*** (БРазмер) запрашивает лишь контуры, на которые необходимо проставить размеры с указанием опции типа проставляемых размеров:

- ***Continuous*** (***C***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров в виде размерной цепочки;
- ***Staggered*** (***S***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу параллельных или концентрических размеров;
- ***Baseline*** (***B***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров от одной базы;
- ***Ordinate*** (***O***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу координатных размеров;
- ***Radius*** (***R***) - используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер радиуса;
- ***Diameter*** (***D***) – используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер диаметра;
- ***DatumPoint*** (***P***) – используется, если необходимо изменить базовую точку при нанесении группы базовых или координатных размеров;
- ***Edit*** (***E***) – используется, если необходимо редактировать набор характерных точек в выбранной группе объектов; разрешено удалять (***remove***) или добавлять (***Add***) точки в набор.

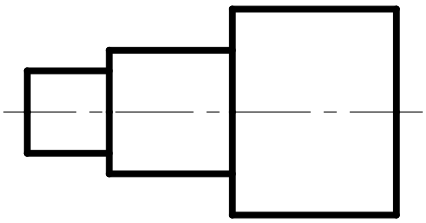
Выполнить упражнение № 88.

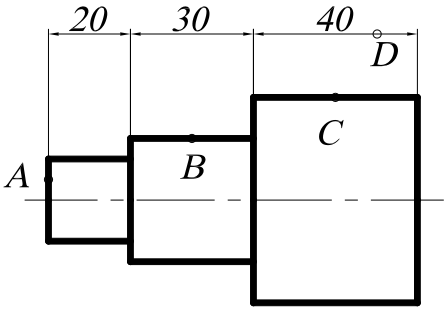
Быстрое нанесение размеров ***№ 88***



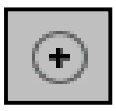
Qdim Падающее меню ***Dimension → Quick Dimension***

Associative dimension priority = Endpoint
Select geometry to dimension: указать точку A
Select geometry to dimension: указать точку B
Select geometry to dimension: указать точку C
Select geometry to dimension: Enter
Specify dimension line position, or
[Continuous/Staggered/Baseline/Ordinate/Radius/Diameter/datumPoint/Edit/seTtings
] <Continuous>: указать точку D





21.10. НАНЕСЕНИЕ МЕТОК ЦЕНТРА ОКРУЖНОСТИ ИЛИ ДУГИ



– Команда ***Dimcenter*** (Центральная метка) используется для нанесения меток центра выбранной дуги или окружности и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Dimension center*** (Центральная метка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension center*** (Центральная метка) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

В ответ на запрос команды указать графическим курсором объект, для которого необходимо нанести метку.

21.11. РЕДАКТИРОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ СТИЛЕЙ



– Команда ***Dimstyle*** (Размерный стиль) обеспечивает работу с размерными стилями с помощью диалогового окна ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей), представленного на рис. 153. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Style…*** (Стиль…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Style*** (Размерный стиль) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

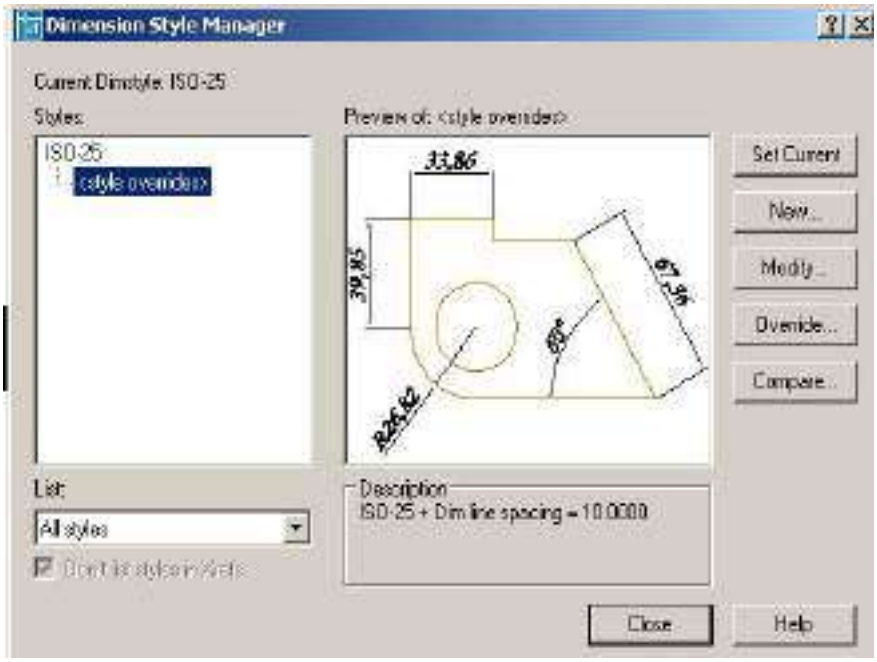


Рис. 153.

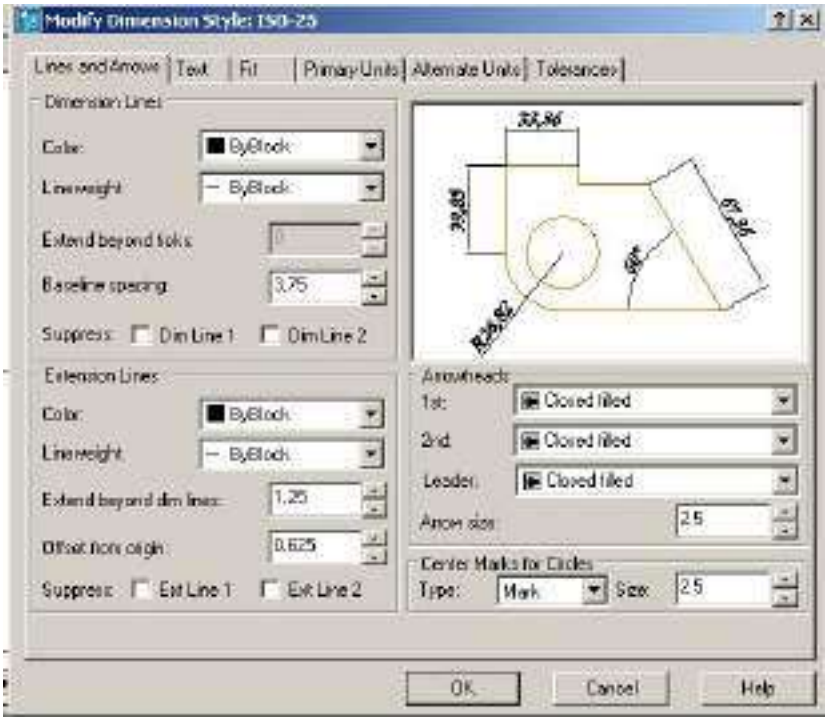


Рис. 154.

Изменение размерного блока происходит при редактировании (модифицировании) текущего размерного стиля или при замене текущего размерного стиля на новый размерный стиль.

Чтобы модифицировать текущий размерный стиль, необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей);
- щелкнуть в открывшемся диалоговом окне на кнопке ***Modify*** (Редактировать);
- заменить значения размерных переменных на новые, используя соответствующие вкладки диалогового окна ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля), представленного на рис. 154;
- щелкнуть на кнопке ОК;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.

После закрытия диалогового окна ***AutoCAD*** автоматически обновит на чертеже размерные блоки, использующие текущий стиль, в соответствии с новыми значениями размерных переменных.

Диалоговое окно ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля) содержит следующие вкладки.

1. ***Lines and Arrows*** (Линии и стрелки) – настройка параметров размерных, выносных, осевых линий и стрелок, содержит четыре поля настроек:

- Настройка размерных линий ***Dimension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond ticks*** (величина выступа размерной линии за выносные линии (в случае, когда вместо стрелок используются засечки), ***Base spacing*** (расстояние между размерными линиями при простановке размеров от одной базы), ***Suppress*** (подавление первой (***Dim Line 1***) или второй (***Dim Line 1***) частей размерной линии.
- Настройка выносных линий ***Extension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond dim lines*** (величина выступа выносных линий за размерную линию), ***Offset from origin*** (отступ начала выносной линии от объекта), ***Suppress*** (подавление первой (***Ext Line 1***) или второй (***Ext Line 1***) выносной линии.
- Настройка размерных стрелок ***Arrowheads*** – ***1 st*** (вид первой стрелки), ***2 nd*** (вид второй стрелки), ***Leader*** (вид стрелки для линии-выноски), ***Arrowsize*** (размер стрелки).
- Настройка маркеров для центра окружности или дуги ***Center Marcs for Circles*** – ***Type*** (тип маркера), ***Size*** (размер).

2. ***Text*** (Текст) – настройка размещения и формата размерных надписей содержит три поля настроек:

- Настройка внешнего вида текста ***Text Appearance*** – ***Text style*** (стиль текста), ***Text color*** (цвет текста), ***Text height*** (высота текста), ***Fraction height scale*** (определение масштаба чисел дробной части относительно размера основного текста при отображении простых дробей***), Draw frame around text*** (отрисовка рамки вокруг размерного текста).
- Расположение размерного текста относительно размерной линии ***Text Placement*** – ***Vertical*** (расположение текста при вертикальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии, разрывая его; ***Above*** – размещает текст над размерной линией; ***Outside*** – размещает текст под размерной линией; ***JIS*** – располагает текст в соответствии с Японским индустриальным стандартом). ***Horizontal*** (расположение текста при горизонтальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии; ***1nd Extention Line*** – размещает текст около первой выносной линии; ***2nd Extention Line*** – размещает текст около второй выносной линии; ***Over 1st Extention Line*** – размещает текст над первой выносной линией; ***Over 2nd Extention Line*** – размещает текст над второй выносной линией). ***Offset from dim line*** – расстояние между текстом и размерной линией.
- Ориентация текста ***Text Alingment*** – ***Horizontal*** (располагается вертикально), ***Alingment with dimension line*** (текст располагается параллельно размерной линии), ***ISO Standart*** (текст располагается параллельно размерной линии, когда он находится между выносными линиями, и горизонтально, когда он находится вне выносных линий).

3. Fit (Выравнивание) – настройка характера размещения стрелок и размерных надписей в стесненных местах чертежа. При нанесении размеров достаточно часто встречаются ситуации, когда не удается разместить размерный текст на обычном месте, поэтому в стиле должно быть определено поведение системы в подобных ситуациях.

- Расположение текста и стрелок при недостатке места для размещения их внутри выносных линий ***Fit Option*** (Вписывать) – ***Either the text or the arrows, whichever fits best*** (автоматически определяется, что лучше разместить внутри выносных линий – текст или стрелки), ***Arrows*** (внутри располагаются стрелки), ***Text*** (внутри располагается текст), ***Both text and arrows*** (внутри располагаются как текст, так и стрелки), ***Always keep text between ext lines*** (всегда размещает текст между выносными линиями), ***Sup-***

press arrows if they don't fit inside the extension lines (подавляет стрелки, если они не вписываются внутрь выносных линий).

- Расположение текста, когда он не может разместиться в месте, предусмотренном по умолчанию ***Text Placement*** (Размещение текста) – ***Beside the dimension line*** (около выносной линии), ***Over the dimension line, with a leader*** (на выноске, выше размерной линии), ***Over the dimension line, without a leader*** (выше размерной линии, без выноски).
- Масштаб для размерных элементов (***Scale for Dimension Features***) – ***Use overall scale off*** (использовать общий масштабный коэффициент для всех размерных элементов), ***Scale dimensions to layout (paperspace)*** (в пространстве листа масштабировать элементы в соответствии с масштабом чертежа в текущем видовом экране.
- Дополнительная настройка ***Fine Tuning*** – ***Place text manually when dimensioning*** (при простановке размеров местоположение текста определяется вручную), ***Always draw dim line between ext lines*** (всегда чертить размерную линию между выносными линиями, даже когда стрелки располагаются снаружи от выносных линий).

4. Вкладка ***Primary Units*** (Основные единицы) – настройка формата основных единиц для размеров, соответствующих линейным и угловым величинам.

- Линейные размеры (***Linear Dimensions***) – ***Unit format*** (единицы измерения), ***Precision*** (точность размерного стиля), ***Fraction format*** (формат дробной части при использовании дробей), ***Decimal separator*** (формат разделителя целой и десятичной части числа), ***Round off*** (округление размерных чисел (1 – округление до целых), ***Prefix*** (префикс, который будет отображаться перед размерным текстом), ***Suffix*** (суффикс, который будет отображаться после размерного текста).
- Масштабы (***Measurement Scale***) – ***Scale factor*** (масштаб значения размерного числа), ***Apply to layout dimensions only*** (масштаб учитывать только в пространстве листа).
- Подавление нуля (***Zero Suppression***) – ***Leading*** (подавление нуля перед запятой), ***Trailing*** (подавление последних нулей в десятичной части).

Настройка единиц угловых размеров ***Angular Dimensions*** (в правой части диалогового окна) производится аналогично.

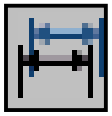
5. Вкладка ***Alternate Units*** (Альтернативные единицы) – параметры настройки в этой вкладке используются в том случае, если будет включен режим простановки размеров альтернативных единиц, то есть если используют метрическую систему и британскую на одном чертеже.

6. Вкладка ***Tolerances*** (Допуски) – настройка параметров формата представления допусков на чертеже.

Для замены текущего размерного стиля на новый размерный стиль необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***;
- выбрать нужный стиль в списке ***Styles***;
- сделать новый стиль текущим, щелкнув на кнопке ***Set Current***;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.





После закрытия диалогового окна все существующие на чертеже размерные блоки не изменятся, а новые будут вычерчиваться в соответствии с новым размерным стилем. Если необходимо заменить стиль существующих размерных блоков на установленный размерный стиль, следует воспользоваться командой выпадающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Update*** (Обновить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Update*** (Обновить размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Затем ввести в командную строку ***all*** и нажать клавишу ***Enter*** или воспользоваться секущей рамкой выбора и с её помощью выбрать все объекты размеров на чертеже. Когда все объекты размеров на экране выделены, нажать клавишу ***Enter***. Тем самым выполнение команды завершится.

22. ЗУМИРОВАНИЕ

В ***AutoCAD*** изменение масштаба выполняется всевозможными модификациями команды ***ZOOM*** (Покажи) из панели инструментов ***Zoom*** (рис. 155).

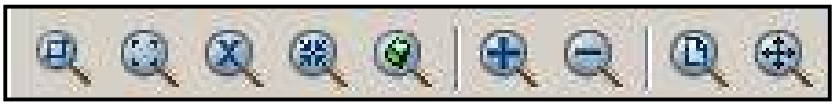


Рис. 155.

Выполнение этой команды производит тот же эффект, что и настройка объектива с переменным фокусным расстоянием, который используется в теле- и кинокамерах. При зуммировании размеры рисунка остаются прежними, изменяется лишь размер его части, видимой в графической области. Команды ***Zoom*** могут вызываться из падающего меню ***View*** (Вид) → ***ZOOM*** (Покажи) стандартной панели инструментов. Ниже приводится описание каждой команды.



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Zoom Window*** (Показать Рамка –указание области отображения с использованием рамки. Для этого следует задать два противоположных угла прямоугольной рамки.;



– ***Zoom Dinamic*** – динамическое задание области отображения. Отображает видимую часть чертежа в рамке, представляющего текущий вид. При нажатии клавиши ***Enter*** изображение, заключенное в видовом экране, выводится на видовой экран.



– ***Zoom Scale*** (Показать масштаб) – задание масштабного коэффициента. Используется, если изображение требуется уменьшить или увеличить на точно заданную величину. При этом необходимо задать коэффициент экранного увеличения.



– ***Zoom Center*** (Показать центр) – задание области изображения путем ввода точки центра и высоты в единицах рисунка;



– ***Zoom Object*** (Показать объект) – задание области отображения путем выбора объекта или группы объектов;



– ***Zoom In*** (Увеличить) – увеличение изображения;



– ***Zoom Out*** (Уменьшить) – уменьшение изображения;



– ***Zoom All*** (Показать все) – отображение всей области чертежа или области внутри границ, если заданы границы. Позволяет увидеть на экране весь чертёж;



– ***Zoom Extents*** (Показать границы) – отображение области, которая содержит все примитивы чертежа.

23. ПАНОРАМИРОВАНИЕ



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени. При перемещении курсора по видовому экрану происходит динамическое перемещение изображения. Для активизации команды можно щелкнуть мышью по кнопке ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) стандартной панели инструментов либо выбрать команду из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Pan*** (Панорамировать) → ***Real Time*** (В реальном времени).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Создать шаблон чертежа формата А4 и А3 с основной надписью (рис. 156).

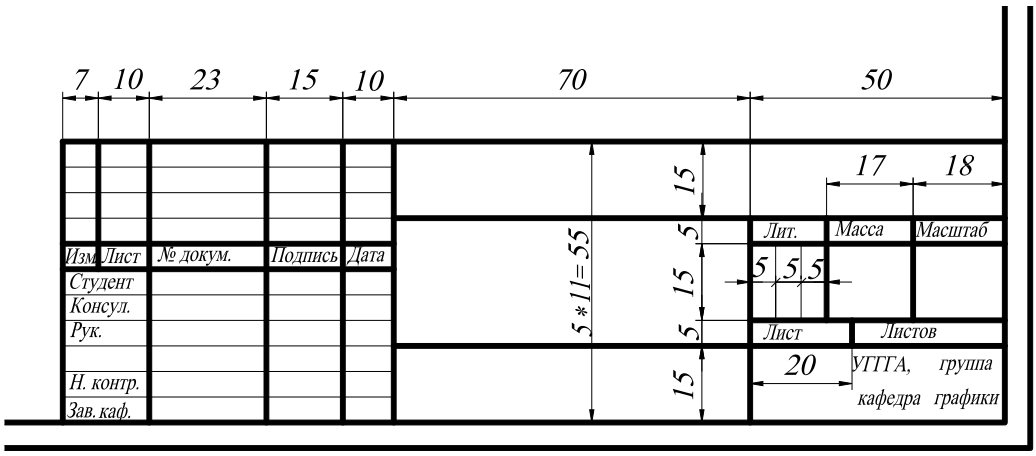


Рис. 156.

2. Выполнить чертёж детали (прил. 1) на формате А3 в масштабе 1:1.

3. По двум заданным изображениям детали (прил. 2) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

4. По двум заданным изображениям детали (прил. 3) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

5. По двум заданным изображениям детали (прил. 4) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

Глава 3
ТРЁХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Система ***AutoCAD*** включает в себя достаточно широкий спектр средств трёхмерного моделирования. Они позволяют работать как с простейшими примитивами, так и со сложными поверхностями и твердыми телами. Основные типы пространственных моделей, используемых в ***AutoCAD***, можно условно разделить на три группы:

- каркасные;
- модели поверхностей;
- твердотельные.

Каркасная модель – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия – построить его каркас. Построение каркасных моделей в ***AutoCAD*** рассматривается как этап вспомогательных построений для трёхмерного проектирования более высокого уровня.

Поверхностная модель – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Создаваемые при этом объекты характеризуются лишь конфигурацией своей поверхности и поэтому не пригодны для решения таких задач, как определение инерционно-массовых характеристик изделия или получение изображений для оформления чертежей. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий и др. В данном случае можно создавать линейчатые поверхности, поверхности Кунса, поверхности Безье.

Твердотельное моделирование является основным видом трехмерного проектирования изделий машиностроения. Создаваемые твердотельные модели воспринимаются системой как некие единые объекты, имеющие определенный объем. Твердотельное моделирование позволяет решать не только компоновочные задачи, но и определять инерционно-массовые характеристики, а также получать с пространственного объекта необходимые виды, разрезы и сечения для оформления рабочей документации.

В данном пособии рассматривается построение каркасных моделей и твердотельных. Кроме создания вышеперечисленных трехмерных моделей рассматриваются средства их редактирования, средства просмотра объемного изображения и визуализации.

2. ЗАДАНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ КООРДИНАТ

Задание координат точек при работе в трехмерном пространстве может производиться с помощью клавиатуры или с помощью графического курсора. При этом необходимо дополнительно указывать координату, определяющую положение точки вдоль оси ***Z***. Точка может быть задана:

- *абсолютными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические);*
- *относительными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические)*.

Цилиндрические и сферические координаты подобны полярным координатам в двумерном пространстве.

1. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x, y, z**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координат ***y*** и ***z***, а также направление (+ или -).

- *Цилиндрические координаты:* **…point: ρ < φ, z**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), специальный символ < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем через запятую – координату точки по оси ***Z***. За положительное направление отсчета угла поворота вектора в плоскости ***XY*** принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***X***.
- *Сферические координаты:* **…point: ρ < φ < ψ**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), а далее через специальные символы < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем угол наклона вектора относительно плоскости ***XY***.

2. Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***X***, ***Y*** и **Z** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую, приращение по оси ординат ***y*** и приращение по оси ***z***.

- *Цилиндрические координаты*: **…point: @ρ<φ, Δ z**.
- *Сферические координаты*: **…point: @ρ < φ < ψ**.

Особенностью задания координат точек с помощью графического курсора при работе в трёхмерном пространстве является то, что по умолчанию все указываемые точки воспринимаются системой как лежащие в плоскости ***XY*** текущей системы координат. Поэтому при указании точек подобным образом следует использовать объектную привязку или соответствующим образом изменять систему координат.

Некоторые типы объектов, например окружности и плоские полилинии, могут создаваться только в плоскостях, параллельных плоскости ***XY*** текущей системы координат. При этом положение плоскости, в которой расположен такой объект, вдоль оси ***Z*** определяется положением первой указанной точки. Так, например, если при создании плоской полилинии в ответ на первый запрос была указана точка с координатой ***Z***, равной 20, то и все остальные точки полилинии будут иметь ту же координату вдоль оси ***Z*** независимо от способа ввода координат и использования режима объектной привязки.

3. ЗАДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

При создании двумерных объектов пользователь, как правило, работает в одной плоскости проекций – ***XY***, и ему зачастую бывает достаточно использовать одну, устанавливаемую по умолчанию, пользовательскую систему координат. Построение трехмерных объектов требует работы и с другими плоскостями проекций. Если учесть, что курсор в ***AutoCAD*** может перемещаться только в плоскости ***XY*** и ей параллельной, то становится понятно, что создание трехмерных моделей при использовании только одной системы координат является трудоемким.

В ***AutoCAD*** существуют две основные системы координат – мировая система координат ***Word Coordinate System WCS*** (МСК) и пользовательская система координат ***User Coordinate System UCS*** (ПСК). Ось ***X*** мировой системы координат направлена горизонтально, ось ***Y*** – вертикально, а ось ***Z*** – проходит перпендикулярно плоскости ***XY***. Основное отличие миро-

вой системы координат ***WCS*** (МСК) от пользовательской системы координат ***UCS*** (ПСК) заключается в том, что мировая система координат может быть только одна, и она неподвижна. В ***AutoCAD*** можно определять и использовать неограниченное количество пользовательских систем координат ***UCS*** (ПСК).

Вызвать команду ***UCS*** (ПСК) или варианты её исполнения можно из командной строки или из падающего меню ***Tools*** (Сервис). Наиболее удобным представляется вызов команды ***UCS*** (ПСК) из стандартной или плавающей панели инструментов (рис. 157).

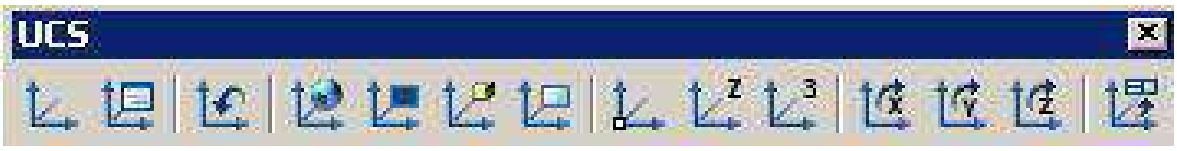


Рис. 157.



- Команда ***UCS*** (ПСК) – определение новой пользовательской системы координат. Вызов команды ***USK*** (ПСК);



- ***Display UCS Dialog*** (Диалоговое окно ПСК) – управление имеющимися пользовательскими системами координат из диалогового окна ***UCS*** (рис. 158).

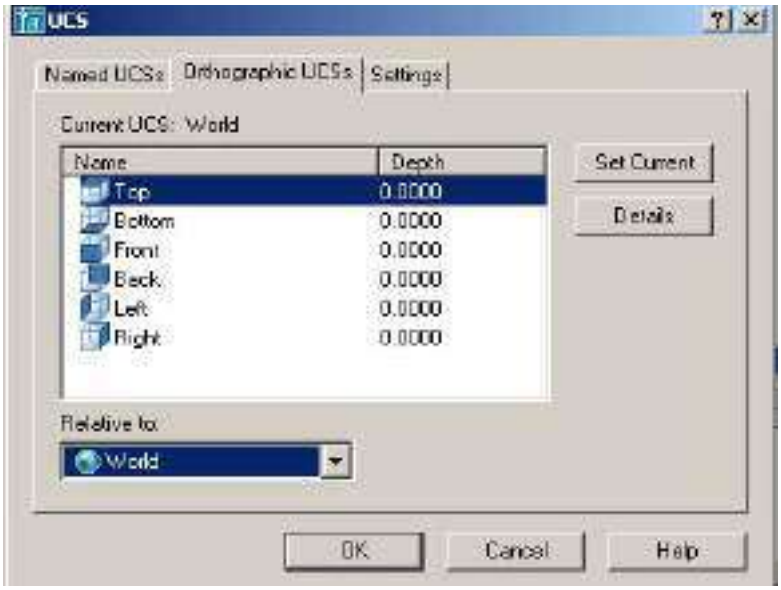


Рис. 158.



- ***UCS Previous*** (Предыдущая ПСК) – восстановление предыдущей ПСК. При этом сохраняется десять последних определенных ПСК.



- ***Word UCS*** (МСК) – переход в мировую систему координат;



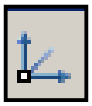
- ***Object UCS*** (ПСК объект) – выравнивание системы координат по существующему объекту, то есть совмещение плоскости ***XY*** новой системы координат с плоскостью существующего двумерного объекта;



- ***Face UCS*** (ПСК на грани) – создание новой ПСК путем указания грани;



- ***View UCS*** (ПСК вид) – создание новой ПСК параллельно текущему виду поворотом вокруг начальной точки ПСК, иначе говоря, параллельно экрану;



- ***Origin UCS*** (ПСК Начало) – создание новой ПСК заданием нового начала координат;



- ***ZAxis Vector UCS*** (ПСК Zось) – создание новой ПСК заданием нового начала координат и точки, определяющей положительное направление оси ***Z***;



- ***3Point UCS*** (ПСК 3 точки) – создание новой ПСК по 3 точкам, последовательно определяющим новое начало координат и направление осей ***X*** и ***Y***;



- ***XAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***X***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***X***;



- ***YAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Y***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Y***;



- ***ZAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Z***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Z***;



- ***Apply UCS*** (Применить ПСК) – применение текущей ПСК к выбранному видовому экрану.

При создании пользовательской системы координат направление её координатных осей удобно определять по правилу правой руки: большой палец показывает направление положительных значений по оси ***X***, указательный – по оси ***Y***, средний по оси ***Z*** (рис. 159). Для определения положительного направления угла поворота следует большой палец правой руки направить в положительном направлении координатной оси, вокруг которой осуществляется вращение. Тогда согнутые пальцы покажут положительное направление угла поворота системы координат (рис. 160).

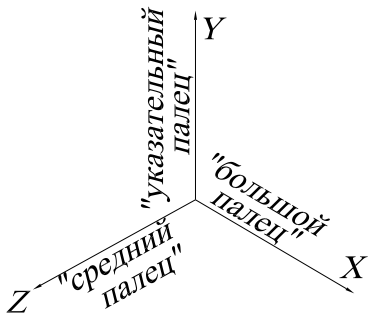


Рис. 159.

Изменение текущей ПСК не влияет на изображение чертежа на экране, если не включена системная переменная ***UCSFOLLOW***. Если ***UCSFOLLOW*** имеет значение 1, то при определении новой ПСК на экране изображается вид в плане новой ПСК.

Выполнить упражнения № 89, 90.

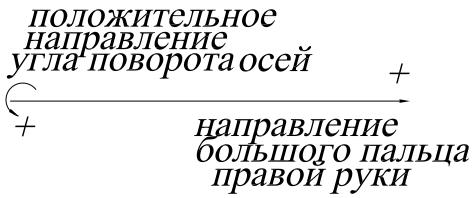
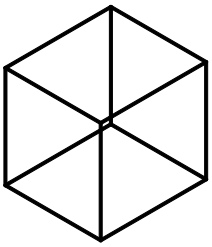
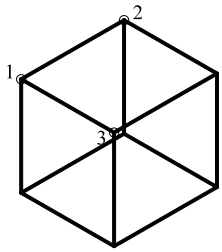
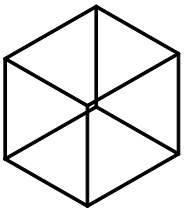
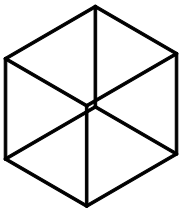


Рис. 160.

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 89
 ***3Point UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ 3 Point***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _3 режим задания ПСК по трём точкам   Specify new origin point <0,0,0>: указать центр ПСК – точку 1   Specify point on positive portion of X-axis <0,0>: указать точку 2 (направление оси 0X)   Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane <0,0>: указать точку 3 (направление оси 0Y)
 

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 90
 ***View UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ View***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _v режим, параллельный плоскости текущего вида (в этом режиме можно выполнять любые надписи, как и в двумерном моделировании).
 

4. ПРОСТРАНСТВО МОДЕЛИ И ПРОСТРАНСТВО ЛИСТА

На нижней полке рамки графической зоны находятся корешки вкладок ***Model*** (Модель) и ***Layout*** (Компоновка). Последних может быть несколько, причем каждой очередной присваивается возрастающий номер. На вкладке ***Model*** (Модель) выполняется вся творческая часть работы конструктора. На вкладках ***Layout*** (Компоновка) компонуется представление разработанной модели на виртуальном листе чертежа в виде плоского рисунка, причем одна модель может быть представлена несколькими компоновками на разных вкладках. Переключаясь со вкладки ***Model*** (Модель) на вкладку ***Layout*** (Компоновка), пользователь фактически переходит из трехмерного пространства модели в двухмерное пространство листа, на котором представлена эта модель.

После перехода на очередную вкладку ***Layout*** (Компоновка) можно приступать к компоновке чертеже из элементов модели, созданных в пространстве модели. Компоновка выполняется активизацией команд контекстного меню, которое активизируется щелчком правой кнопки мыши на корешке вкладки ***Layout*** (Компоновка).

Переключаться между пространствами модели и листа можно также с помощью кнопки ***MODEL***/***PAPER*** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) в строке состояния.

5. ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ

Видовой экран (***Viewport***) – это участок графического экрана, на котором отображается часть пространства модели чертежа. Существует два типа видовых экранов – неперекрывающиеся и перекрывающиеся. Неперекрывающиеся видовые экраны располагаются на экране монитора подобно кафельным плиткам на стене. Они полностью заполняют графическую зону и не могут накладываться друг на друга. На плоттер неперекрывающиеся видовые экраны могут выводиться только по одному. Перекрывающиеся видовые экраны могут располагаться на экране и перемещаться по нему произвольным образом. Эти экраны могут накладываться друг на друга и печататься одновременно.

5.1. СОЗДАНИЕ НЕПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ВИДОВЫХ ЭКРАНОВ

Графическую область в пространстве модели можно разбить на несколько неперекрывающихся видовых экранов. В процессе рисования все изменения, производимые на одном видовом экране, отражаются на остальных. Переключиться с одного видового экрана на другой можно в любой момент, даже в ходе выполнения команды. Границы активного видового экрана выделяются более толстой линией. Активизировать видовые экраны по очереди можно, нажав комбинацию клавиш <Ctrl+R> или щелкнув мышью на поле видового экрана.

Для создания видовых экранов используется команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН), вызывающая диалоговое окно ***Viewports*** (Видовые экраны), показанное на рис. 161. С помощью этой команды графический экран разделяется на несколько неперекрывающихся видовых экранов, каждый из которых может содержать собственный вид чертежа.



- Команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны).

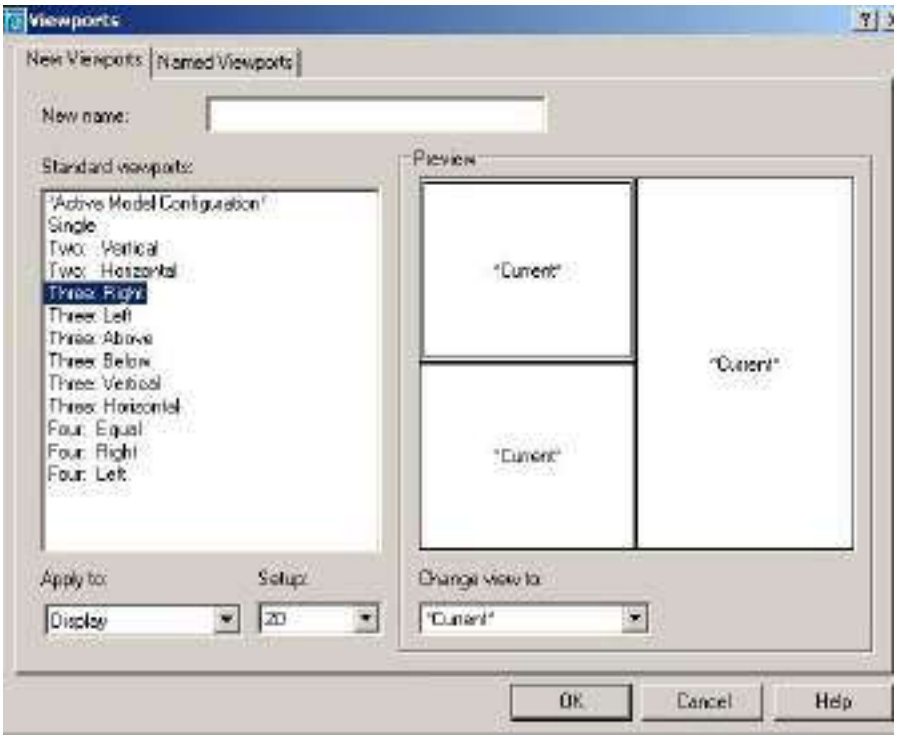


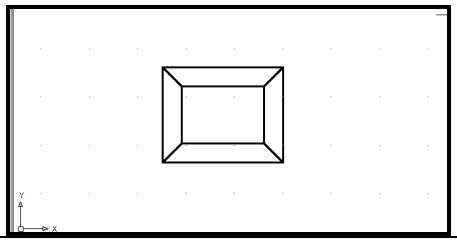
Рис. 161.

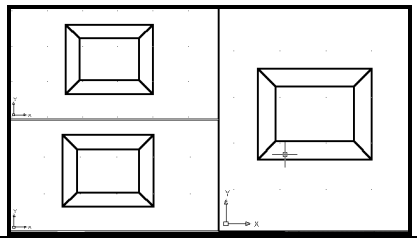
Выполнить упражнение № 91.

Создать три видовых экрана	*№ 91*

VPORTS Падающее меню ***View → Viewports → New Viewports…***

Enter an option [Save/Restore/Delete/Join/SIngle/?/2/3/4] <3>: _3
Enter a configuration option [Horizontal/Vertical/Above/Below/Left/Right] <Right>: Enter
Regenerating model.





6. УСТАНОВКА ВИДОВ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПОЛЕ

При построении трехмерной модели приходится работать более чем с одним видом объекта. Возможно, что изображение объекта будет достаточно информативным на одном виде и нечитаемым – на другом. В любом случае при работе с трехмерными объектами следует установить несколько видовых экранов, например, один – с видом в плане, другой – с видом слева, а третий – с аксонометрическим видом.

Установка направления взгляда производится в начале работы с моделью или в процессе создания модели. ***AutoCAD*** позволяет взглянуть на модель из любой точки пространства, даже изнутри изображаемого объекта. Установку нового вида в пространстве модели можно произвести с помощью команд:

1. ***VPOINT*** (Точка зрения) – позволяет вводить из командной строки точку зрения или угол поворота вида.
2. ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) – отображает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения).
3. ***PLAN*** (План) – отображает вид в плане пользовательской или мировой системы координат.
4. ***DVIEW*** (Динамический вид) – определяет параллельную проекцию или перспективные виды.
5. ***3DORBIT*** (3-Орбита) – интерактивное отображение видов.

6.1. УСТАНОВКА НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА

Команда ***VPOINT*** (Точка зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***VPOINT*** (Точка зрения) или вводом в командную строку слова ***VPOINT*** с клавиатуры.

В ответ на команду система сообщает справочную информацию:

Current view direction: VIEWDIR=1.0000,-1.0000,1.0000
Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>:

Возможные ответы:

- задать направление взгляда при определении вида, указав на графическом экране произвольную точку;
- нажать клавишу ***Enter***. На экране появляются компас и тройка осей, представляющие проекцию глобуса на плоскости. Центральная точка компаса совпадает с Северным

полюсом (0, 0, 1), внутренняя окружность – с экватором (n, n, 0), а внешняя – с Южным полюсом (0, 0, -1). Угол направления взгляда определяется указанием точки внутри компаса, а угол между направлением взгляда и плоскостью ***XY*** – ее расстоянием от центра компаса. В соответствии с точкой зрения на компасе изменяется ориентация тройки осей. Передвигая с помощью мыши перекрестие внутри окружностей и контролируя получившийся вид по тройке осей системы координат, можно получить требуемый вид.

- ***Rotate*** (Поворот) используется, если необходимо задать направление взгляда при определении вида путем указания.

Удобно также использовать плавающую панель инструментов ***View*** (Вид), содержащую ряд кнопок с типовыми видами объекта (рис. 162).



Рис. 162.

 — ***Named View*** (Именованные виды) – создание и сохранение видов;

 — ***Top View*** (Вид сверху) – установка точки зрения сверху (план, горизонтальная проекция);

 — ***Bottom View*** (Вид снизу) – установка точки зрения снизу;

 — ***Left View*** (Вид слева) – установка точки зрения слева (профильная проекция);

 — ***Right View*** (Вид справа) – установка точки зрения справа;

 — ***Front View*** (Вид спереди) – установка точки зрения спереди (фронтальная проекция);

 — ***Back View*** (Вид сзади) – установка точки зрения сзади;

 — ***SW Isometric View*** (ЮЗ изометрия) – установка юго-западного изометрического вида;

 — ***SE Isometric View*** (ЮВ изометрия) – установка юго-восточного изометрического вида;

 — ***NE Isometric View*** (СВ изометрия) – установка северо-восточного изометрического вида;



— ***NW Isometric View*** (СЗ изометрия) – установка северо-западного изометрического вида;



— ***Camera*** (Камера) – включение и установка положения камеры и цели.

Выполнить упражнение № 92.

Установить направление взгляда в трёх видовых окнах ***№ 92***

Падающее меню ***View → 3D Views***

В верхнем левом видовом окне установить Front (Вид спереди), вначале активизируйте это окно щелчком мыши на поле окна

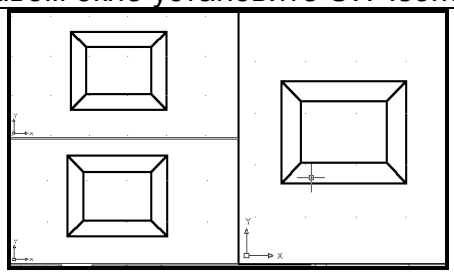


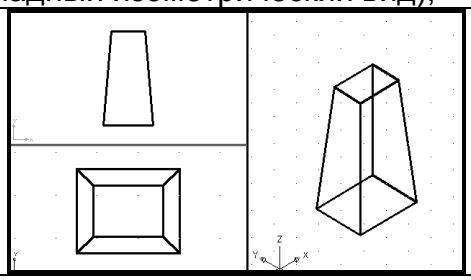
В нижнем левом видовом окне установить Top (Вид сверху), сделав это окно активным.





В правом окне установите SW Isometric (Юго-западный изометрический вид),





6.2. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА С ПОМОЩЬЮ ДИАЛОГОВОГО ОКНА

Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

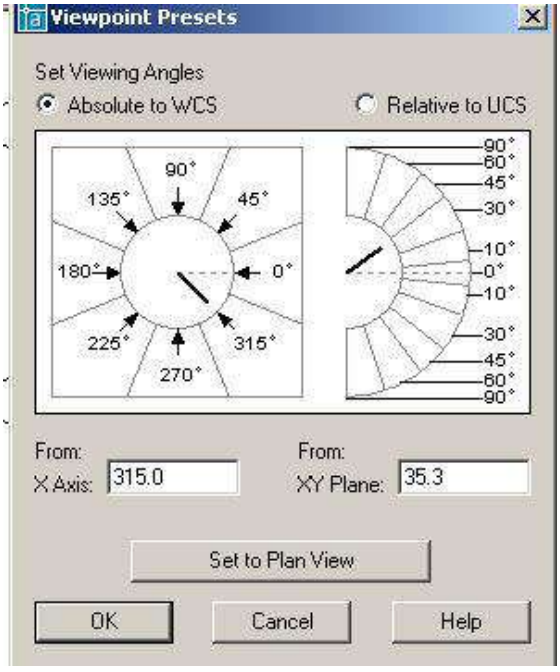


Рис. 163.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения), представленное на рис. 163. Окно содержит следующие элементы управления: две кнопки выбора, графическое поле, два поля ввода и кнопку ***Set to Plan View***.

- Кнопка выбора ***Absolute to WCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно мировой системы координат.
- Кнопка выбора ***Relative to UCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно текущей системы координат.
- Графическое поле позволяет задать направление взгляда при помощи графического курсора.
- Поле ввода ***X axis*** позволяет задать числовое значение угла в плоскости ***XY*** между направлением взгляда и осью ***X***.

- Поле ввода ***XY Plane*** позволяет задать числовое значение угла между направлением взгляда и плоскостью ***XY***.
- Кнопка ***Set to Plan View*** задает направление взгляда, перпендикулярное плоскости ***XY*** текущей системы координат.

Команда ***DVIEW*** (Динамический вид). Установить направление взгляда можно с помощью команды ***DVIEW*** (Динамический вид), предназначенной для получения динамических трехмерных и перспективных видов. Эта команда используется также для зуммирования, панорамирования и вращения видов. Кроме того, с её помощью можно удалять с экрана объекты, расположенные перед секущей плоскостью или позади нее, а также скрытые линии – при динамическом просмотре объектов. Команда действует по принципу камеры, направленной в сторону цели. Линия между камерой и целью – это линия взгляда или направление взгляда. Имеется возможность при моделировании изменять фокусное расстояние «объектива» камеры от широкоугольного до телеобъектива. После выполнения команды чертеж полностью регенерируется.

6.3. УСТАНОВКА ПЛАНА ИЗОБРАЖЕНИЯ

PLAN (План) – позволяет получить ортогональную проекцию объектов на плоскость ***XY*** текущей, мировой или пользовательской систем координат. Пользоваться этой командой в пространстве листа недопустимо.

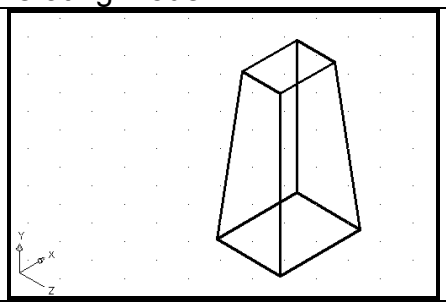
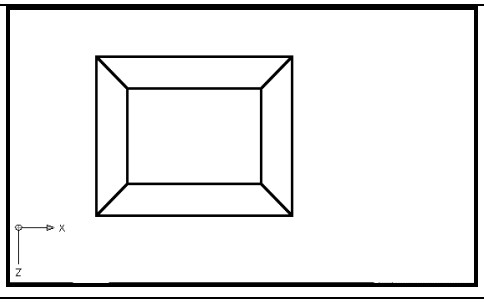
Команда ***PLAN*** (План) → ***Plan View*** (Вид в плане) соответственно пункты ***Current UCS*** (Текущая ПСК), ***World UCS*** (МСК) или ***Names UCS*** (По имени).

Опции команды:

- ***Current UCS*** (Текущая ПСК) – создает изображение текущей ПСК в плане на текущем видовом экране. Используется по умолчанию;
- ***UCS*** (ПСК) – переключает в план предварительно сохраненной ПСК и регенерирует изображение. ***AutoCAD*** запрашивает имя требуемой ПСК;
- ***World*** (Мир) – создает изображение в плане мировой системы координат.

Команда ***PLAN*** (План) изменяет направление взгляда и отключает перспективу, но не меняет текущей ПСК. Все координаты, вводимые или отображаемые после запуска этой команды, берутся относительно текущей ПСК.

Выполнить упражнения № 93.

Установить вид в плане	***№ 93***
Plan Падающее меню ***View → 3D Views → Plan View → World UCS*** Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>: _w Regenerating model.	
	

6.4. УСТАНОВКА ОРТОГОНАЛЬНЫХ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ВИДОВ



Для установки ортогональных и аксонометрических видов служит закладка ***Orthographic & Isometric Views*** (Ортогональные и изометрические виды) диалогового окна ***View*** (Вид), показанного на рис. 164. Это диалоговое окно вызывается вводом в командную строку слова ***VIEW*** с клавиатуры или из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View…*** (3М Виды…). Кроме этого, можно щелкнуть на пиктограмме ***Named Views*** (Именованные виды) плавающей панели инструментов ***View*** (Вид), представленной на рис. 162.

Ортогональный вид, помещаемый на видовой экран, базируется по умолчанию на мировой системе координат. Однако пользователь может установить в качестве базовой любую из имеющихся в диалоговом окне именованных пользовательских систем координат (ПСК). После выбора одной из ПСК необходимо сделать эту систему текущей, то есть нажать кнопку ***Set Current***, в подтверждении, что выбранная ПСК является текущей, рядом с её названием появляется маркер. Нажатием кнопки ***OK AutoCAD*** выводит на экран выбранную пользовательскую систему координат.

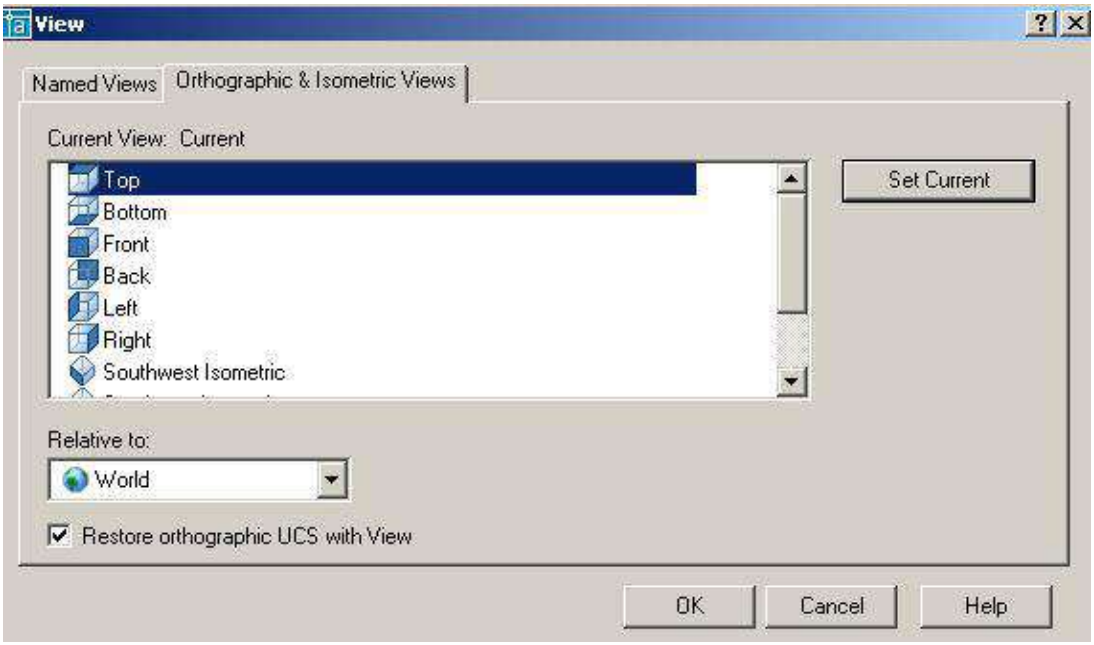


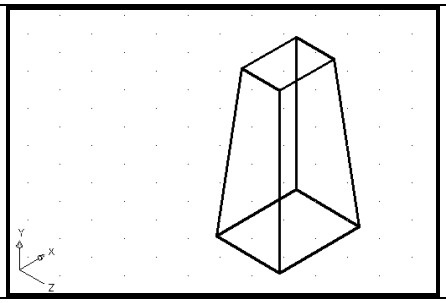
Рис. 164.

6.5. ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОЧКОЙ ВЗГЛЯДА



Команда ***3DORBIT*** (3-орбита) позволяет задать направление взгляда при определении вида и параметры отображения. Вид модели в это время управляется с помощью устройства указания, то есть изменение направления взгляда при определении вида производится путем перемещения мыши при нажатой левой кнопке. С орбиты могут рассматриваться как вся модель, так и её отдельные части. Команда вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D Orbit*** (3М Орбита) или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) стандартной панели инструментов, или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***, или вводом в командную строку слова ***3DORBIT*** с клавиатуры. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Выполнить упражнение № 94.

Установить точку зрения	*№ 94*
 ***3D Orbit*** Падающее меню ***View → 3D Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, установить желаемую точку зрения Для выхода из команды нажать Enter.	
	

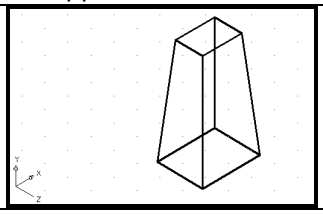
6.6. ДИНАМИЧЕСКОЕ ВРАЩЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ



Команда ***3DCORBIT*** (3МД Орбита) позволяет просматривать вращающееся изображение объектов в режиме реального времени. Команда вызывается вводом в командную строку слова ***3DCORBIT*** с клавиатуры или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Continuous Orbit*** (3МД Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Вращение изображения объектов задается путем перемещения курсора по графическому полю экрана при нажатой левой кнопке мыши. При этом направление вращения определяется направлением перемещения курсора, а скорость вращения – скоростью перемещения курсора. Вращение изображения начинается после того, как будет отпущена левая кнопка мыши.

Выполнить упражнение № 95.

Установить точку зрения	*№ 95*
 ***3DC Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, задать вращательный момент детали и отпустить кнопку. Для фиксации точки зрения сделать щелчок мышью. Для выхода из команды нажать Enter.	
	

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРКАСОВ

Элементарными трехмерными объектами системы ***AutoCAD*****,** предназначенными, прежде всего для каркасного моделирования, являются отрезки, сплайны и полилинии. Первые два типа объектов создаются при помощи тех же команд ***LINE*** и ***SPLINE***, которые используются при плоском черчении. Особенностью при их использовании в трёхмерном пространстве является то, что при задании координат точек следует указывать и координату по оси ***Z*** (при плоском черчении эта координата опускается). При указании точек графическим курсором следует пользоваться объектной привязкой, так как в противном случае система воспринимает указанные точки как лежащие на плоскости ***XY*** текущей системы координат. Трех-

мерные полилинии создаются при помощи специальной команды ***3DPOLY***. Эта команда позволяет создавать полилинию, состоящую только из прямолинейных сегментов, поэтому для создания сглаженных линий используют команду ***REDIT*** (Редактирование трехмерных полилиний).

7.1. ТРЕХМЕРНАЯ ПОЛИЛИНИЯ

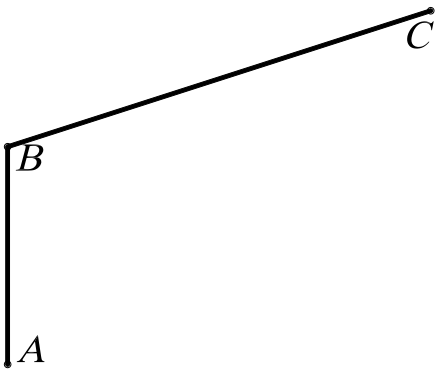


Команда ***3DPOLY*** (3М ПЛиния) – построение трехмерной полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***3Dpoly*** (3М ПЛиния), щелчком мыши по пиктограмме ***3Dpoly*** (3М ПЛиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать) или вводом в командную строку слова ***3DPOLY*** с клавиатуры

Опции команды:

- ***Undo*** (Отмена) – используется для отмены создания последнего отрезка;
- ***Close*** (Замкнуть) – используется для замыкания построенной полилинии и завершения работы с командой.

Выполнить упражнение № 96.

Построить трехмерную полилинию	***№ 96***
 ***3D Polyline*** Падающее меню ***Draw*** → ***3D Polyline*** Specify start point of polyline: 100,100,0 Specify endpoint of line or [Undo]: @0,0,80 Specify endpoint of line or [Undo]: @90,90,50 Specify endpoint of line or [Close/Undo]:	
	

7.2. СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПОЛИЛИНИИ



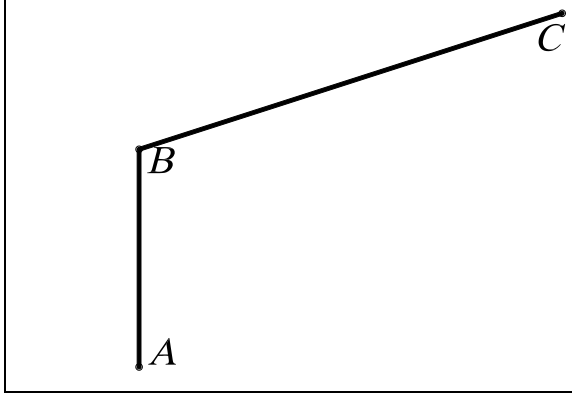
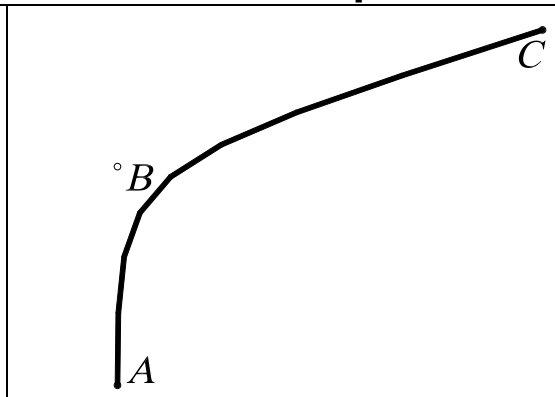
- ***PEDIT*** (Изменить полилинию) позволяет редактировать трехмерные полилинии и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Object*** (Объект) →***Polyline*** (Полилиния), щелчком мыши по пиктограмме ***Pedit*** (Изменить полилинию) панели инструментов ***Modify II*** (Редактировать II) или вводом в командную строку слова ***PEDIT*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Multiple*** (Много) – используется, если необходимо одинаковым образом отредактировать несколько полилиний; в этом случае система потребует указать эти полилинии;

- ***Close*** (Замкнуть) – используется, если необходимо замкнуть полилинию, при этом система добавляет сегмент, соединяющий начальную и конечную точки полилинии; если выбранная полилиния замкнута, то в списке параметров вариант ***Close*** заменяется вариантом ***Open***;
- ***Open*** (Разомкнуть) – используется, если необходимо разомкнуть полилинию, при этом система удаляет сегмент, соединяющий конечную и начальную точки;
- ***Edit vertex*** (Редактировать вершину) – используется для редактирования вершин полилинии. Дальнейшая работа в режиме редактирования вершин производится так же, как и в случае редактирования плоской полилинии;
- ***Spline curve*** (Сгладить) – используется для преобразования полилинии в гладкую с использованием аппарата B-сплайнов, при этом данная кривая в общем случае не приходит через вершины исходной полилинии;
- ***Decurve*** (Отменить сглаживание) – используется для отмены преобразования полилинии в гладкую кривую;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего изменения.

Выполнить упражнение № 97

Сгладить трехмерную полилинию	***№ 97***
	***PEDIT*** Падающее меню ***Modify → Object→ Polyline*** Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: s режим сглаживания полилинии Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: Enter
	

8. ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Команды построения твердотельных объектов (примитивов) запускаются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) или из плавающей панели инструментов ***Solids*** (Тела), представленной на рис. 165.



Рис. 165.

При создании твердотельных примитивов используется три основных способа:

1. Стандартные библиотечные тела: ***Box*** (Ящик), ***Wedge*** (Клин), ***Cone*** (Конус), ***Cylinder*** (Цилиндр), ***Sphere*** (Шар), ***Torus*** (Тор). Задание количества изолиний при создании стандартных (библиотечных) тел вращения выполняется системной переменной ***ISOLINES*** (по умолчанию количество изолиний равно четырем). Для увеличения количества в командную строку вводится слово ***ISOLINES*** с клавиатуры, а затем нужное количество.

2. Тела пользователя (примитивы заданной формы) создаются путем выдавливания, осуществляемого командой ***Extrude*** (Выдавить), или вращения – командой ***Revolve*** (Вращать) – двумерного объекта (плоского контура) ***Region***.

3. Тела, созданные комбинированием нескольких тел, с использованием команд ***Union*** (Объединение), ***Subtract*** (Вычитание), ***Intersect*** (Пересечение), которые запускаются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) или из плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

9. СТАНДАРТНЫЕ ТЕЛА

9.1. ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕД

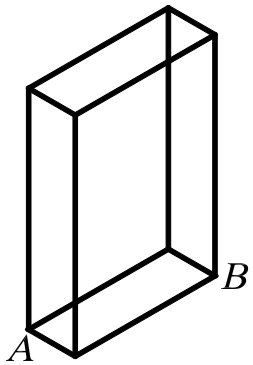


– Команда ***Box*** (Ящик) – формирование твердотельного параллелепипеда (ящика, куба) с ребрами, параллельными осям текущей системы координат, то есть основание параллелепипеда всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей ПСК. Команда ***Box*** (Ящик) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Box*** (Ящик) или щелчком мыши по пиктограмме ***Box*** (Ящик) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Center*** (Центр) – определяет параллелепипед с помощью указания его центральной точки;
- ***Cube*** (Куб) – создает куб, то есть параллелепипед, у которого все ребра равны;
- ***Length*** (Длина) – создает параллелепипед с заданными длиной (по оси X), шириной (по оси Y) и высотой (по оси Z) текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 98.

Построить параллелепипед	***№ 98***
 ***Box*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Box*** Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: 100,100 указать первый угол A основания параллелепипеда Specify corner or [Cube/Length]: 120,160 указать второй угол B основания параллелепипеда Specify height: 90 высота параллелепипеда	
	

9.2. КЛИН



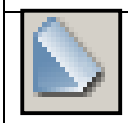
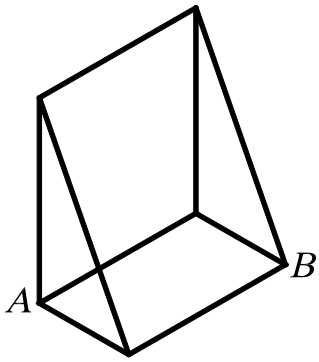
– Команда ***Wedge*** (Клин) – построение прямой призмы («клина») с основанием в виде прямоугольного треугольника, параллельным плоскости ***XY*** текущей системы координат. Команда ***Wedge*** (Клин) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Wedge*** (Клин) или щелчком мыши по пиктограмме ***Wedge*** (Клин) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Основание клина всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей системы координат, при этом наклонная грань располагается напротив первого указанного угла основания. Высота клина может быть как положительной, так и отрицательной.

Опции команды:

- ***CEnter*** (Центр клина) – точка пересечения диагоналей наклонной грани клина;
- ***Cube*** (Куб) – используется для построения призмы, вписанной в куб;
- ***Length*** (Длина) – используется для задания длин сторон нижней грани клина.

Выполнить упражнение № 99.

Построить клин (призму)	***№ 99***
 ***Wedge*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Wedge*** Specify first corner of wedge or [Center] <0,0,0>: 150,130 указать точку A Specify corner or [Cube/Length]: 190,200 указать точку B Specify height: 80 высота.	
	

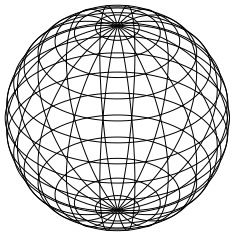
9.3. СФЕРА



– Команда ***Sphere*** (Сфера) – построение твердотельного шара (сферы), вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Sphere*** (Сфера) или щелчком мыши по пиктограмме ***Sphere*** (Сфера) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Сфера задается центром и радиусом (или диаметром), то есть при необходимости задания сферы центром и диаметром в командную строку ввести ***D*** (***Diameter)***. Ось вращения шара параллельна оси ***Z*** текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 100. Перед построением сферы, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить сферу	*№ 100*
	***Sphere*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Sphere*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of sphere <0,0,0>: 100,100,70 указать центр сферы Specify radius of sphere or [Diameter]: 50 величина радиуса
	

9.4. КОНУС



– Команда ***Cone*** (Конус) – построение твердотельного конуса, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Cone*** (Конус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cone*** (Конус) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Eliptical*** (Эллиптический) – используется для построения эллиптического конуса;
- ***Axis endpoint*** (Конечная точка оси) – создает эллиптическое основание конуса, для чего нужно указать точками длину одной оси и половину другой оси, как при построении эллипса. Выбор этой опции осуществляется автоматически при указании координат точки;
- ***Center*** (Центр) – позволяет задать эллиптическое основание конуса, для чего следует указать координаты его центральной точки и значение радиуса по каждой из осей эллипса;
- ***Apex*** (Вершина) – определяет высоту и ориентацию конуса, для этого нужно любым известным способом задать положение вершины конуса;
- ***Height*** (Высота) – устанавливает только высоту конуса, но не ориентацию. Ориентация определяется знаком, стоящим перед значением высоты: при знаке «+» высота откладывается в сторону положительного значения оси ***Z***, при знаке «-» - в сторону отрицательного значения оси ***Z***, то есть строится нижняя или верхняя полупола конуса;
- ***Center point*** (Центральная точка) – создает круговое основание;
- ***Radius*** (Радиус) – позволяет задать круговое основание конуса, для чего нужно ввести центр и радиус основания;
- ***Diameter*** (Диаметр) – используется, если необходимо задать диаметр основания конуса.

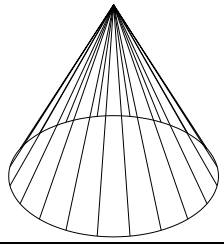
Выполнить упражнения № 101, 102.

Перед построением конуса, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить круговой конус ***№ 101***



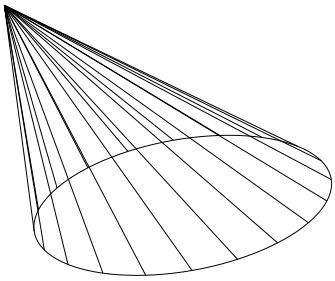
Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания
Specify radius for base of cone or [Diameter]: 45 радиус основания
Specify height of cone or [Apex]: 90 высота



Построить эллиптический конус ***№ 102***



Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: E
режим эллиптического конуса
Specify axis endpoint of ellipse for base of cone or [Center]: 100,100 указать первую точку первой оси эллипса (основания).
Specify second axis endpoint of ellipse for base of cone: 190,200 указать вторую точку первой оси эллипса (основания).
Specify length of other axis for base of cone: 30 указать длину половины второй оси эллипса (основания).
Specify height of cone or [Apex]: A режим для задания вершины конуса
Specify apex point: 110,100,90 координаты вершины конуса



9.5. ЦИЛИНДР



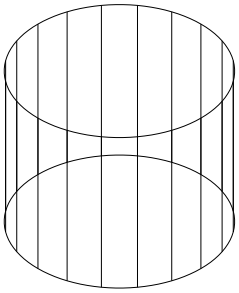
– Команда ***Cylinder*** (Цилиндр) – построение твердотельного цилиндра, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Cylinder*** (Цилиндр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cylinder*** (Цилиндр) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды ***Cylinder*** (Цилиндр) аналогичны опциям команды ***Cone*** (Конус). Ось цилиндра параллельна оси ***Z*** текущей системы координат. В данной команде опция ***Apex*** (Вершина) называется ***Center of other end*** (центр другого основания).

Выполнить упражнение № 103.

Построить цилиндр	***№ 103***

Cylinder Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cylinder***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания
Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 50 радиус основания
Specify height of cylinder or [Center of other end]: 80 высота



9.6. ТОР



– Команда ***Torus*** (Тор) – построение твердотельного тора, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Torus*** (Тор) или щелчком мыши по пиктограмме ***Torus*** (Тор) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

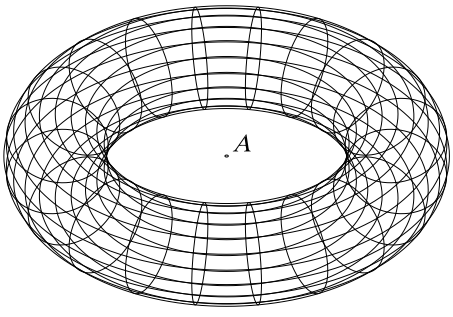
Тор (круговое кольцо) или открытый тор образуется при вращении окружности вокруг оси, лежащей в ее плоскости, но не проходящей через ее центр. У открытого тора различают внутреннюю часть – глобоид и внешнюю. Если окружность пересекает ось тора, то дуга окружности описывает поверхность, напоминающую форму мяча для регби, которая называется закрытым тором. У закрытого тора различают: тор-«яблоко» и тор-«веретено».

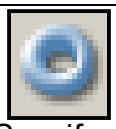
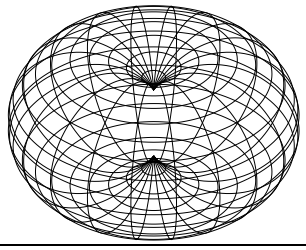
Для построения тора необходимо ввести значения двух радиусов: радиуса образующей окружности-трубы (***Tube***) и радиуса, определяющего расстояние от центра тора до центра образующей окружности-трубы (***Tube***).

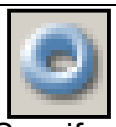
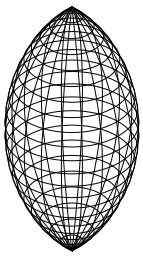
Выполнить упражнения № 104 - 106.

Построить открытый тор	***№ 104***

Torus Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора – точка А
Specify radius of torus or [Diameter]: 100 указать радиус тора
Specify radius of tube or [Diameter]: 30 указать радиус образующей окружности-трубы



Построить тор-«яблоко»	*№ 105*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: 60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 70 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Построить тор-«веретено»	*№ 106*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: -60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 90 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Радиус тора можно задавать отрицательным значением, но тогда значение радиуса образующей окружности должно быть положительным и превосходить абсолютное значение радиуса тора, то есть в этом случае получается закрытый тор. Данное условие необходимо соблюдать, чтобы не получить в итоге пустое тело (тело без объема).

10. ТЕЛА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

10.1. ВЫДАВЛЕННОЕ ТЕЛО

 – Команда ***Extrude*** (Выдавить) – позволяет создавать твердотельные объекты путем «выдавливания» плоского контура (добавляя высоту). Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опция команды:

- ***Path*** (Траектория) – используется для «выдавливания» объекта вдоль направляющей траектории.
- ***Taper angle*** (Угол конусности) – используется для задания угла конусности создаваемого тела, то есть угла между направлением выдавливания и образующими боковых поверхностей тела.

Исходными объектами для «выдавливания» могут являться плоские грани (примитивы ***3D Faces***), замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). «Выдавливание» объекта происходит перпендикулярно плос-

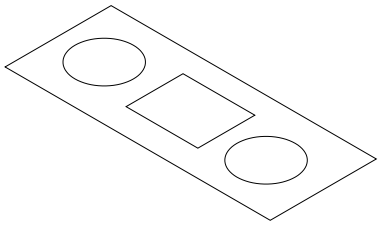
кости ***XY*** текущей системы координат. Объектами-направляющими, вдоль которых может производиться «выдавливание», могут служить отрезки, окружности, дуги окружностей, эллипсы, дуги эллипсов, полилинии или сплайны. При «выдавливании» контура вдоль направляющей угол его наклона относительно направляющей остается постоянным. При создании твердых тел исходные контуры удаляются.

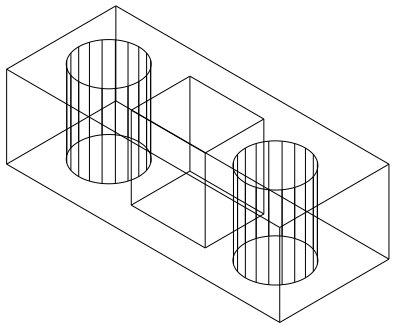
Выполнить упражнения № 107 – 110. Перед выполнением упражнений создайте плоские контуры типа ***Region*** или ***Pline***, ***3D Polyline***.

Построить выдавленное тело ***№ 107***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: Enter угол конусности равен нулю.

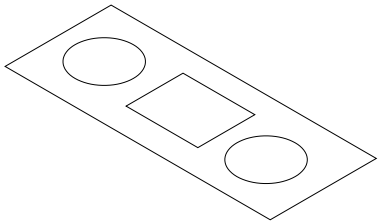


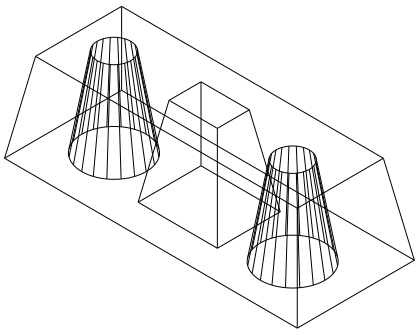


Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности ***№ 108***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: 10 угол конусности.





Значение угла конусности «выдавливаемого» тела должно лежать в пределах от -90^0 до $+90^0$, причем это значение не должно задавать создание самопересекающегося тела.

Построить выдавленное тело вдоль траектории полилинии ***№ 109***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

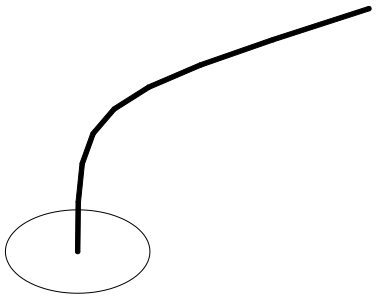
Current wire frame density: ISOLINES=20

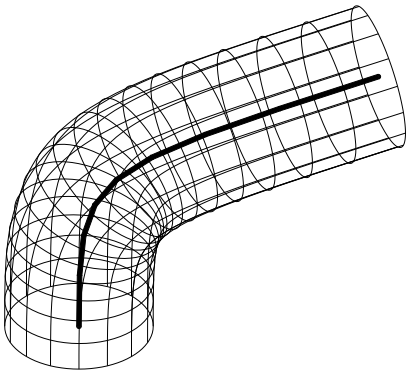
Select objects: указать на окружность

Select objects: Enter

Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: указать на полилинию





Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности, вдоль траектории полилинии ***№ 110***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Select objects: указать на окружность

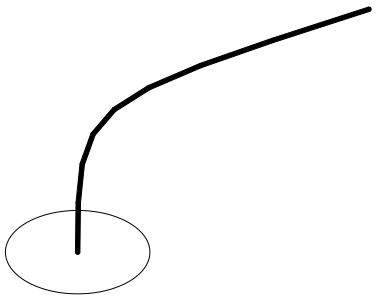
Select objects: Enter

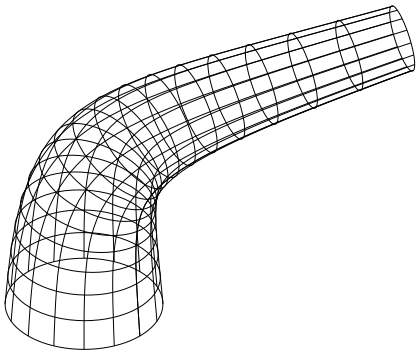
Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: T задать угол конусности

Specify angle of taper for extrusion <0>: 5 значение угла конусности

Select extrusion path: указать на полилинию.





10.2. ТЕЛО ВРАЩЕНИЯ



– Команда ***Revolve*** (Вращать) – позволяет создавать твердотельные объекты путем вращения плоского контура. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Revolve*** (Вращать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Revolve*** (Вращать) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

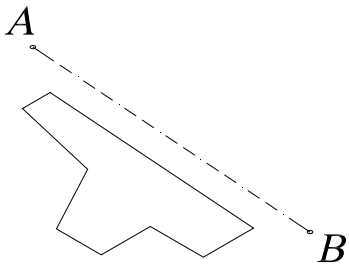
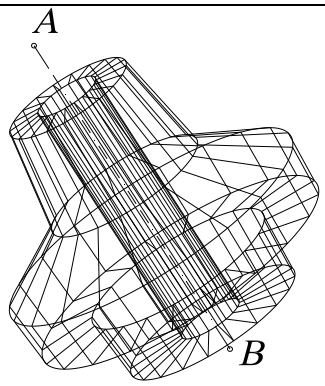
Исходными объектами для вращения могут служить замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). Объектами, задающими направление оси вращения, могут служить отрезки и плоские полилинии. В

последнем случае за ось вращения принимается линия, проходящая через начальную и конечную точки полилинии. При создании твердых тел вращения исходные контуры удаляются.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания оси, определяемой некоторым объектом, то есть необходимо указать объект, который определяет ось вращения;
- ***X (axis)*** (X ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью X текущей системы координат;
- ***Y (axis)*** (Y ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью Y текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 111.

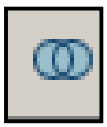
Построить тело вращения	***№ 111***
 ***Revolve*** Падающее меню ***Draw → Solids → Revolve*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Select objects: указать плоский контур Select objects: Enter Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]: указать точку A на оси вращения Specify endpoint of axis: указать точку B на оси вращения Specify angle of revolution <360>: Enter угол поворота контура на 360^0. Установить точку зрения командой 3D Orbit.	
	

11. ТЕЛА, СОЗДАННЫЕ КОМБИНИРОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ

Для создания тел из базовых твердотельных примитивов в ***AutoCAD*** имеются команды, осуществляющие операции теории множеств:

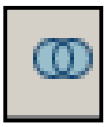
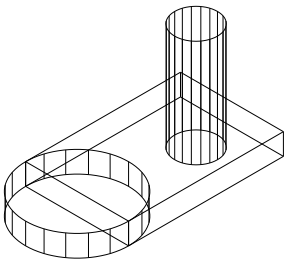
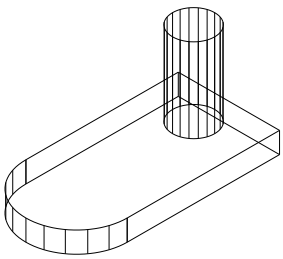
1. ***Union*** (Объединение) – создает сложный твердотельный объект путем объединения нескольких объектов;
2. ***Subtract*** (Вычитание) – позволяет создать новые область или твердотельный объект путем исключения (вычитания) аналогичных объектов. Например, эту команду можно использовать для получения сквозных цилиндрических отверстий в деталях путем вычитания цилиндров;
3. ***Intersect*** (Пересечение) – позволяет создать новый твердотельный объект, который является общей частью всех указанных объектов.

11.1. ОБЪЕДИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Union*** (Объединение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

Выполнить упражнение № 112.

Построить тело путем объединения заданных тел	***№ 112***
 ***Union*** Падающее меню ***Modify → Solids Editing → Union*** Select objects: указать точку на одном цилиндре Select objects: указать точку на втором цилиндре Select objects: указать точку на параллелепипеде Select objects: Enter	
	

Если указанные пользователем твердотельные объекты не пересекаются и не касаются друг друга, то система выполнит формальное объединение этих тел. При этом вновь созданный объект будет восприниматься системой как единое целое, хотя в физическом смысле такой объект будет являться набором отдельных невзаимосвязанных тел.

11.2. ВЫЧИТАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

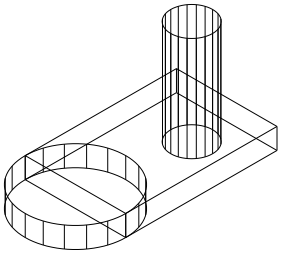
Вычитаемые объекты после выполнения команды удаляются. Если исходное и вычитаемое тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Subtract*** (Вычитание) будет просто удалено вычитаемое тело. Необходимо помнить, что после завершения указания исходных объектов, из которых необходимо исключить другие объекты, нужно нажать клавишу ***Enter***.

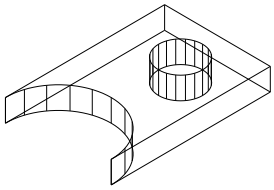
Выполнить упражнение № 113.

Построить тело путем вычитания заданных тел	*№ 113*

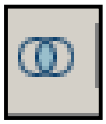


Subtract Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Subtract***
Select solids and regions to subtract from ..
Select objects: указать точку на параллелепипеде
Select objects: Enter
Select solids and regions to subtract ..
Select objects: указать один цилиндр
Select objects: указать второй цилиндр
Select objects: Enter





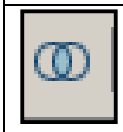
11.3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



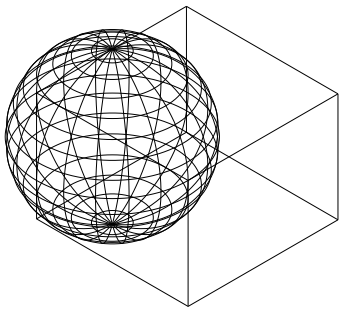
– Команда ***Intersect*** (Пересечение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Intersect*** (Пересечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Intersect*** (Пересечение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

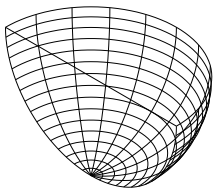
Выполнить упражнение № 114.

Построить тело путем пересечения заданных тел	*№ 114*



Intersect
Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Intersect***
Select objects: выбрать сферу, указав на её любую точку
Select objects: выбрать параллелепипед, указав на любую его точку
Select objects: Enter





Все исходные тела, на основе которых создается новый объект, удаляются. Если исходные тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Intersect*** (Пересечение) эти тела будут просто удалены.

12. ОБЩИЕ СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для редактирования любых трехмерных объектов могут применяться такие универсальные команды, как ***Properties*** (Свойства), ***Copy*** (Копировать), ***Erase*** (Удалить), ***Explode*** (Взорвать), ***Move*** (Переместить), ***OOPS*** (Восстанавливает уничтоженные командой ***Erase*** объекты), ***Redo*** (Отменяет действие одной предыдущей команды: ***Undo*** или ***U***), ***Scale*** (Масштабировать), ***Undo*** (Отменяет действие нескольких команд), а также средство редактирования ***Grips*** («Ручки»). Работа со всеми этими средствами ведется так же, как и при плоском черчении. Кроме того, существуют команды редактирования только в трехмерном пространстве, например, команды поворота, создания массива объектов, зеркальное отображение, снятие фаски, скругления, которые имеют рад особенностей в трехмерном моделировании. Ниже рассматриваются эти команды.

12.1. ПОВОРОТ ВОКРУГ ОСИ

В двумерном пространстве команда ***Rotate*** (Повернуть) производит поворот объекта вокруг указанной точки, при этом направление поворота определяется текущей пользовательской системой координат.

При использовании этой команды применительно к трехмерным объектам производится их поворот относительно оси, проходящей через заданную точку и перпендикулярной плоскости ***XY*** текущей системы координат. Ось поворота может определяться следующими способами: указанием двух точек, объекта, одной из осей координат (***X***, ***Y***, ***Z***), текущего направления взгляда.

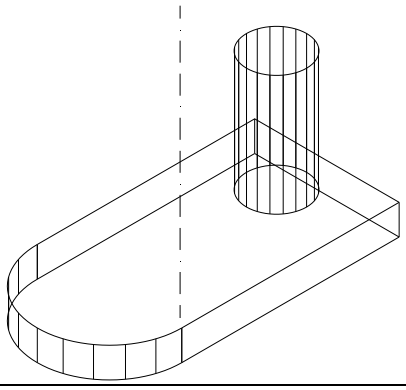
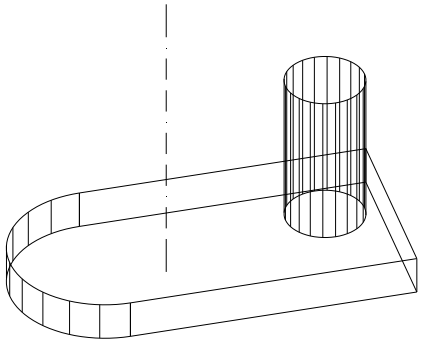
Команда ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) поворачивает объекты относительно произвольно направленной оси. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Rotate3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – поворот вокруг выбранного объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – поворот вокруг оси, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***View*** (Вид) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления вида текущего видового экрана и проходящей через заданною точку, то есть ось перпендикулярна плоскости экрана;
- ***Xaxis*** (X ось), ***Yaxis*** (Y ось), ***Zaxis*** (Z ось) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления соответственно осей ***X***, ***Y***, ***Z*** и проходящей через заданную точку;
- ***2point*** (2 точки) – поворот вокруг оси, проходящей через две заданные точки;
- ***Reference*** (Относительно) – используется для задания относительного угла поворота.

Для определения положительного направления вращения следует ориентировать большой палец правой руки в положительном направлении оси и согнуть остальные пальцы. Положительное направление вращения будет совпадать с направлением, указываемым согнутыми пальцами. Если ось задается двумя точками, то вторая точка указывает положительное направление оси.

Выполнить упражнение № 115.

Повернуть тело вокруг оси	***№ 115***
Rotate3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Rotate3D*** Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 Select objects: выбрать объект, который нужно повернуть Select objects: Enter Specify first point on axis or define axis by [Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: указать верхнюю точку на оси (начало оси) Specify second point on axis: указать нижнюю точку на оси (направление «+» оси) Specify rotation angle or [Reference]: 30 угол положительный, так как положительное направление оси вниз, а положительный угол определяется по правилу правой руки.	
	

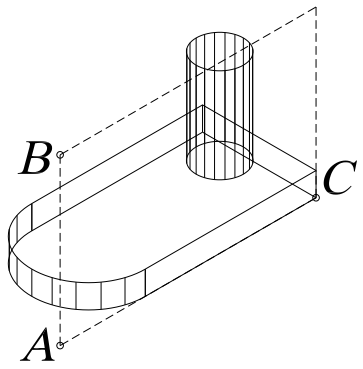
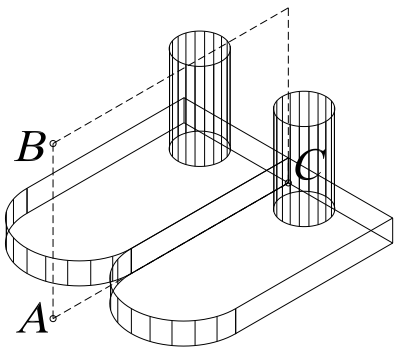
12.2. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТИ (ПЛОСКОСТНАЯ СИММЕТРИЯ)

Команда ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) позволяет создать зеркальную копию объектов относительно произвольно расположенной плоскости. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Mirror3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – отображение относительно выбранного плоского объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***Zaxis*** (Z ось) – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – отображение относительно плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – отображение относительно плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – отображение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

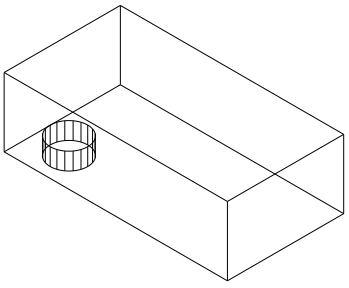
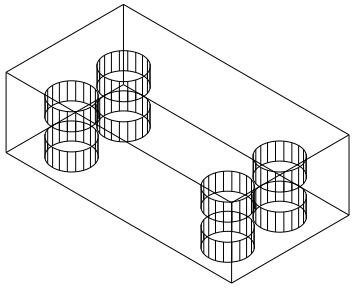
Выполнить упражнение № 116.

Построить плоскостную симметрию объекта	***№ 116***
Mirror3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Mirror3D*** Select objects: выбрать объект Select objects: Enter Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on mirror plane: указать точку B Specify third point on mirror plane: указать точку C Delete source objects? [Yes/No] <N>: не удалять исходный объект, если нужно удалить, то выбрать <Y>.	
	

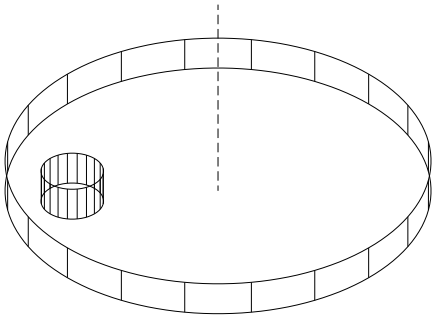
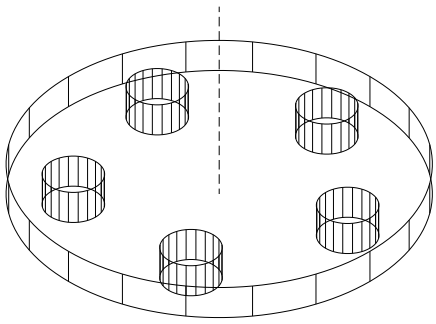
12.3. РАЗМНОЖЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫМ МАССИВОМ

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) создает в пространстве копии объектов в виде прямоугольного или полярного массива. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) **→** ***3D Operation*** (3М операции) **→** ***3DAarray*** (3М Массив) или вводом в командную строку слова ***3DAarray*** с клавиатуры.

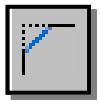
Выполнить упражнения № 117, 118.

Создать прямоугольный массив	***№ 117***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 ввести число рядов (вдоль оси Y) Enter the number of columns (|||) <1>: 2 ввести число столбцов (вдоль оси X) Enter the number of levels (...) <1>: 2 ввести число уровней (вдоль оси Z) Specify the distance between rows (---): 30 расстояние между рядами Specify the distance between columns (|||): 90 расстояние между столбцами Specify the distance between levels (...): 20 расстояние между уровнями	
	

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) отличается от аналогичной команды, применяемой в двухмерном моделировании, тем, что при создании прямоугольного массива объектов, кроме количества столбцов и строк, запрашивается количество уровней (задается вдоль оси ***Z*** от плоскости ***XY***), а при создании кругового (полярного) массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальная и конечная точки которой задаются в ответ на запросы команды.

Создать полярный массив	***№ 118***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>:P полярный массив Enter the number of items in the array: 5 число элементов массива Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>: задать угол для построения Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: поворачивать элементы массива вокруг оси Specify center point of array: указать первую точку, лежащую на оси массива Specify second point on axis of rotation: указать вторую точку, лежащую на оси массива	
	

12.4. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛ



— Команда ***Chamfer*** (Фаска) позволяет создавать фаску (скошенную часть кромки) на пересечениях граней твердого тела, как и в двумерном пространстве. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

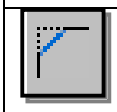
Опции команды:

- ***OK (current)*** (Да (текущая)) – используется для задания в качестве базовой текущей гран тела (при выборе, подсвеченной на графическом экране);
- ***Next*** (Следующая) – используется для выбора в качестве текущей соседней грани тела;
- ***Loop*** (Петля) – используется для задания создания фасок по всем ребрам базовой грани;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер.

При создании фасок между гранями твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

Выполнить упражнения № 119, 120. При выполнении упражнения № 119 создать тело, используя команду ***Subtract*** (Вычитание).

Снять фаску с ребра параллелепипеда ***№ 119***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(NOTRIM mode) Current chamfer Dist1 = 10.0000, Dist2 = 10.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A

Base surface selection... для выбора базовой поверхности

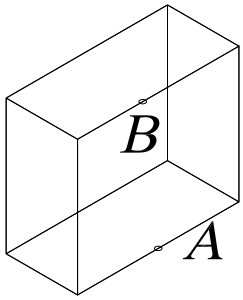
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

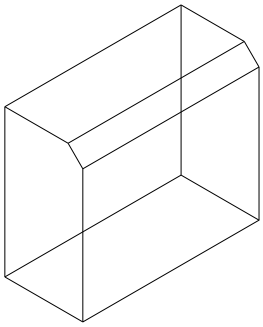
Specify base surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на другой поверхности

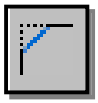
Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





Снять фаску с ребра трехмерного тела ***№ 120***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 40.0000, Dist2 = 40.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A верхней грани объекта

Base surface selection...

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: N режим выбора соседней грани (если на графическом экране при выборе подсвечивается другая грань)

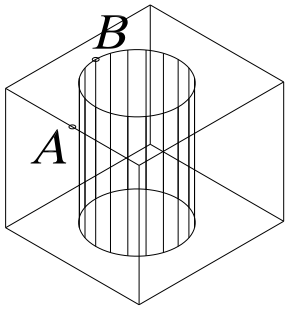
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

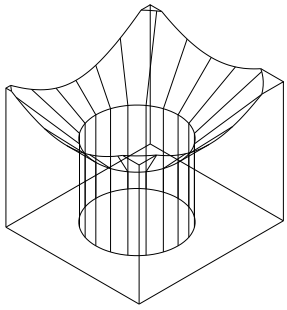
Specify base surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на другой поверхности

Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





12.5. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ ГРАНЕЙ



— Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Опции команды ***Fillet*** (Сопряжение):

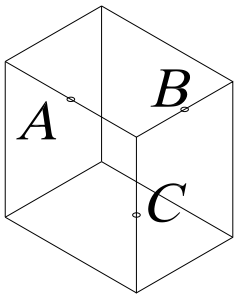
- ***Chain*** (Цепь) – используется для задания скруглений ребер, образующих цепочку;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер;
- ***Radius*** (Радиус) – используется для задания нового радиуса скругления.

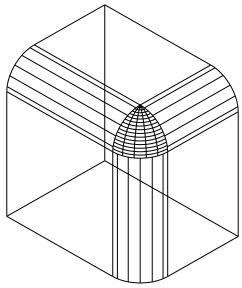
Выполнить упражнения № 121, 122.

Построить сопряжения граней трехмерного тела ***№ 121***

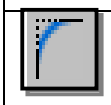


Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее скругляемое ребро – точка A
Enter fillet radius: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка B
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка C
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter
3 edge(s) selected for fillet.

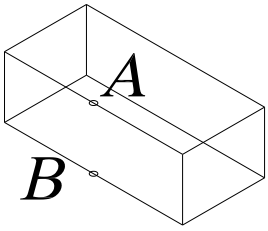


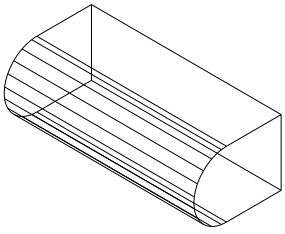


Построить сопряжение грани трехмерного тела ***№ 122***



Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее ребро (точка A)
Enter fillet radius <10.0000>: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать верхнее ребро (точка B)
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter





При создании скруглений ребер твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

12.6. ПОСТРОЕНИЕ СЕЧЕНИЙ



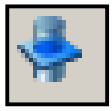
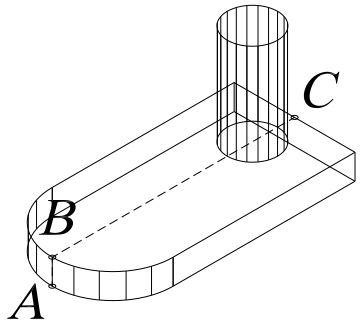
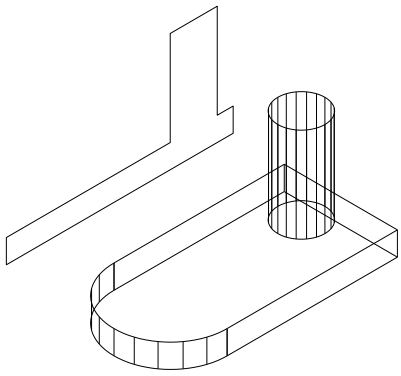
– Команда ***Section*** (Сечение) – позволяет построить сечения (в виде замкнутых областей) твердотельных объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Section*** (Сечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Section*** (Сечение) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – сечение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

В результате выполнения команды создаются объекты типа ***Region***. При применении к этим объектам команды ***Explode*** они разбиваются на отдельные линии, дуги или окружности.

Выполнить упражнение № 123.

Построить сечение трехмерного тела	***№ 123***
 ***Section*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Section*** Select objects: указать объект Select objects: Enter Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on plane: указать точку B Specify third point on plane: указать точку C Переместить полученное сечение.	
	

12.7. ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ



– Команда ***Slice*** (Разрез) – позволяет разрезать набор тел плоскостью и при необходимости удалить отсеченные части объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Slice*** (Разрез) или щелчком мыши по пиктограмме

Slice (Разрез) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – разрез относительно плоскости, проходящей через три заданные точки;
- ***keep Both sides*** (сохранить Обе стороны) – оставляет обе части разрезанного тела.

Выполнить упражнение № 124.

Построить разрез трехмерного тела ***№ 124***



Slice Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Slice***

Select objects: указать объект

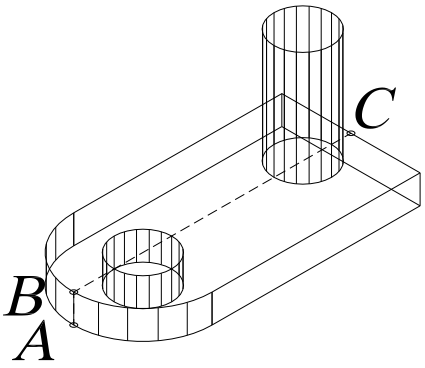
Select objects: Enter

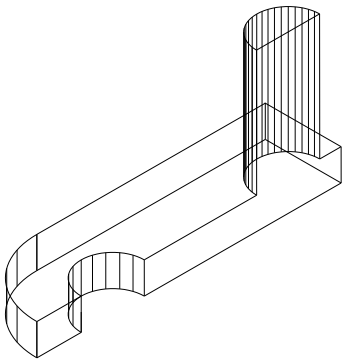
Specify first point on slicing plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A

Specify second point on plane: указать точку B

Specify third point on plane: указать точку C

Specify a point on desired side of the plane or [keep Both sides]: указать курсором точку той части тела, которую надо оставить.





13. РЕДАКТИРОВАНИЕ ГРАНЕЙ, РЕБЕР, ТЕЛ

Команда ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов) используется для выполнения следующих возможных действий: выдавливание, перенос, поворот, смещение, изменение формы тела путем наклона, удаление, копирование, изменение цвета. Команды вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

При вызове команды на первый запрос необходимо ввести опцию редактирования тел:

- ***Face*** (Грань) – используется для перехода в режим редактирования граней твердого тела;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для перехода в режим редактирования ребер твердого тела;
- ***Body*** (Тело) – используется для редактирования общих свойств тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего результата редактирования;
- ***eXit*** (Выход) – используется для завершения работы с командой.

13.1. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГРАНЕЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Face*** (Грань), которая вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Extrude*** (Выдавить) – используется для изменения формы тела путем «выдавливания» одной из граней;
- ***Move*** (Переместить) – используется для изменения формы тела путем переноса его граней;
- ***Rotate*** (Поворот) – используется для изменения формы тела путем поворота его граней;
- ***Offset*** (Сместить) – используется для изменения формы тела путем эквидистантного смещения его граней на определенное расстояние;
- ***Taper*** (Сузить) – используется для изменения формы тела путем наклона его граней;
- ***Delete*** (Удалить) – используется для изменения формы тела путем удаления его отдельных граней;
- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания поверхности, повторяющей конфигурацию граней тела;
- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета граней тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования граней;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов).

Выполнить упражнения № 125- 132.

Выдавить грань трехмерного тела ***№ 125***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A (R используется для исключения грани из набора выбранных граней)

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

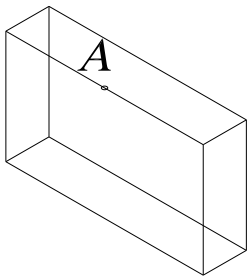
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

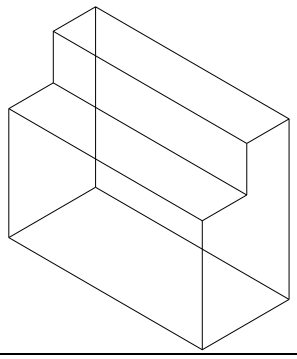
Specify angle of taper for extrusion <0>: угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Enter

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Выдавить грань трехмерного тела ***№ 126***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A на передней грани параллелепипеда

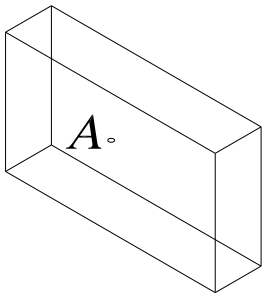
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

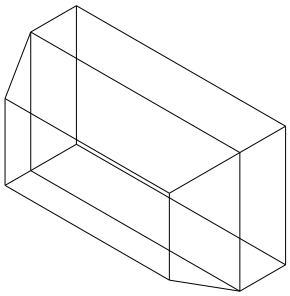
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

Specify angle of taper for extrusion <0>: 25 угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

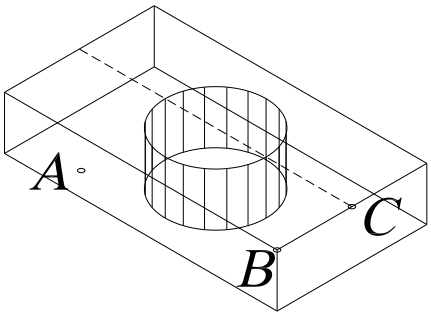


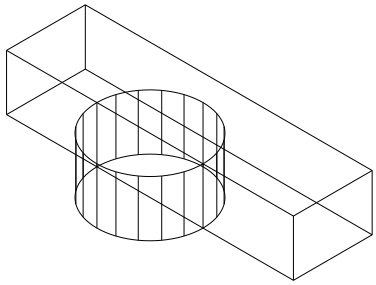


Переместить грань трехмерного тела	*№ 127*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Move faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face грань
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _move
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify a base point or displacement: указать точку B
Specify a second point of displacement: указать точку C
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

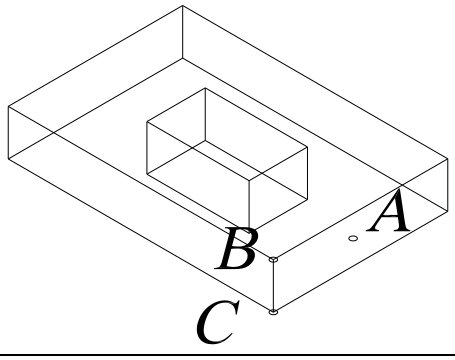


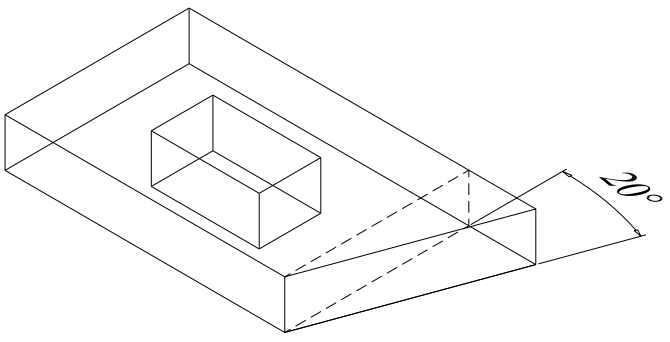


Повернуть грань трехмерного тела	*№ 128*

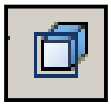


Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Rotate faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _rotate
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>: точка B
Specify the second point on the rotation axis: точка C на оси поворота
Specify a rotation angle or [Reference]: 20 угол поворота
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



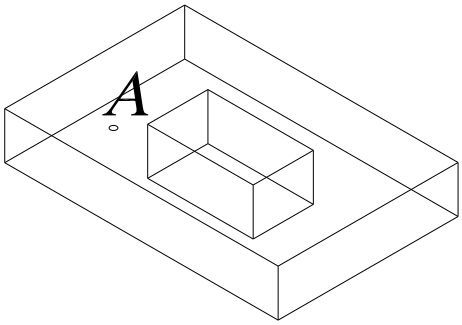


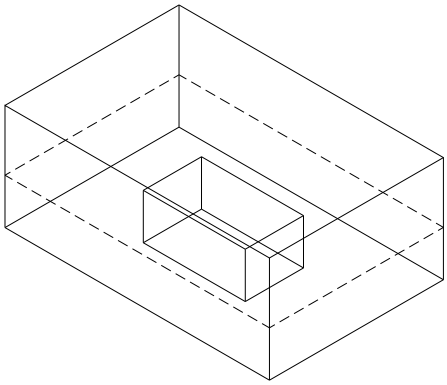
Сместить грань трехмерного тела *№ 129*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Offset faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _offset
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the offset distance: 20 величина смещения
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



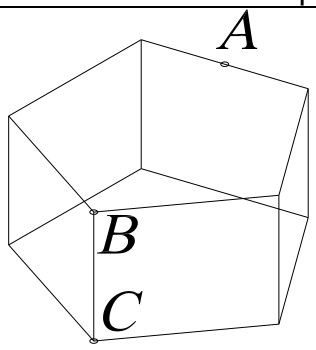


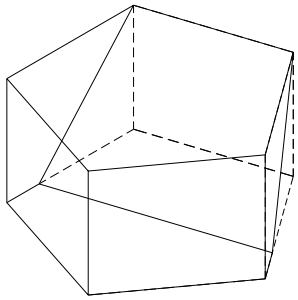
Наклонить грань трехмерного тела *№ 130*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Taper faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _taper
Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the base point: указать базовую точку B
Specify another point along the axis of tapering: указать точку C на оси
Specify the taper angle: 40 угол наклона грани
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

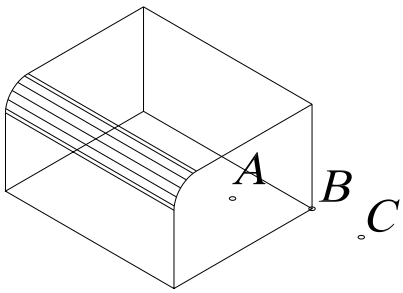


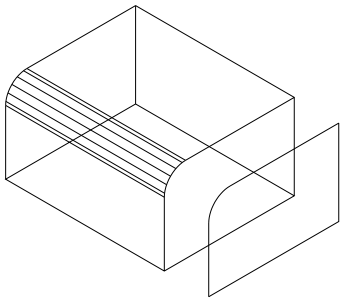


Скопировать грань трехмерного тела	*№ 131*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Copy faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _copy
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify a base point or displacement: указать базовую точку B
Specify a second point of displacement: указать точку C
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

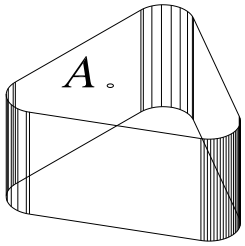


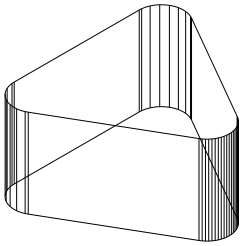


Изменить цвет грани трехмерного тела	*№ 132*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ CoLor faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _color
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





13.2. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ РЕБЕР ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Edge*** (Ребро), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:



- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания объектов, повторяющих конфигурацию ребер тела (дальнейшие действия аналогичны выполнению команды ***Copy*** в двумерном пространстве);



- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета ребер тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования ребер;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

13.3. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ОБЩИХ СВОЙСТВ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Body*** (Тело), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Imprint*** (Вписать 0 – используется для построения линий пересечения тела с другими объектами (Yes (Да) – используется, если после построения линии пересечения объект, которому эта линия соответствует, должен быть удален; No (Нет) – используется, если удалять объект не надо);
- ***seParate solids*** (или ***P***) (Разделить) – используется для разделения на самостоятельные тела объектов, которые воспринимаются системой как единые тела, но физически ими на являются (например, тела, полученные в результате действия команды ***Subtract*** (Вычитание) или ***Union*** (Объединение);
- ***Shell*** (Оболочка) – используется для формирования твердотельной оболочки на основе указанного тела, то есть создает эквидистантные поверхности;
- ***cLean*** (или ***L***) (Очистить) – используется для удаления с поверхности тела, указанного пользователем, всех линий пересечения этого тела с другими объектами;
- ***Check*** (Проверить) – используется для перевода твердотельного объекта, указанного пользователем, в формат ***ACIS***, имеющий более широкие возможности по вычислению формы тел сложной конфигурации;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования свойств тела;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

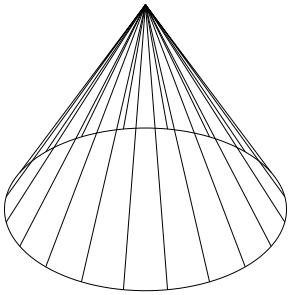
Выполнить упражнение № 133.

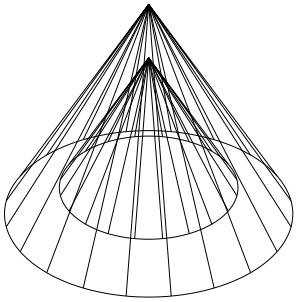
Создать оболочку трехмерного тела	*№ 133*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Shall***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _body
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: _shell
Select a 3D solid: указать тело (указать на теле произвольную точку)
Remove faces or [Undo/Add/ALL]: Enter
Enter the shell offset distance: 10 толщина оболочки
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: Esc





14. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Рассмотрим построение на примере создания трехмерной модели детали, чертеж которой представлен на рис. 166. Ниже описана лишь одна из возможных последовательностей моделирования данного изделия.

1. Создать новый рисунок с помощью команды ***NEW*** (НОВЫЙ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл) → ***New***…(Новый…), или щелчком по пиктограмме ***New*** (Новый) стандартной панели инструментов.

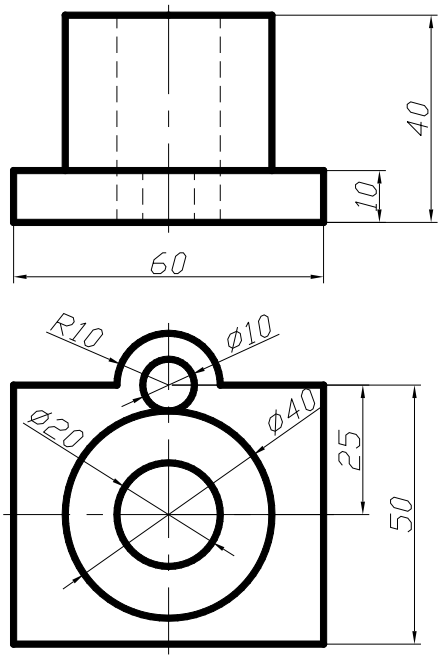


Рис. 166.

2. Для вызова мастера подготовки в диалоговом окне ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка) выбрать пиктограмму ***Use a Wizard*** (Вызов мастера). Далее в списке ***Select a Wizard:*** (Выберите Мастера:) выбрать ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка).

3. В диалоговом окне ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка) при определении области черчения ***Area*** (Площадь) установить размеры чертежа 210x297 (формат А4).

4. Щелчком мыши на кнопке ***GRID*** (Сетка) в строке состояния (или клавишей ***F7***) включить отображение сетки на графическом экране.

5. Отобразить всю область чертежа на экране командой ***Zoom*** (Показать), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Zoom*** (Показать) → ***All*** (Все), или щелчком по пиктограмме ***Zoom All*** (Показать все) стандартной панели инструментов.

6. Сохранить рисунок с помощью команды

QSAVE (БСОХРАНИТЬ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл)→***Save*** (Сохранить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Save*** (Сохранить) стандартной панели инструментов.

7. Установить значение системной переменной ***ISOLINES***, равное 10, что соответствует количеству образующих линий, отображаемых на кривых поверхностях.
8. Создать три видовых экрана с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны), см. упражнение № 90.
9. Установить направление взгляда в трех видовых экранах, см. упражнение 91. Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.
10. С помощью команд ***Pline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность) создать горизонтальную проекцию детали.
11. Используя команду ***Extrude*** (Выдавить), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела), «выдавить» полученную горизонтальную проекцию на соответствующие величины.
12. Выполнить логические преобразования. Объединить параллелепипед и внешний большой цилиндр с помощью команды ***Union*** (Объединение), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел). Затем из полученного тела вычесть внутренний большой и маленький цилиндры с помощью команды ***Subtract*** (Вычитание). Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).
13. Подавить невидимые линии командой ***HIDE*** (СКРЫТЬ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)→***Hide*** (Скрыть линии) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть линии) плавающей панели инструментов ***Render*** (Тонировать).
14. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
15. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа)→***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
16. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
17. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка)→***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).

Для получения блока, которым можно воспользоваться при создании любых чертежей в ***AutoCAD***, применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК). Она загружает окно ***White Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 167, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном рисунке.

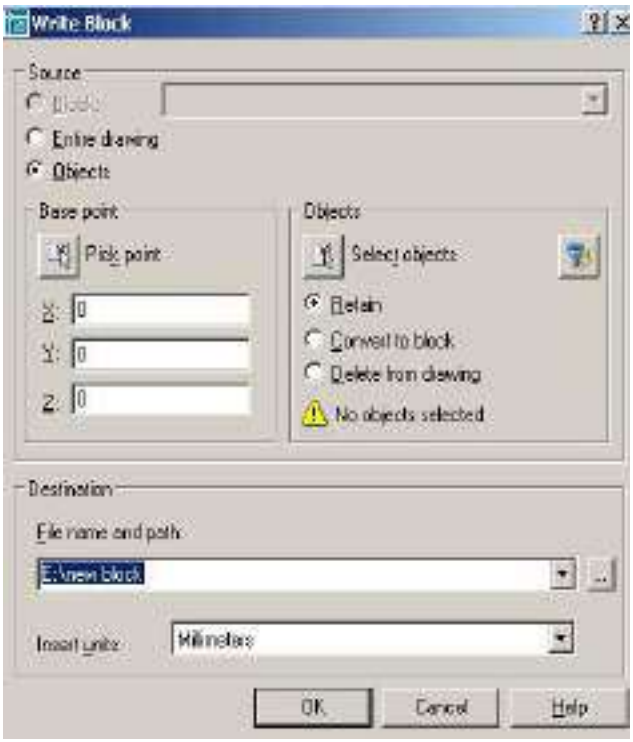


Рис. 167.

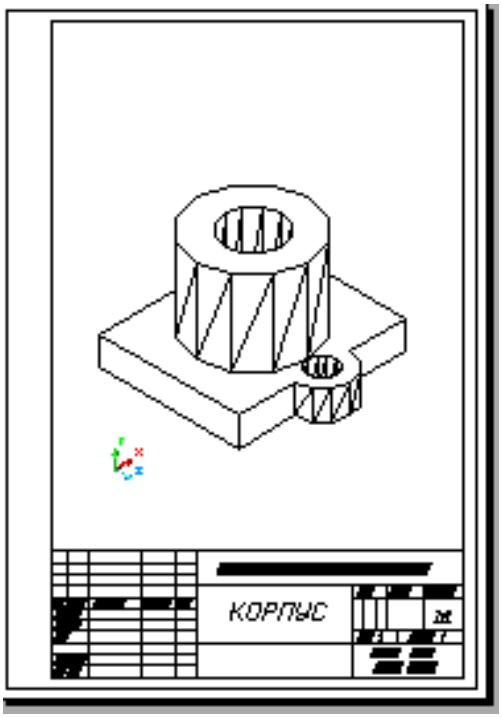


Рис. 168.

18. Создать на листе видовой экран с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***Single*** (1 Вид), а затем указать мышью на графическом экране первый угол видового экрана и второй угол видового экрана.

19. Установить изометрический вид, для чего нужно «войти» в пространство модели (щелкнув два раза клавишей внутри полученной рамки). Затем отредактировать вид, используя команду ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

20. Удалить рамку видового экрана, для этого необходимо выделить рамку, щелкнув клавишей на ней, и «заморозить» слой ***VPORTS*** (этот слой автоматически создается при работе с видовыми окнами).

21. В пространстве листа заполнить основную надпись. Для выхода в пространство листа нужно щелкнуть два раза клавишей за пределами видового окна. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 168.

15. ПЕРЕКРЫВАЮЩИЕСЯ ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ. СОЗДАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ



Команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) автоматизирует процесс создания *перекрывающихся видовых экранов* и ортогональных проекций – проекций на взаимно перпендикулярные плоскости. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***UCS*** (ПСК – пользовательская система координат) – создает вид, параллельный плоскости ***XY*** пользовательской системы координат, которую требуется указать в последующем запросе.

- ***Ortho*** (Ортогональный) – создает вид, перпендикулярный существующему виду, то есть создает ортогональные проекции;
- ***Auxiliary*** (Вспомогательный) – создает дополнительный наклонный вид относительно существующего вида, то есть получаемый на плоскости, непараллельный основным плоскостям проекций;
- ***Section*** (Сечение) – служит для формирования разрезов.

Для каждого создаваемого командой ***SOLVIEW*** (Настройка вида) видового экрана автоматически создается несколько новых слоев. Эти слои имеют имя, совпадающее с именем видового экрана, к которому добавляются расширения, состоящие из трех букв:

- ***DIM*** – слой для размеров;
- ***HAT*** – слой штриховки (только при построении разрезов);
- ***HID*** – слой невидимых линий;
- ***VIS*** – слой видимых линий.

Эти слои можно использовать только для работы с видами, созданными системой ***AutoCAD***. Помимо указанных слоев команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) создает слой VPORTS, на котором размещается общая информация о всех видовых экранах, созданных командой, например, рамки, ограничивающие видовые экраны (если этот слой заморозить, то рамки станут невидимыми).

Замечания:

- Задачи моделирования, такие, как создание и редактирование геометрических объектов, обычно выполняются на вкладке графического поля экрана ***Model*** (Модель). Задачи оформления чертежа, такие, как создание и размещение проекций, проведение осей симметрии, нанесение условных обозначений, выполняются на вкладке графического поля экрана ***Layout*** (Лист). Размеры обычно проставляются на вкладке ***Model*** (Модель).
- На вкладке ***Layout*** (Лист) можно работать как в пространстве модели, так и в пространстве листа. Для того чтобы сделать текущим пространство модели, необходимо поместить курсор мыши в нужный видовой экран и дважды щелкнуть левой клавишей. Для перехода в пространство листа надо переместить указатель за границы видовых экранов и дважды щелкнуть левой клавишей мыши. Можно также переключаться из пространства модели в пространство листа при помощи кнопки в строке состояния.

После созданных плавающих видовых экранов выполняется команда ***SOLDRAW*** (Настройка рисования), которая формирует плоские изображения видов и разрезов в плавающих видовых экранах. При этом строятся видимые и невидимые линии, создающие очерки и ребра тела, а в разрезах выполняется штриховка по установленному шаблону. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку. В ответ на последовательность запросов ***Select object:*** следует указать рамки всех видовых экранов.



ПРИМЕР. Построить твердотельную модель и создать на основании построенной твердотельной модели детали (рис. 166) следующие проекции: фронтальный вид, горизонтальный и профильный разрез.

Создается твердотельная модель (описание построения см. в предыдущем параграфе). Затем используют следующий алгоритм.

1. Установить пользовательскую систему координат (ПСК) параллельно главному виду детали. Для этого необходимо воспользоваться командой ***UCS*** (ПСК), вызвав её из падающего меню ***Tools*** (Сервис) → ***New UCS*** (Новая ПСК) → ***3 Point*** (3 Точки) или из стандартной панели инструментов ***UCS*** (ПСК).

2. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
3. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа) → ***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
4. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
5. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка) → ***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).
6. Создать на чертеже видовые экраны со следующими видами: видом спереди, видом сверху и профильным разрезом, используя команду ***SOLVIEW*** (Настройка вида), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

1) *Получение главного вида – фронтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: U
Enter an option [Named/World/?/Current] <Current>: Enter
Enter view scale <1>: указать масштаб
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Front – ввести имя формируемого вида

2) *Получение вида сверху – горизонтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: O ортогональный режим
Specify side of viewport to project: указать верхнюю границу видового экрана главного вида
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Top – ввести имя формируемого вида

3) *Получение профильного разреза:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: S – сечение
Specify first point of cutting plane: _cen – указать на горизонтальной проекции первую точку режущей плоскости при помощи объектной привязки – центр окружности
Specify second point of cutting plane: @0,0,60 – указать на главном виде вторую точку режущей плоскости при помощи относительных координат
Specify side to view from: указать на виде сверху сторону, которая остается на изображении.
Enter view scale <1>: Enter
Specify view center: указать центр вида
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Section – ввести имя формируемого вида
Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: Enter – завершить работу.

В результате получается изображение, представленное на рис. 169.

7. Выполняют команду ***SOLDRAW*** (Настройка рисования) для формирования в каждом видовом экране плоских изображений. При этом на разрез наносится штриховка (по образцу ***Angle***); все невидимые линии в каждом видовом экране помещаются на слои с суффиксом ***HID*** (<имя>-***HID***), а видимые – на слои с суффиксом ***VIS***. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку.

1. Меняют шаблон штриховки. Для этого переходят в пространство модели, выделяют видовой экран «разрез», затем щелчком левой клавиши мыши выделяют штриховку и вызывают контекстное меню щелчком правой клавиши мыши. В контекстном меню выбирают команду ***HATCHEDIT*** (Редактирование штриховки) и в раскрывшемся диалоговом окне выбирают шаблон штриховки ***ANSI31***.
2. Удаляют невидимые линии на всех проекциях, кроме вида спереди. Для этого «замораживают» соответствующие слои.
3. В пространстве листа наносят оси симметрии.
4. Удаляют рамки видовых экранов, для чего «замораживают» слой ***VPORTS***.
5. На слоях ***VIS*** устанавливают толщину 0,3 мм.
6. В пространстве модели «размораживают и устанавливают текущим слой видового экрана, содержащего вид спереди, с суффиксом DIM, и проставляют необходимые размеры.
7. В пространстве листа заполняют основную надпись. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 170.

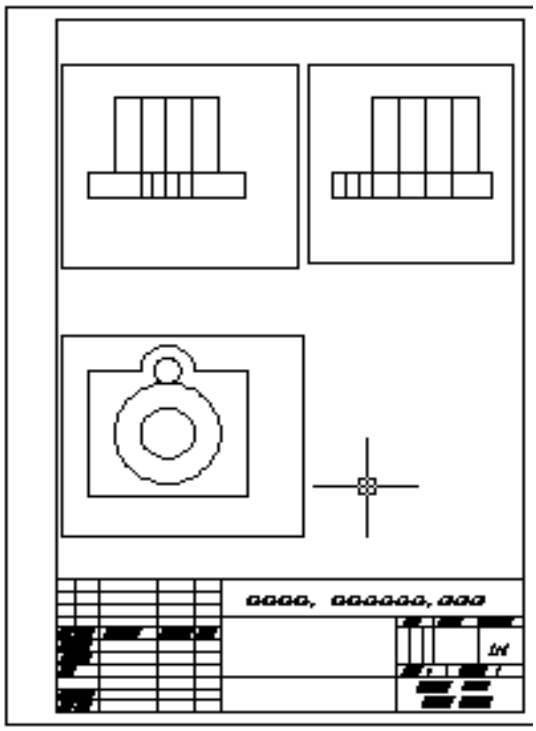


Рис. 169.

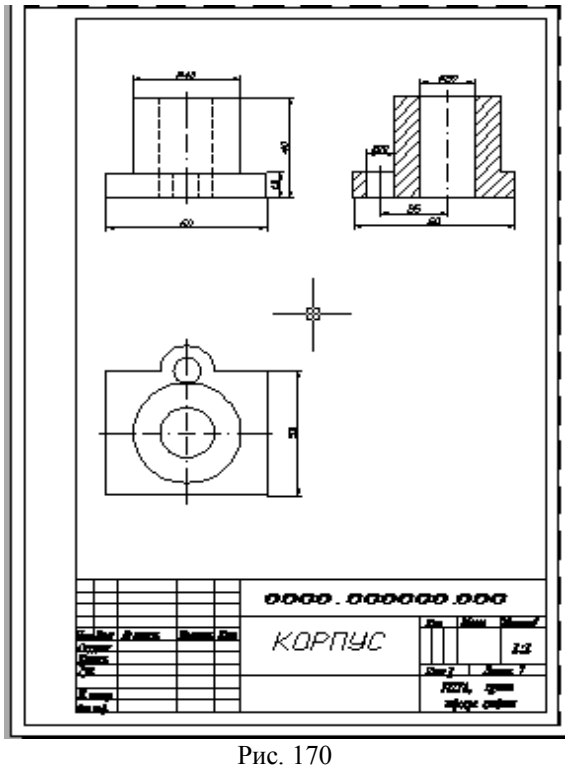


Рис. 170

16. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

В процессе создания трёхмерной модели какого-либо изделия пользователь имеет дело с *каркасным* представлением модели. Все грани моделируемого объекта прозрачны, а потому на экране отображаются как видимые, так и невидимые ребра и изолинии криволинейных поверхностей. Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя разнообразные средства, позволяющие получить изображение трёхмерного объекта, близкое к ре-

альному. По степени сложности выполняемого преобразования и соответственно по качеству результата получаемые с помощью этих средств представления объекта на экране можно разделить на три группы:

- изображения со *скрытием невидимых линий и поверхностей* (***HIDE***);
- раскрашенные изображения *с нанесением теней* (***SHADE***);
- тонированные изображения с учетом характеристик материала, из которого «создан» объект, характеристик источников освещения и их расположения (***RENDER***).

16.1. УДАЛЕНИЕ НЕВИДИМЫХ ЛИНИЙ



Сложные трёхмерные объекты часто оказываются перегруженными множеством линий, что затрудняет чтение и просмотр результатов выполнения какой-либо команды. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) позволяет подавить скрытые (невидимые с данной точки зрения) линии. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Hide*** (Скрыть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть) плавающей панели инструментов ***RENDER*** (ТОНИРОВАТЬ).

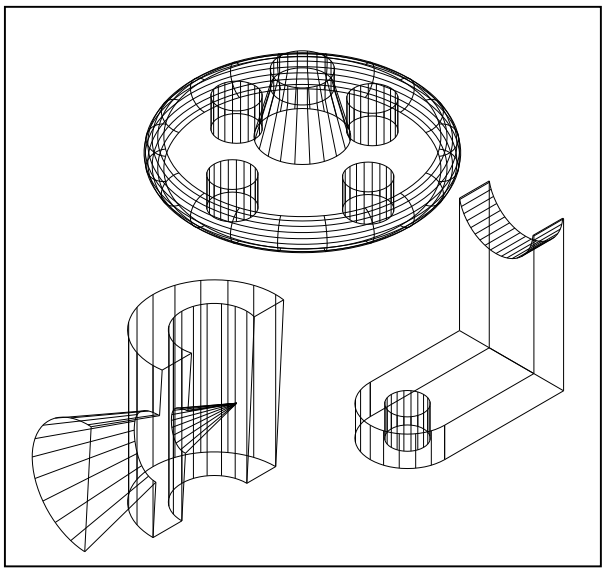
Выполнить упражнение № 134.

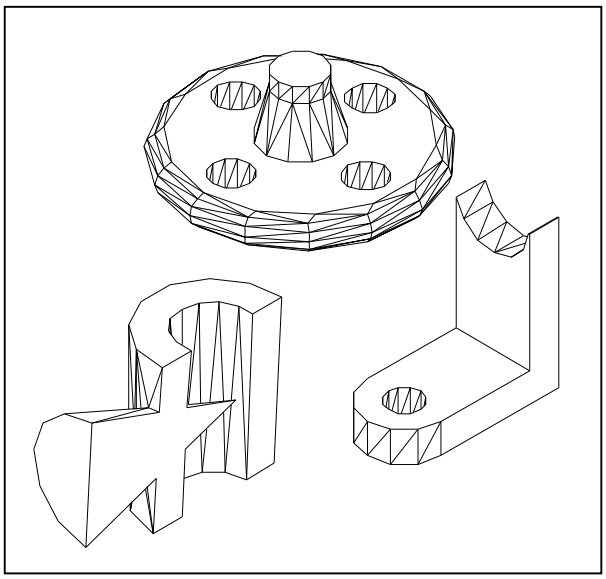
Удалить невидимые линии ***№ 134***



HIDE

Падающее меню ***VIEW → HIDE***





16.2. РАСКРАШИВАНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Раскрашивание – это упрощённая версия тонирования в ***AutoCAD***. Раскрашивание используется, когда необходимо быстро получить наглядное представление модели, особенно включающей пространственные объекты с поверхностями. При этом предусматривается наличие одного источника света, который автоматически размещается позади камеры. Для выполнения раскрашивания выберите в меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Shade*** (Раскрашивание) или введите в командную строку команду ***SHADEMODE***. Ниже перечислены опции этой команды.

- ***2D wireframe*** (2М каркас). Отображение объектов в привычной каркасной модели без всякого раскрашивания;
- ***3D wireframe*** (3М каркас). Отображение объектов в виде каркасной модели, но вместе с трёхмерной пиктограммой ПСК;
- ***Hidden*** (Срыть). Эквивалентна выполнению команды **HIDE**;
- ***Flat Shaded*** (Без тени).Формирование «плоской» без полутонов заливки областей, ограниченных контурами граней. При этом не учитывается ориентация граней, а соответственно и изменение вследствие этого их освещённости;
- ***Gouraud shaded*** (Гуро). Формирование сглаженного полутонового перехода между поразному ориентированными гранями. В результате создаётся реалистичное представление объекта, подчёркивающее его криволинейную пространственную форму;
- ***Flat Shaded, Edges On*** (Без тени с кромками). Комбинация плоской заливки с каркасным представлением ребер. Именно этот вариант рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов;
- ***Gouraud shaded, Edges On*** (Гуро с кромками). Комбинация раскрашивания по методу Гуро с выводом каркасного представления рёбер. Этот вариант также рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов.

16.3. ТОНИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Панель инструментов RENDER (Тонировать) (рис.171).

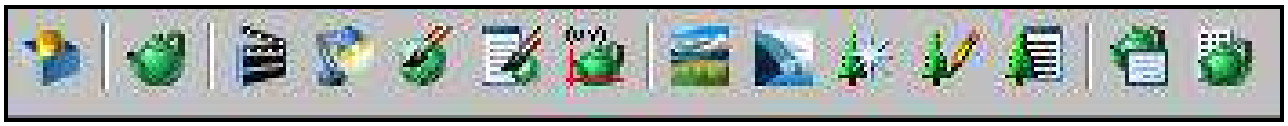
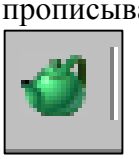


Рис. 171.

Плавность тонированных тел с криволинейными поверхностями регулирует системная переменная ***FACETRES***. Она связана с точностью аппроксимации, заданной в команде ***VIEWRES*** (НАСТРВИД). Если значение системной переменной ***FACETRES*** равно 1, степень аппроксимации криволинейных поверхностей тел равна степени аппроксимации окружностей, дуг и эллипсов. Если этой переменной присвоить значение 2, точность аппроксимации для тел будет вдвое выше, чем для окружностей, дуг и эллипсов и т. д. Значение ***FACETRES*** по умолчанию равно 0.5. Диапазон допустимых значений – от 0.01 до 10. Для изменения значения ***FACETRES*** в командной строке прописывается слово ***FACETRES***↵ / прописывается числовое значение от 0.01 до 10.



Диалоговое окно ***RENDER*** (Тонировать) загружается командой ***RENDER*** (Тонировать), которая вызывается из падающего меню Падающее меню ***View*** (Вид)⇒ ***Render…*** (Тонировать…) ⇒ ***Render*** (Тонировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов.

Вывод тонированного изображения определяется в области ***Destination*** (Место назначения), для чего нужно выбрать одно из трёх значений раскрывающегося списка:

- ***Viewport*** (Видовой экран) – вывод изображения в видовой экран;
- ***Render Window*** (Окно) – отдельное окно ***Render***;
- ***File*** (Файл) – в файл.

Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя три вида тонирования:

- ***Render*** (Упрощенное) - тонирование без добавления источников света, присвоения материалов и определения сцен. Данный режим предоставляет наименьшие возможности на-

стройки и моделирования различных эффектов визуализации, но позволяет быстрее всего получить результаты;

- ***Photo Real*** (Фотореалистичное) – более реалистичное тонирование с возможностью отображения растровых и прозрачных материалов, а также моделировать различные эффекты при отображении теней;
- ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) – ещё более реалистичное тонирование, основанное на алгоритме обратной трассировки световых лучей для регенерации отражения, преломления и точного определения освещённости.

Загрузка системы тонирования происходит автоматически при первом запуске команды тонирования: ***RENDER*** (Тонировать), ***SCENE*** (СЦЕНА), ***LIGHT*** (СВЕТ), ***RMAT*** (МАТЕРИАЛ), ***MATLIB*** (Библиотека Материалов), ***BACKGROUND*** (ФОН) и др.

Выполнить упражнение № 135.

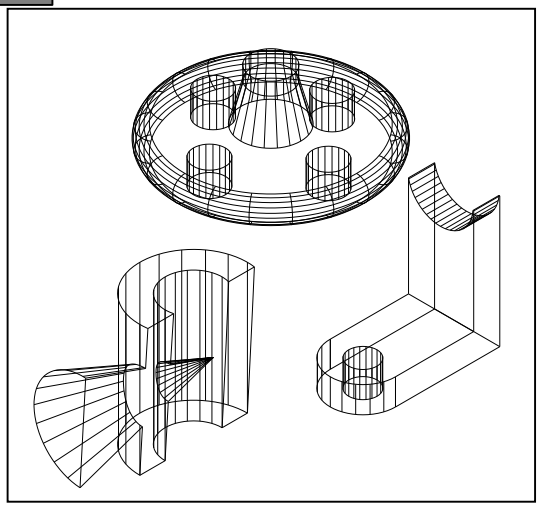
Тонировать объекты ***№ 135***

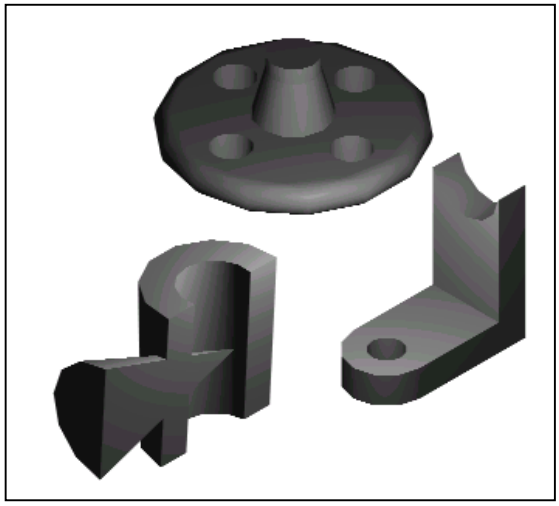


RENDER

Падающее меню ***VIEW → RENDER → RENDER***

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.4. ВКЛЮЧЕНИЕ ФОНА В ИЗОБРАЖЕНИЕ СЦЕНЫ

В ***AutoCAD*** имеется несколько функций для добавления фона в создаваемую сцену. В качестве фона можно выбрать изображение неба, добавить элементы ландшафта и др., вызываемой командой ***BACKGROUND*** (ФОН).



Команда ***BACKGROUND*** (ФОН) загружается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render…***(Тонировать…)⇒***Background*** (Фон) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. Существуют четыре типа фона, которые выбираются соответствующими переключениями:

- ***Solid*** (Сплошной) – сплошной одноцветный фон, выбранный из палитры цветов;
- ***Gradient*** (Переход). Фон содержит до трёх цветов, плавно переходящих друг в друга;
- ***Image*** (Изображение) – фон в виде растровой картинки. Эту картинку можно изменять по размеру и положению, а также можно размножить по прямоугольной сетке, заполняя весь фон;
- ***Merge*** (Слияние). Позволяет использовать в качестве фона текущее изображение на экране ***AutoCAD***. Это имеет смысл в том случае, когда тонирование выполняется только по отношению к части экрана. В результате формируется совмещённое изображение тонированного объекта и нетонированного фона.

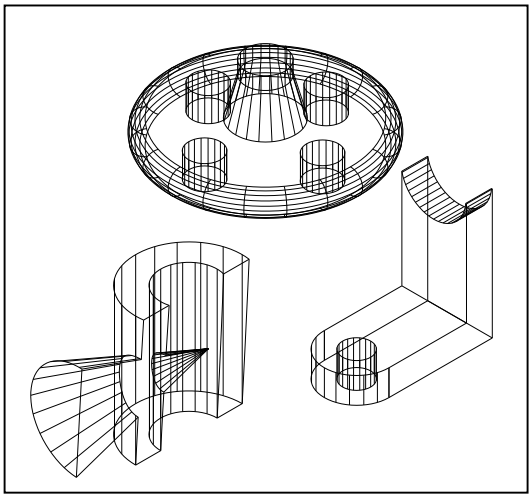
Выполнить упражнение № 136.

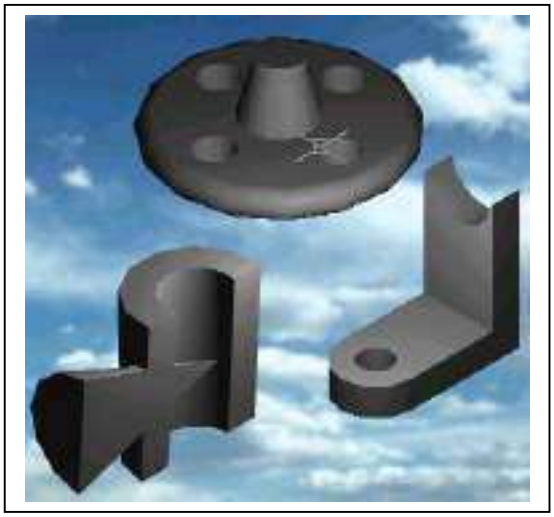
Тонировать объекты с установкой тона ***№ 136***



BACKGROUND

Падающее меню ***VIEW → RENDER → BACKGROUND***
В диалоговом окне BACKGROUND установить режим Image.
В области Image в поле Name ввести имя файла sky.tga
или найти другой файл, нажав кнопку Find File (Найти файл)
В диалоговом окне Render нажать кнопку Render

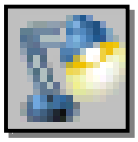




16.5. НАСТРОЙКА ОСВЕЩЕНИЯ

При настройке процесса тонирования по умолчанию ***AutoCAD*** использует один источник света позади камеры. Однако это редко бывает достаточно. В ***AutoCAD*** имеется четыре вида источника света: рассеянный свет (***Ambient light***) и направленные источники света трёх типов:

- ***Point light*** (Точечный источник) – это аналог обычной электрической лампочки. Свет проходит из определённой точки в пространстве модели и распространяется по всем направлениям. Точечный свет рассеивается, то есть его интенсивность уменьшается по мере удаления от источника;
- ***Distance light*** (Удалённый источник) – соответствует солнечному освещению. Источник расположен очень далеко, поэтому световой поток предполагается параллельным, и не учитывается спад интенсивности;
- ***Spotlight*** (Прожектор) – отличается от точечного источника света тем, что создаёт направленный световой поток. Поэтому для прожектора указывается не только его расположение, но и положение целевой точки – два набора координат вместо одного. Кроме того, прожектор имеет более яркий центр вместо одного.



Формирование новых и модификация уже созданных источников света осуществляются командой ***LIGHT*** (СВЕТ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Light*** (Свет) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Lights*** (Источники света) (рис. 172).

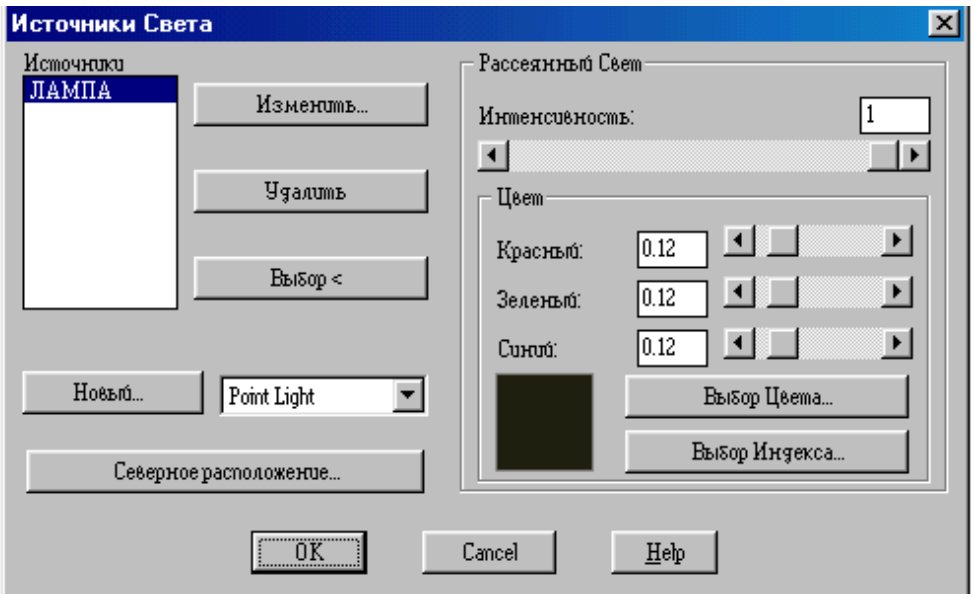


Рис. 172.

Выполнить упражнение № 137.

Создание точечного источника света ***№ 137***



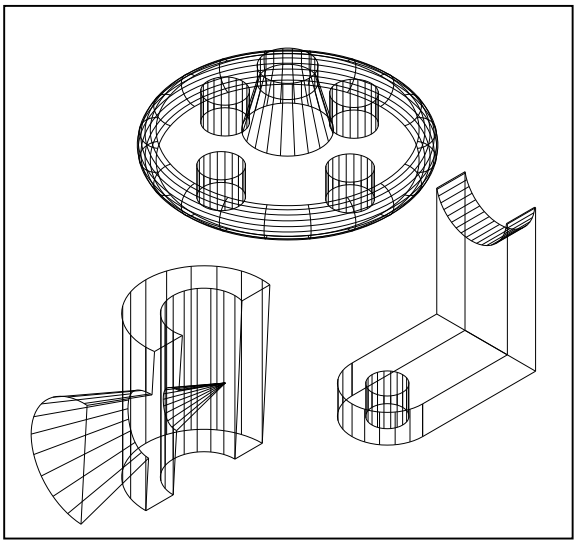
LIGHT Падающее меню ***VIEW → RENDER → LIGHT***

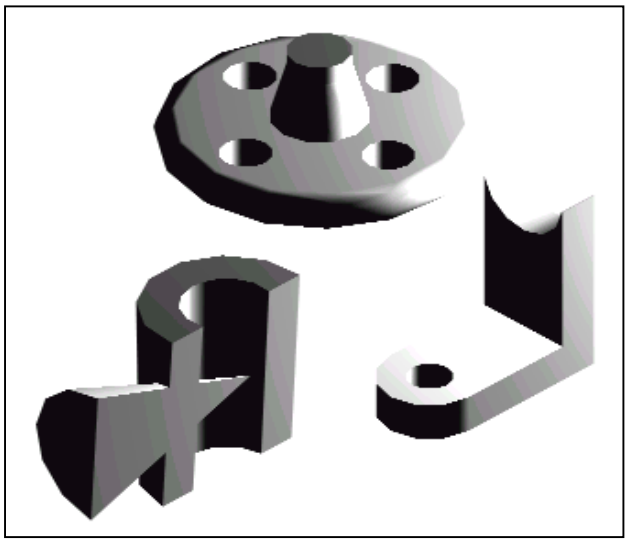
В диалоговом окне Lights (Источники света) выбрать Point Light и нажать кнопку New (Новый).

В поле Name диалогового окна New Point Light ввести имя источника света (можно создать несколько источников) и нажать кнопку Показать/Изменить, ОК (на экране появятся точечные объекты, показывающие нахождение созданных источников света).

Курсором мыши можно изменить местонахождение источников света, ОК

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.6. ТЕНИ

Свет от источников позволяет создавать тень только в режимах визуализации ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) и отключается при тонировании флажком-выключателем ***Shadows*** (С тенями). В режиме ***Render*** (Упрощенное) свет проходит сквозь поверхности, не создавая теней.

Тени бывают трёх типов: объёмные, карты теней и тени трассировки луча. Настройка типа тени осуществляется в диалоговом окне источника света любого типа, например, в диалоговом окне ***New Point Light*** (Новый точечный источник света). Для этого необходимо в области ***Shadows:*** (Тени:) установить флажок ***Shadows On*** (Включить) и щелкнуть по кнопке ***Shadows Options…***(Параметры теней…). В раскрывшемся окне ***Shadows Options…***(Параметры теней…) включенный флажок ***Shadows Volumes/Raytrace*** (Объёмные тени/Тени трассировки луча) устанавливает тени для режима ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и режима ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча).

16.7. РАБОТА С МАТЕРИАЛАМИ

В ***AutoCAD*** под материалами понимаются оптические свойства отдельного объекта модели – цвет, шероховатость, текстура поверхности, способность к поглощению и отражению света.



Команда **RMAT** (Материал) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Materials…***(Материал…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Materials*** (Материалы) (рис. 173).

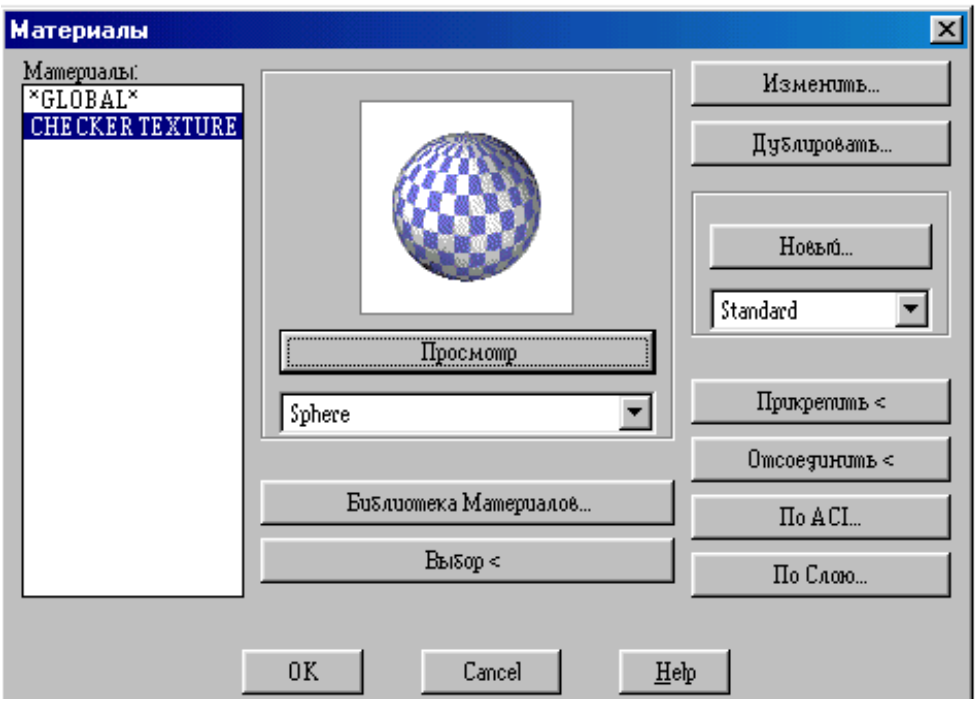


Рис. 173.

Выполнить упражнение № 138.

Тонировать объекты с установкой материала ***№ 138***



RMAT Падающее меню ***VIEW → RENDER → MATERIALS***

В диалоговом окне MATERIALS (Материалы) выбрать кнопку Materials Library (Библиотека материалов).

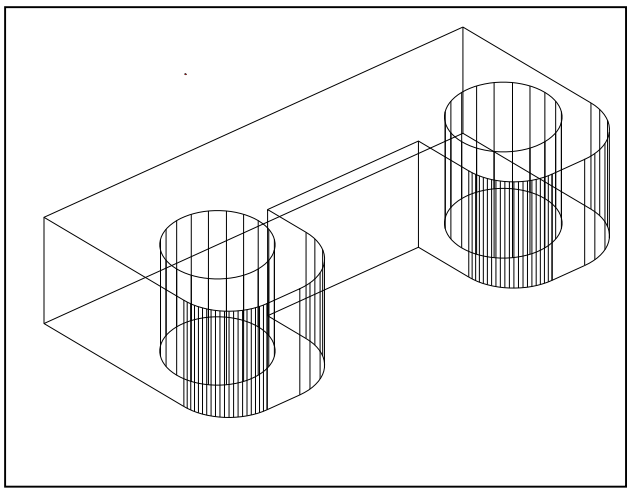
В диалоговом окне Materials Library (Библиотека материалов) в области Current Library (Текущая библиотека) подобрать материал:CHECER TEXTURE, просматривая его в окне Preview.

Импортировать материал в область Current Drawing (Текущий рисунок), нажав кнопку <-Import.

В диалоговом окне MATERIALS выбрать кнопку Attach< (Присвоить).

Выбрать объект.

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить твердотельную модель заданной детали (прил. 5).

2. Построить твердотельную модель заданной детали, согласно своему варианту (прил. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерная графика – дисциплина, обучающая методам изображения предметов и общим правилам черчения с применением компьютерных технологий.

Скорость, точность и легкость, с которыми создаются модели проектируемых изделий, широкие возможности их преобразования и редактирования, различные способы получения плоских изображений этих изделий (видов, разрезов, сечений), ассоциативно связанных с моделями, - все это обеспечивает огромную экономию времени по сравнению с «ручным» черчением. Но при этом не следует забывать о законах формирования геометрических моделей, теория которых излагается в начертательной геометрии.

Многообразие систем информационных технологий требует от специалиста умения применять свои знания при решении конкретной задачи, компонентами которых являются: умение осознать, формулировать и творчески решать задачи; умение ориентироваться в многообразии программных продуктов, существующих на сегодняшний день; чётко представлять возможности и характеристики того или иного пакета прикладных программ; умение выбрать наиболее оптимальный путь из предложенных для решения конкретной задачи; умение быстро перестраиваться при смене программного обеспечения.

Как показывает анализ действий специалистов на предприятиях различного профиля, можно быть прекрасным программистом, владеющим средствами вычислительной техники и совершенно не представляющим, как формируется модель изделия. И наоборот, можно быть специалистом в своей предметной области и не учитывать специфических особенностей использования вычислительной техники и программных средств.

Однако геометрическая теория моделирования позволяет объединить знания для раскрытия возможностей применения определённых алгоритмов и взаимодействия их с различными пакетами прикладных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы сечения. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

Романычева Э. Т., Соколова Т. Ю. Компьютерная технология инженерной графики в среде AutoCAD 2000: Учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2001. 656 с.

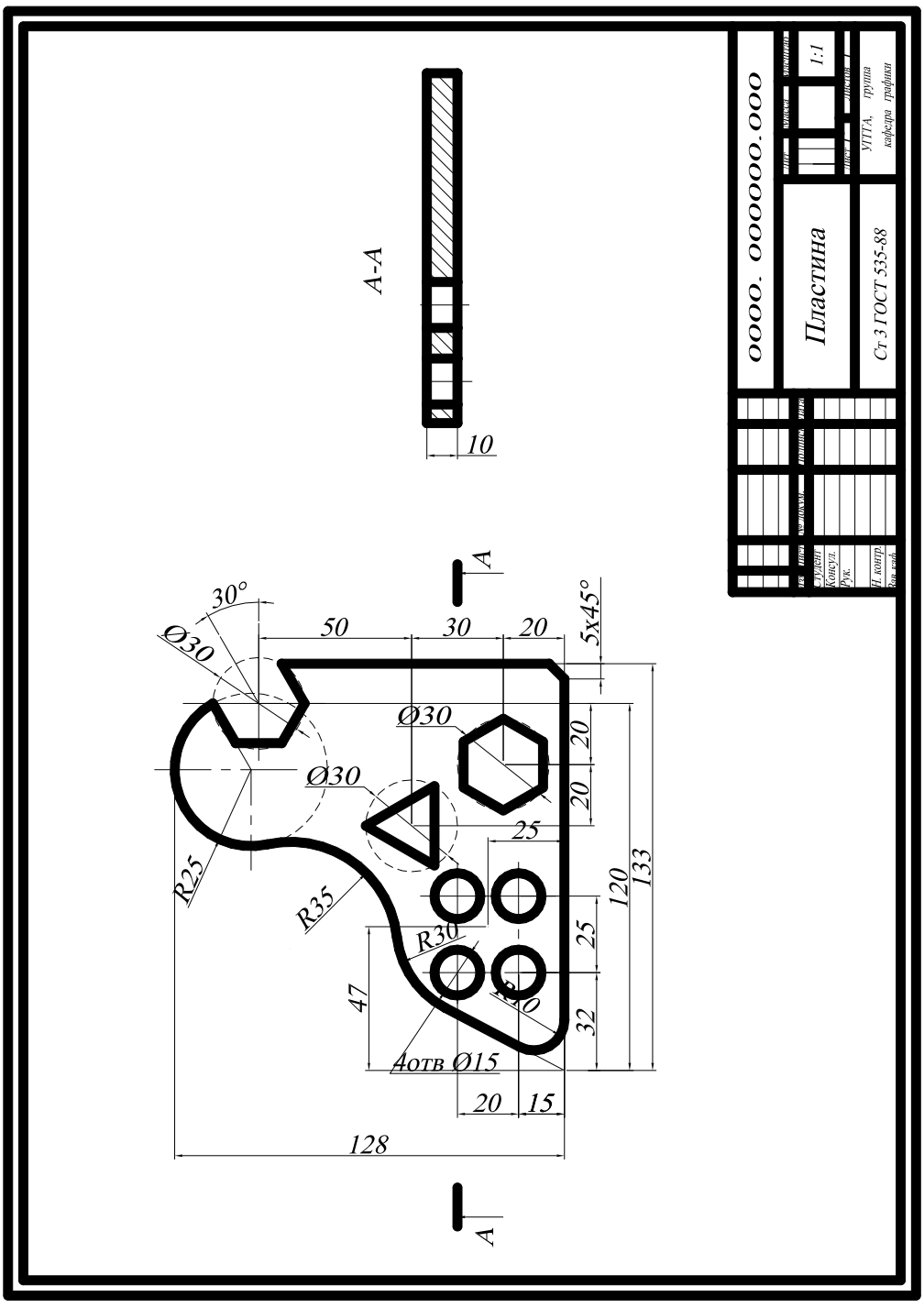
Шангина Е.И. Инженерная графика. Теория и приложения: Учебно-методическое пособие (допущено УМО РФ в области горного дела). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 256 с., ил.

Федоренков А. П., Басов К. А., Кимаев А. М. AutoCAD 2000: Практический курс. М.: Издательство «ДЕСС», 2000. 528 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

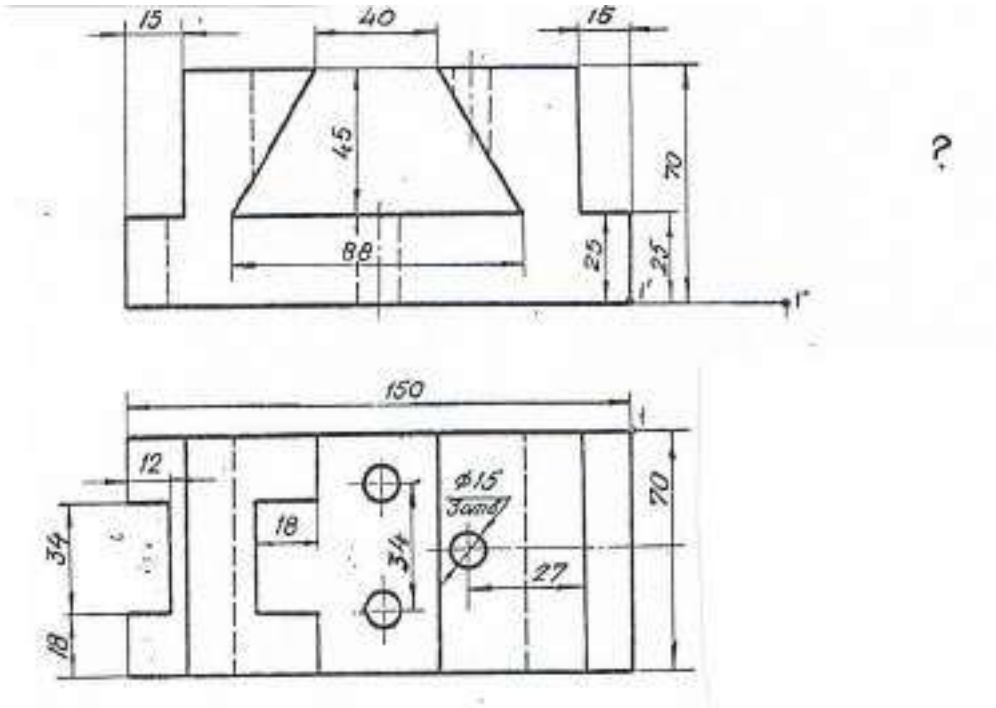
Приложение 1

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

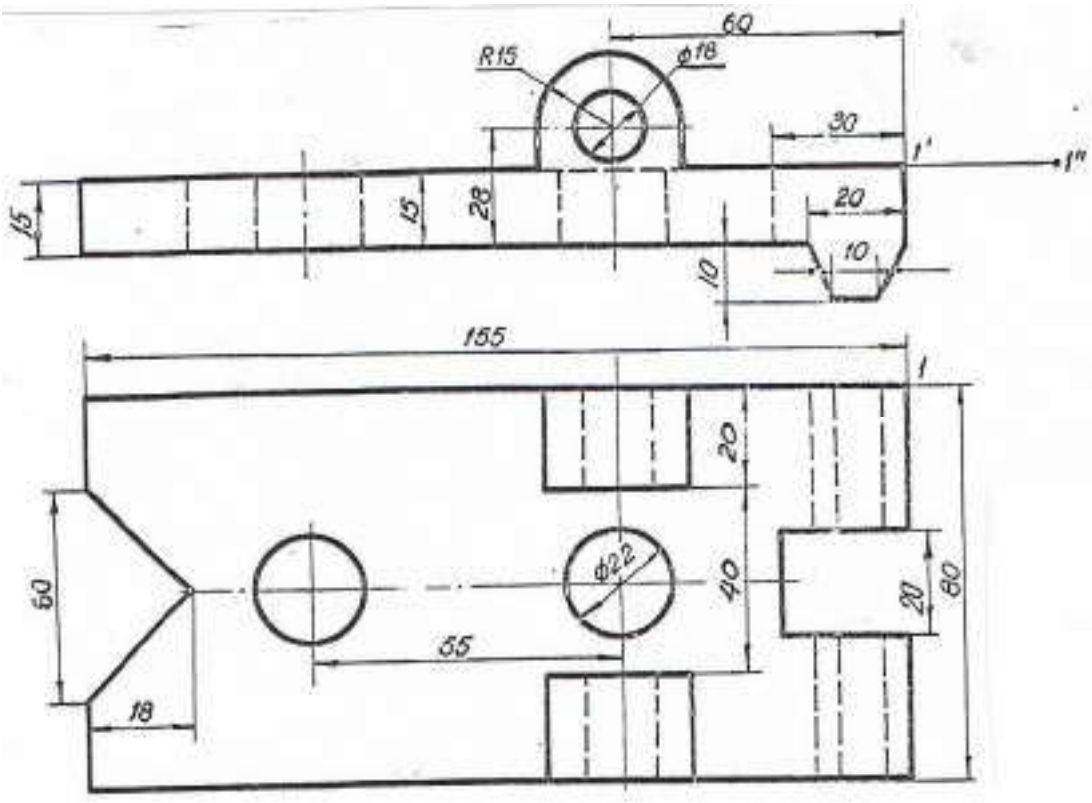


Приложение 2

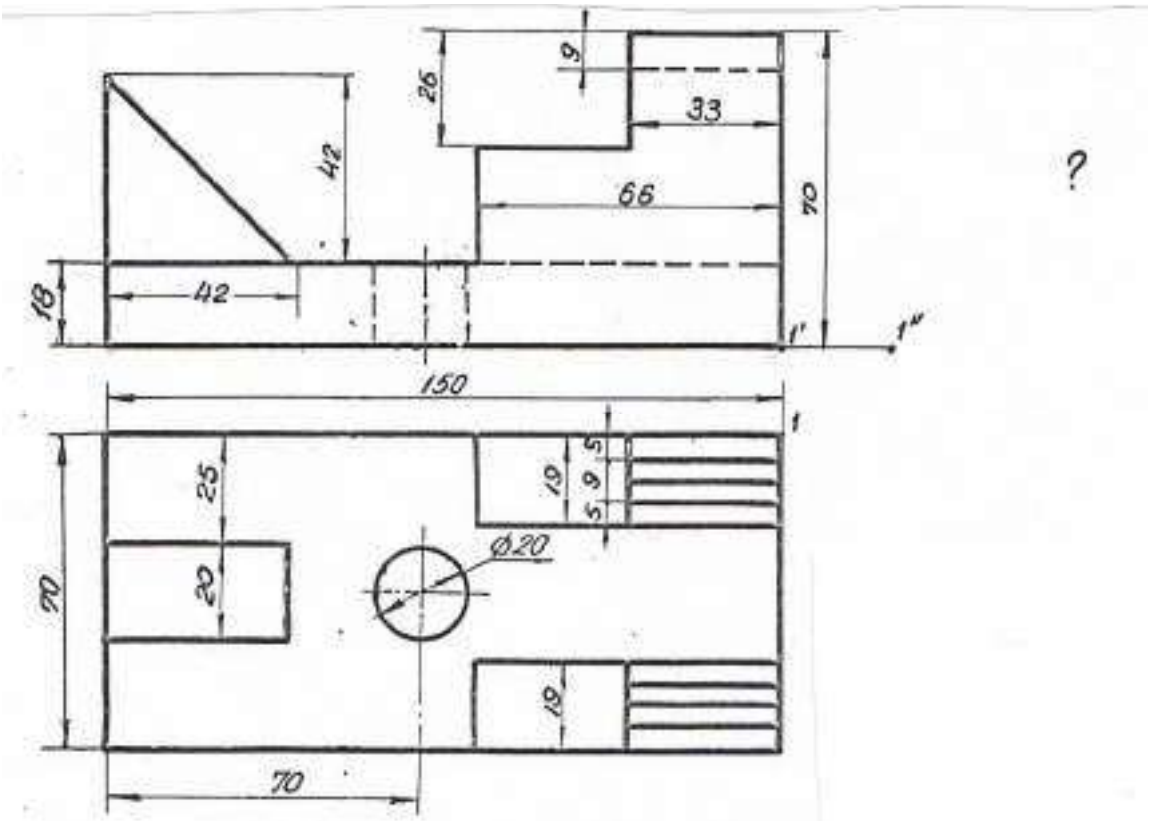
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1



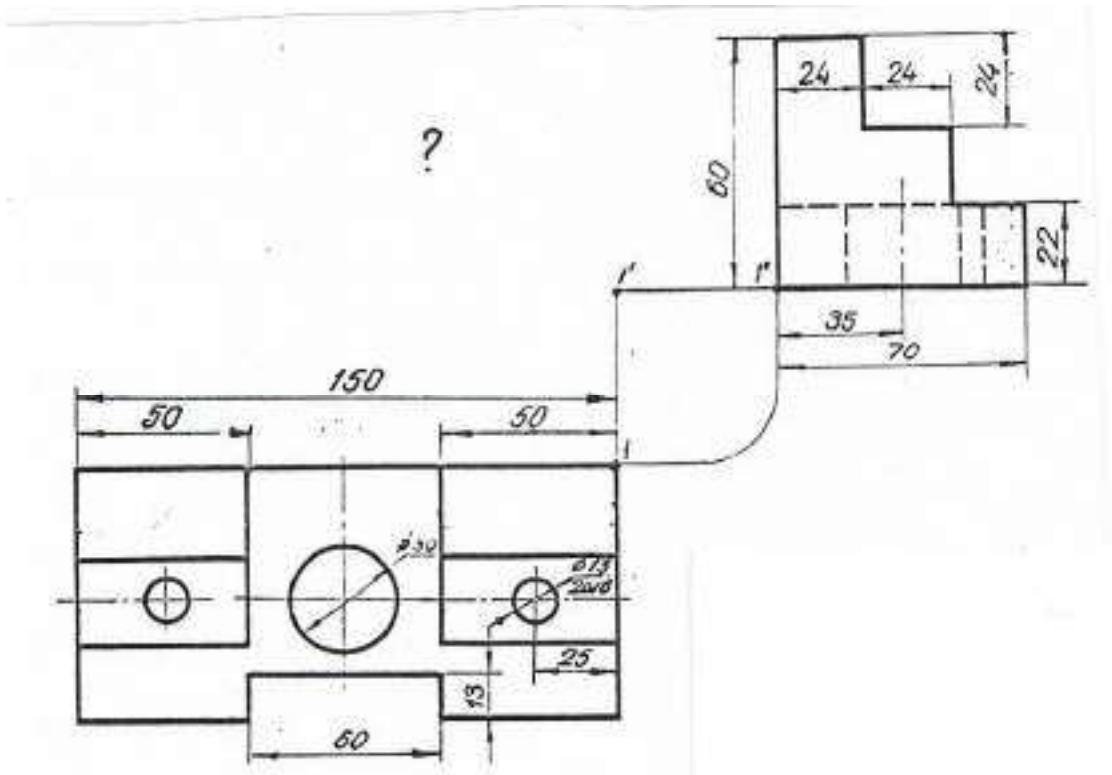
Вариант 1. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и половину профильного разреза.



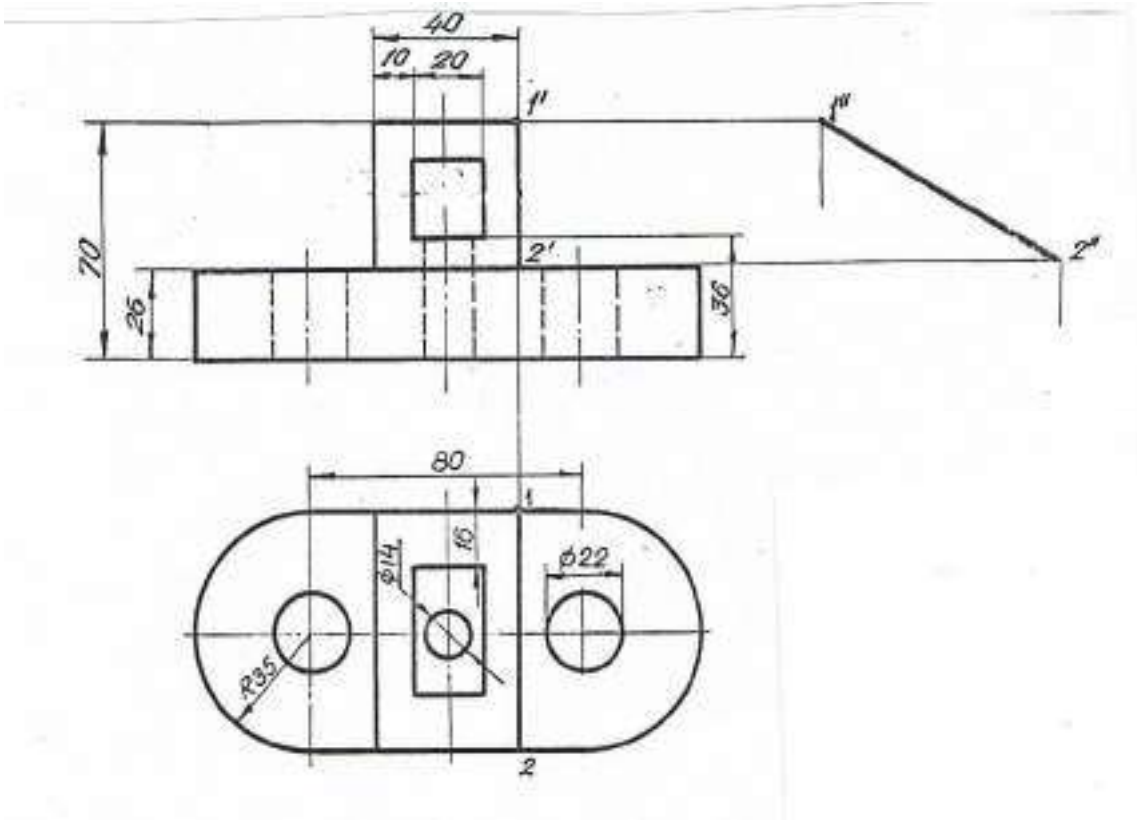
Вариант 2. Вычертить накладку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



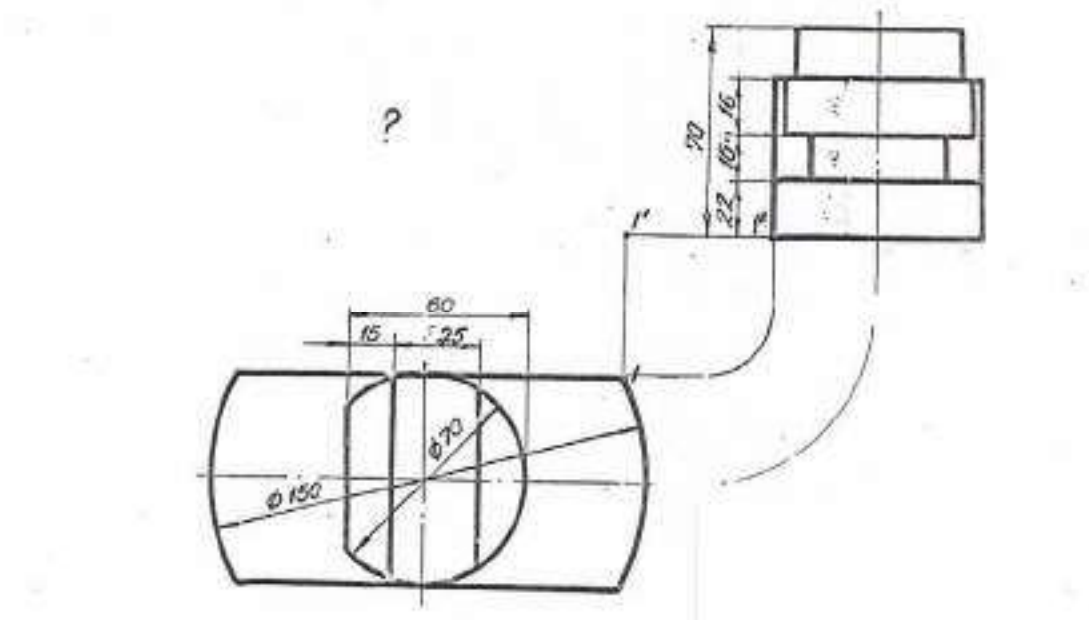
Вариант 3. Вычертить ограничитель в масштабе 1:1 и достроить вид слева. Выполнить половину профильного разреза



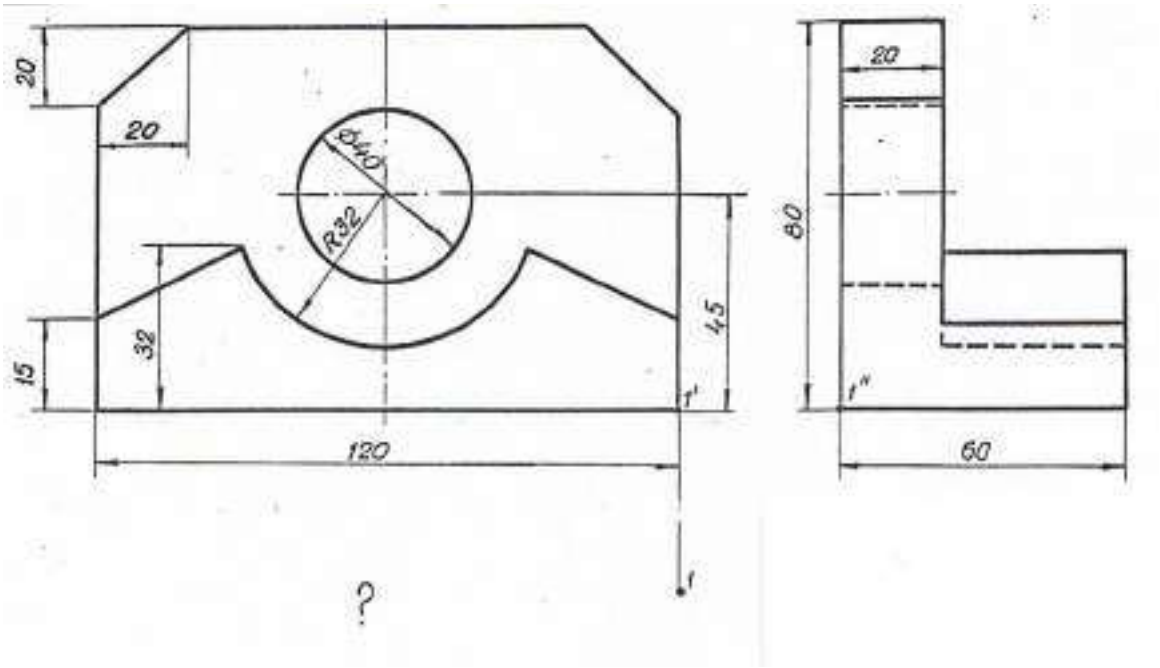
Вариант 4. Вычертить подкладку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и профильный разрезы.



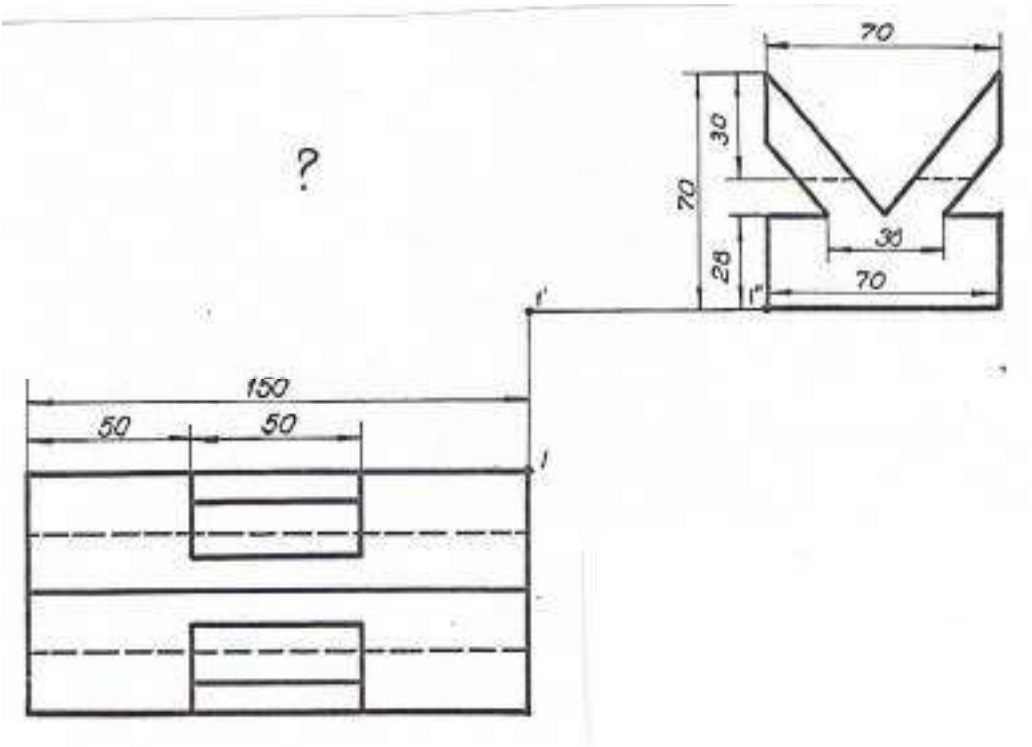
Вариант 5. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



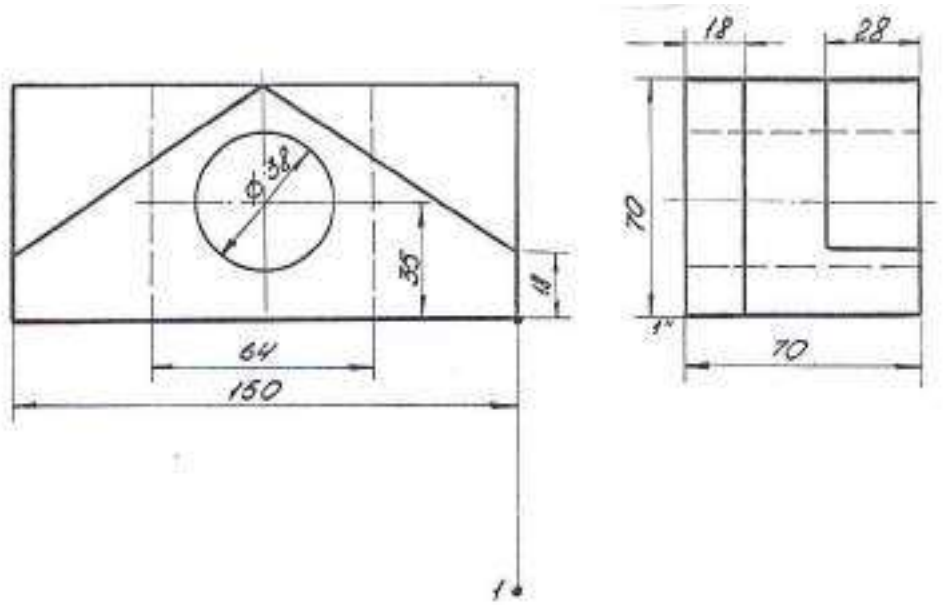
Вариант 6. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.



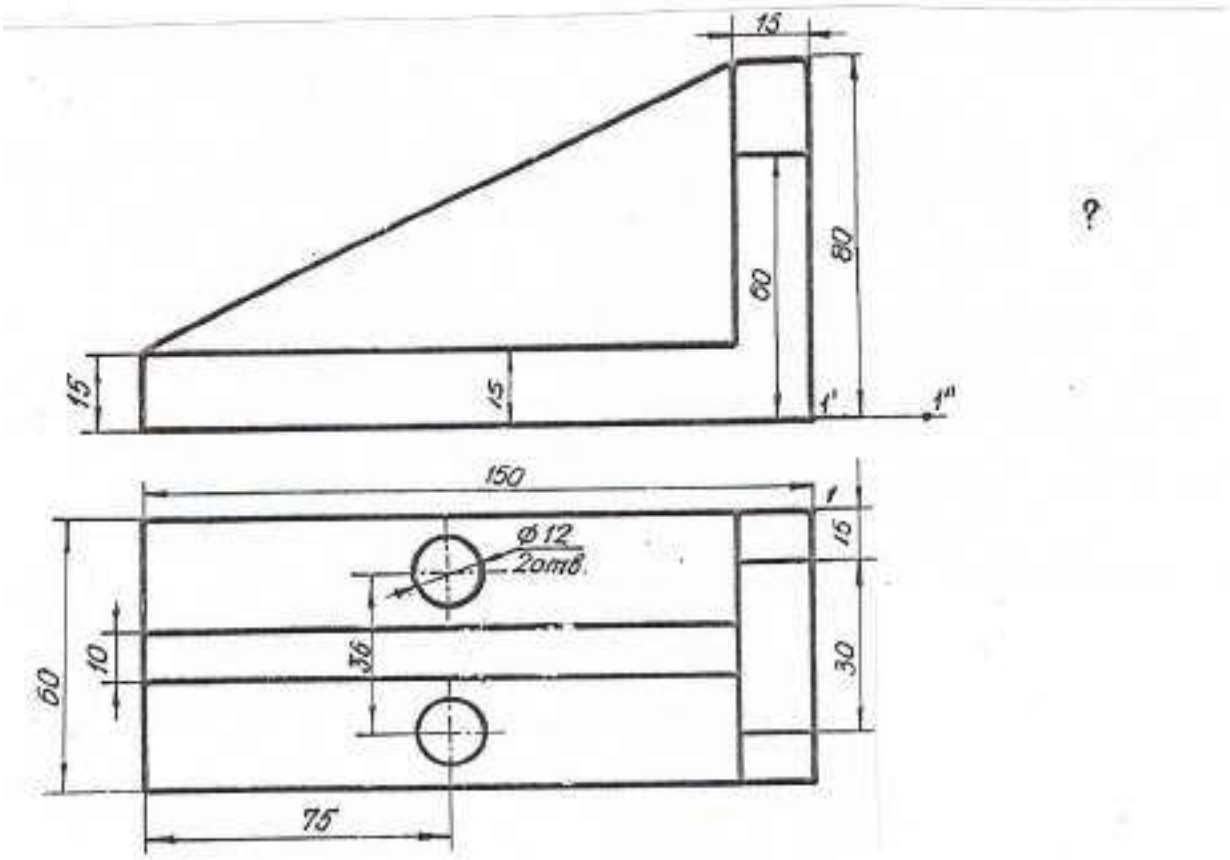
Вариант 7. Вычертить кулачок в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.



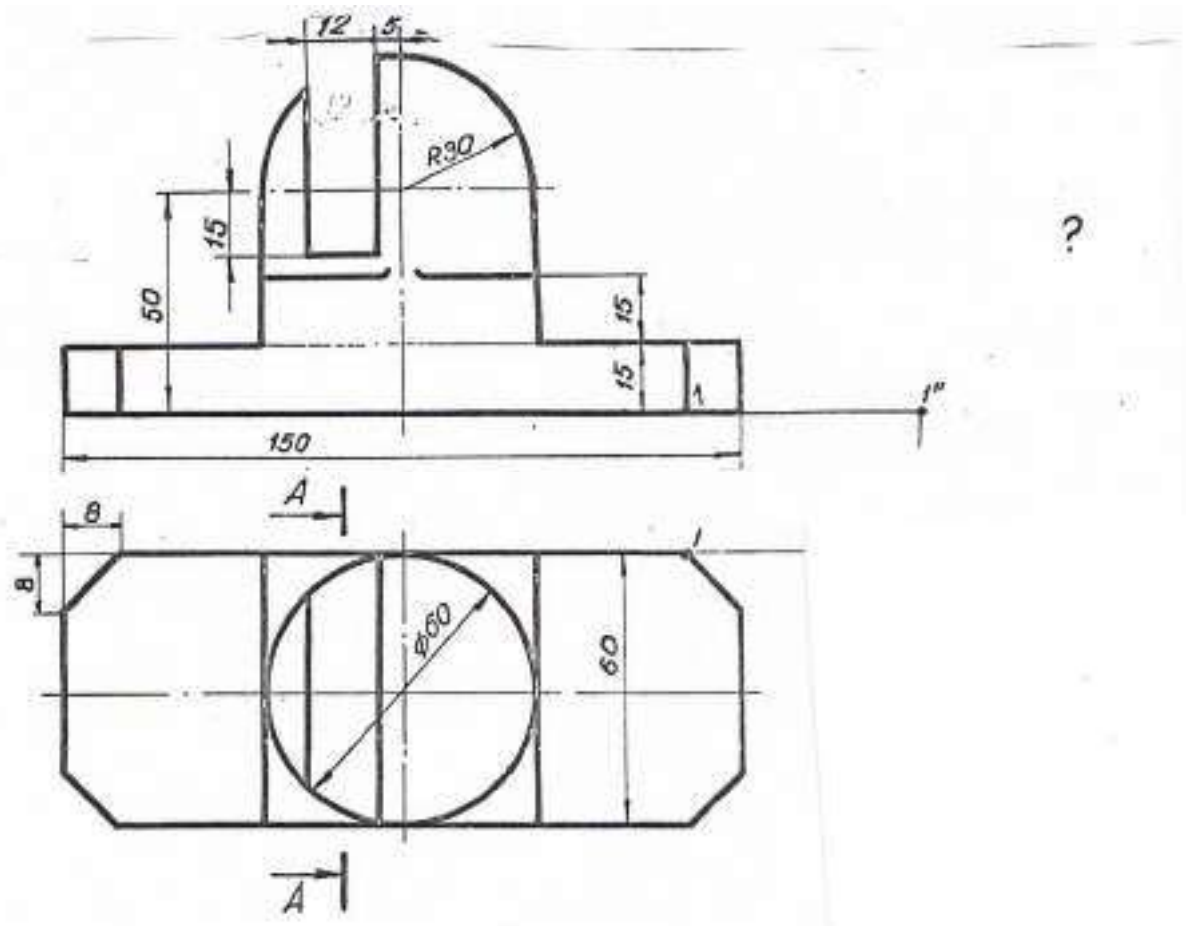
Вариант 8. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить главный вид.



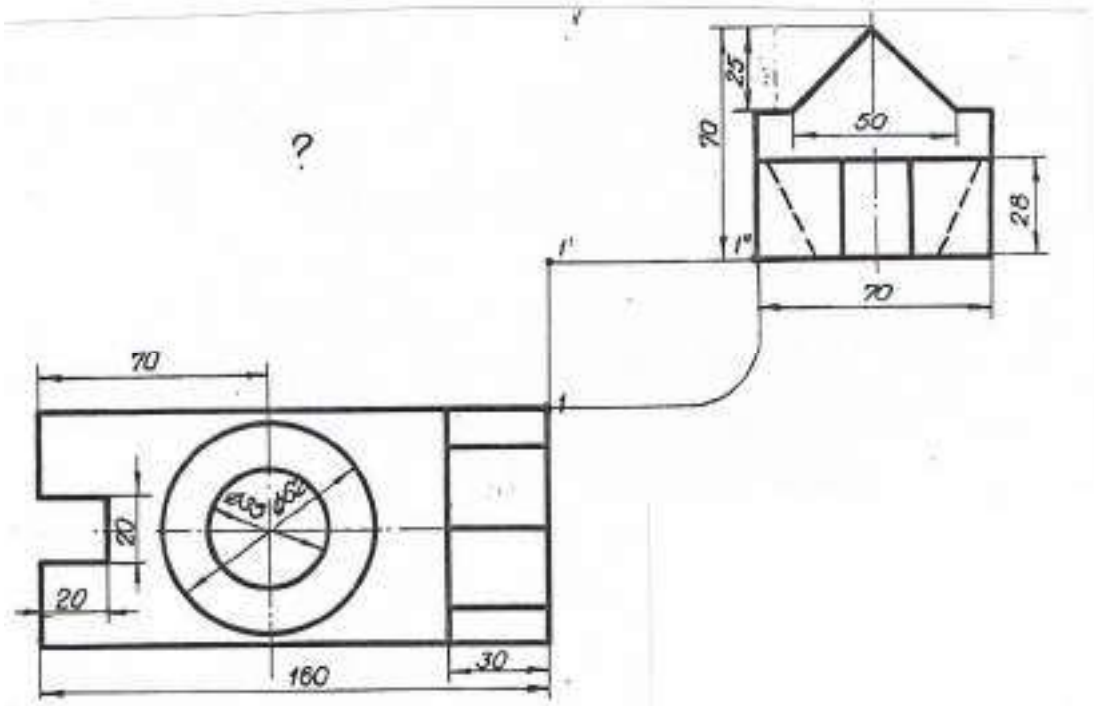
Вариант 9. Вычертить вкладыш в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Выполнить горизонтальный разрез.



Вариант 10. Вычертить угольник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез.



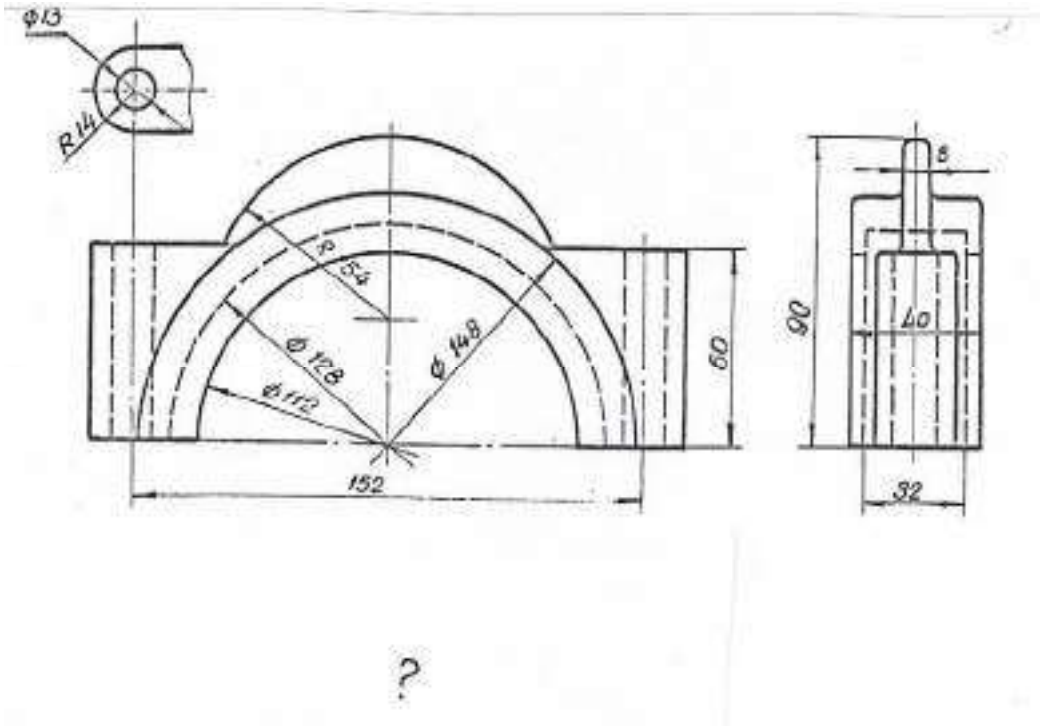
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить половину разреза А-А.



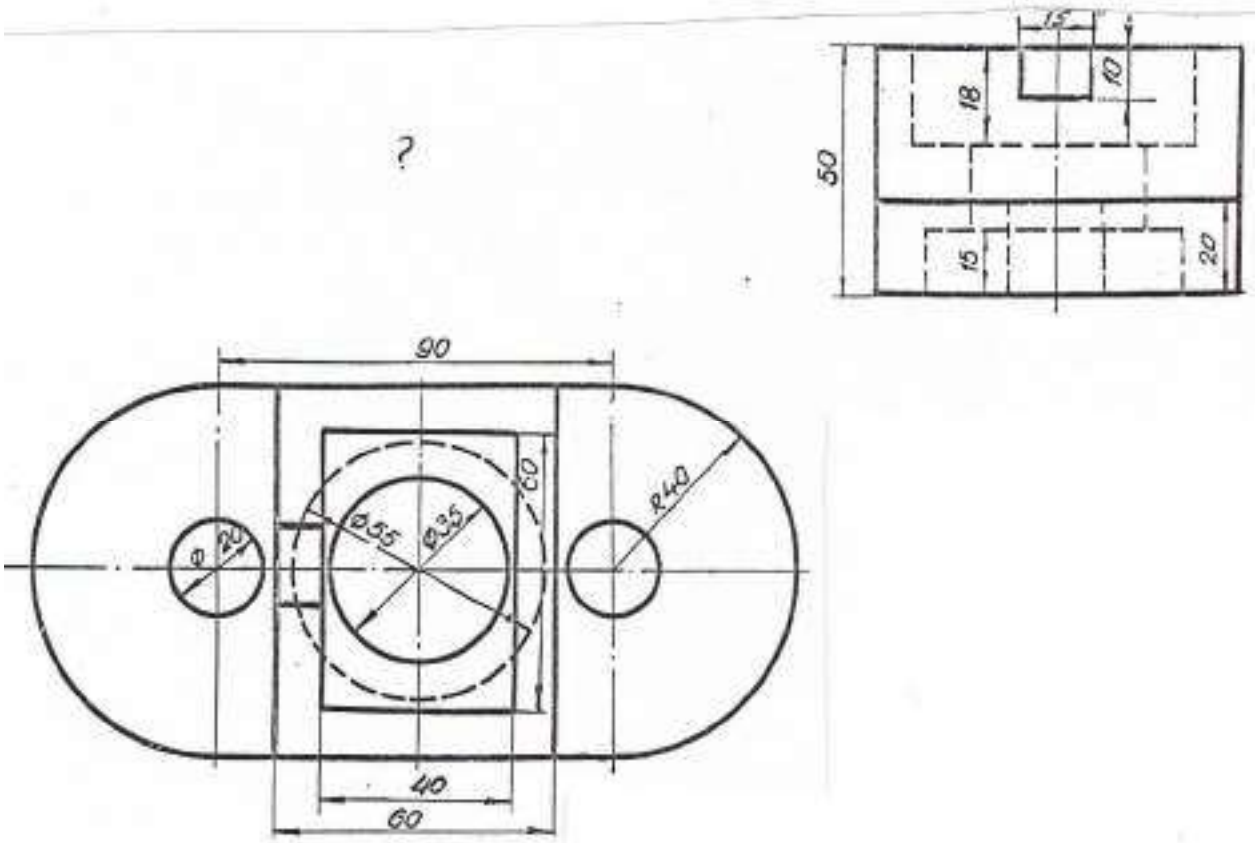
Вариант 12. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину профильного разреза.

Приложение 3

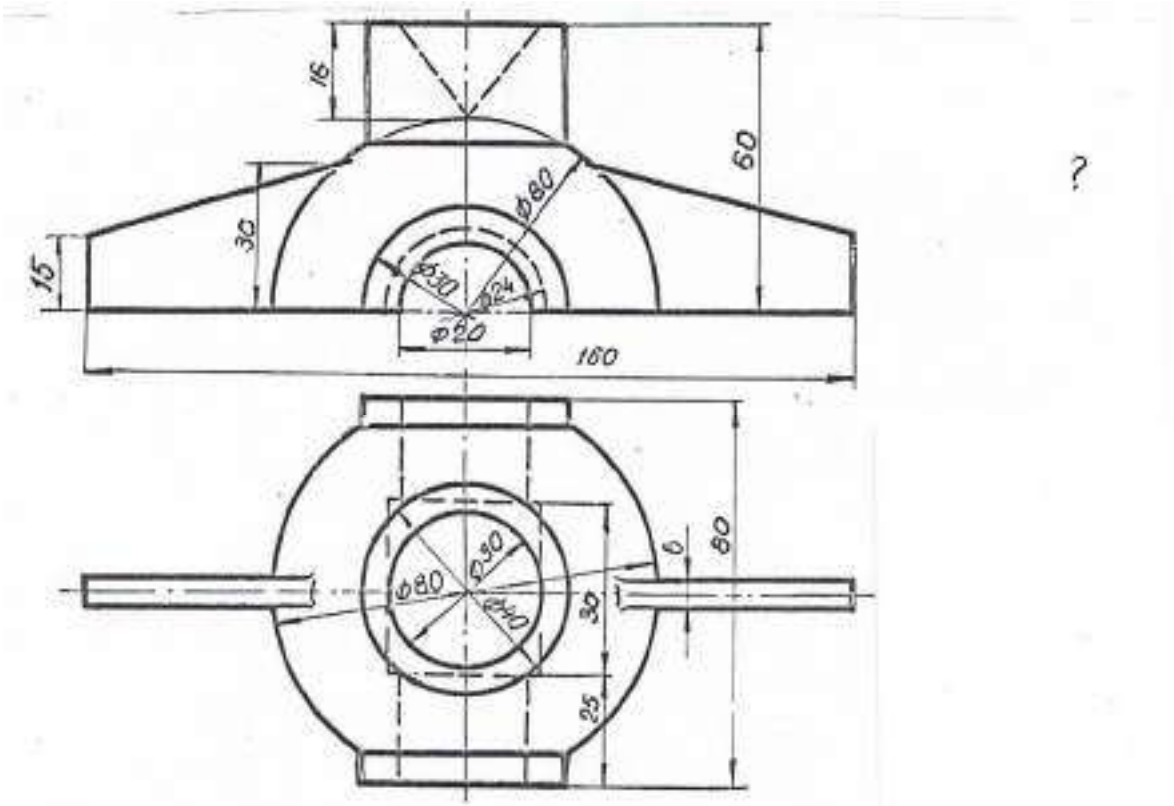
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2



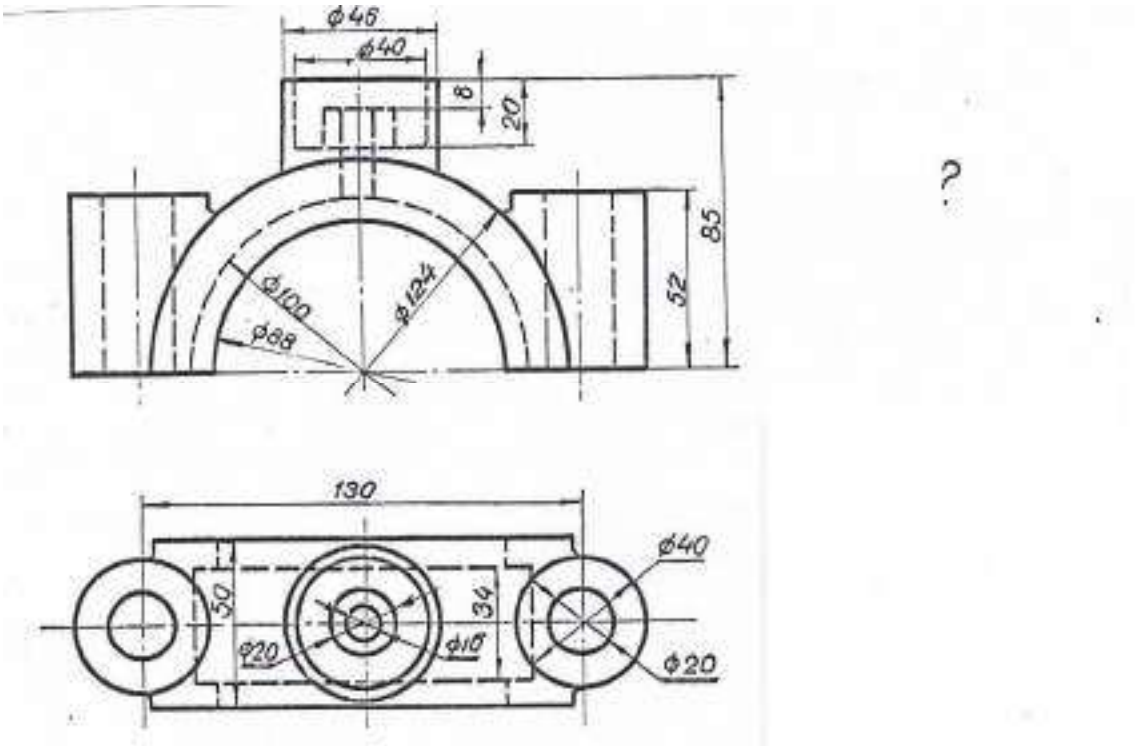
Вариант 1. Вычертить корпус бугеля в масштабе 1:1, достроить вид сверху, сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



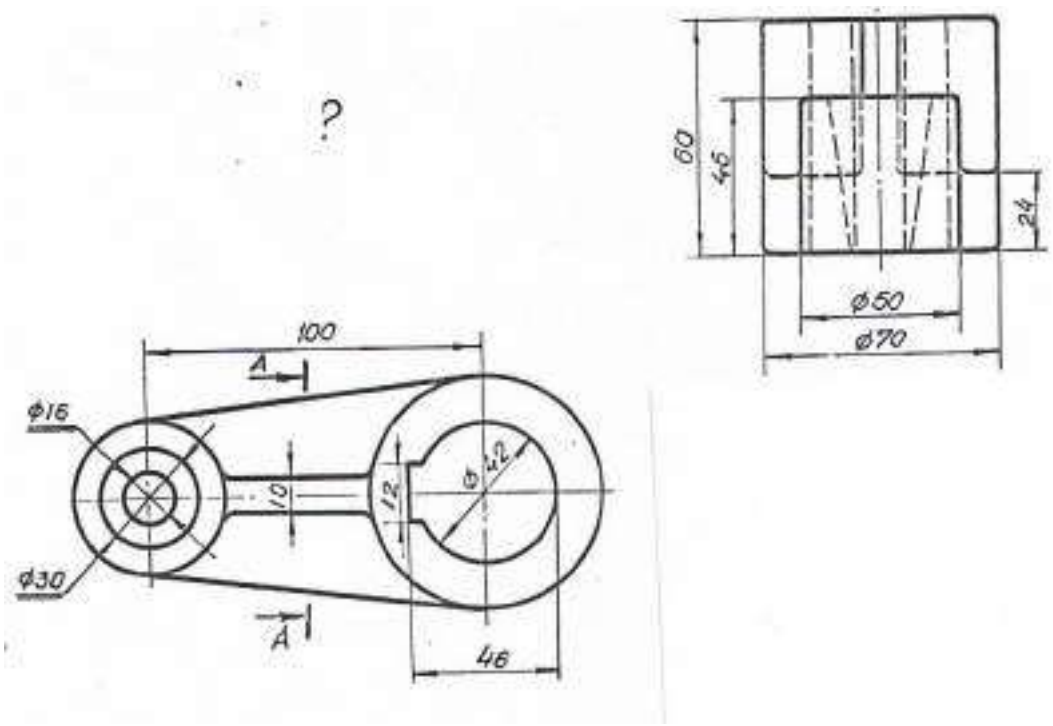
Вариант 2. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и половину профильного разрезов.



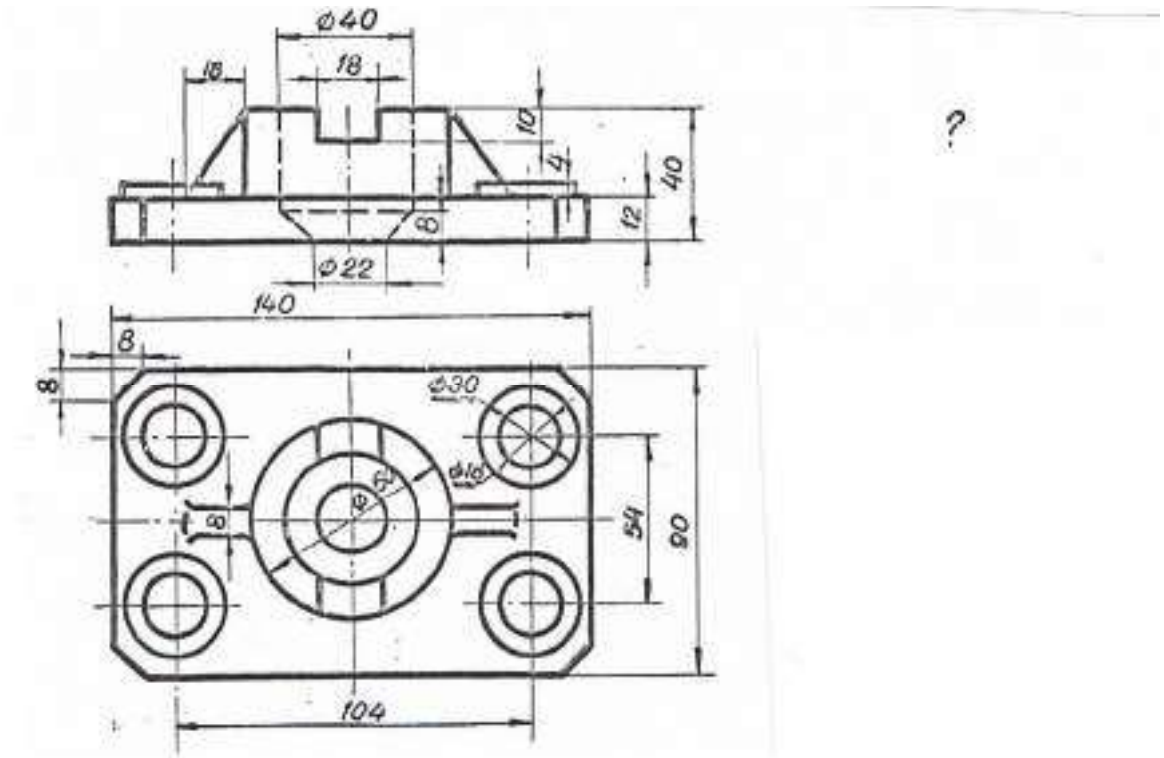
Вариант 3. Вычертить крышку в масштабе 1:1, достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



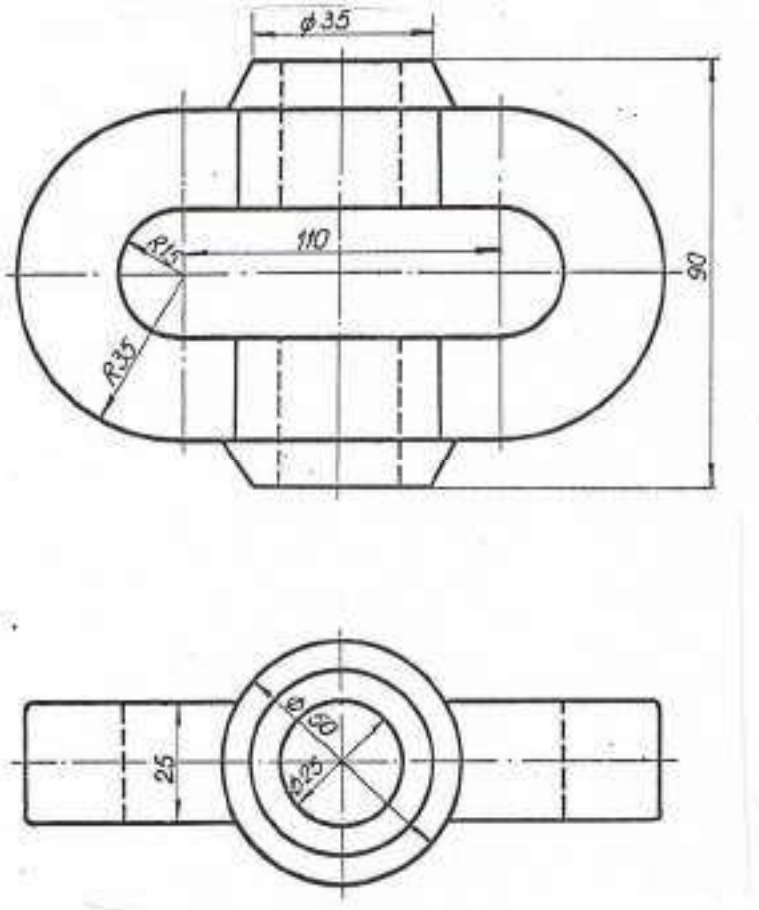
Вариант 4.Вычертить крышку подшипника в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



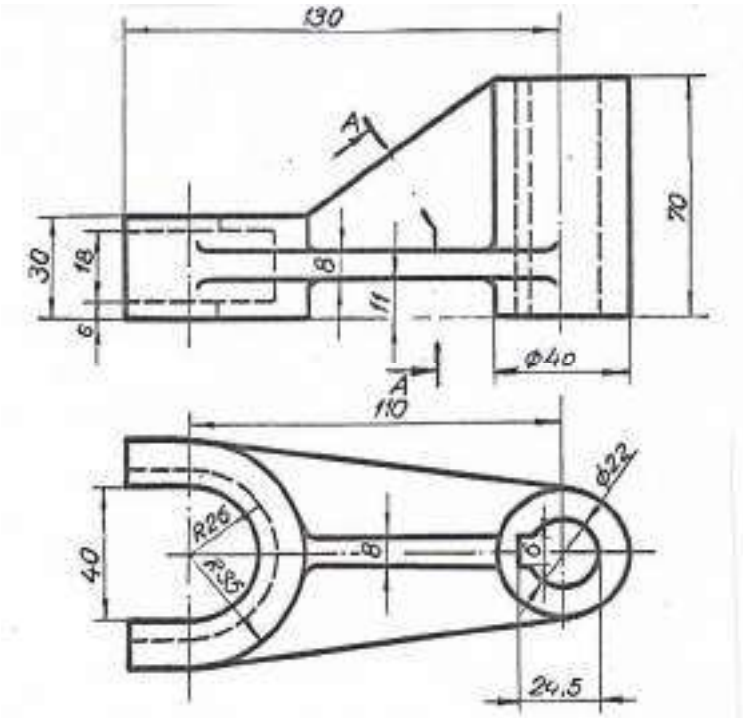
Вариант 5. Вычертить шатун в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



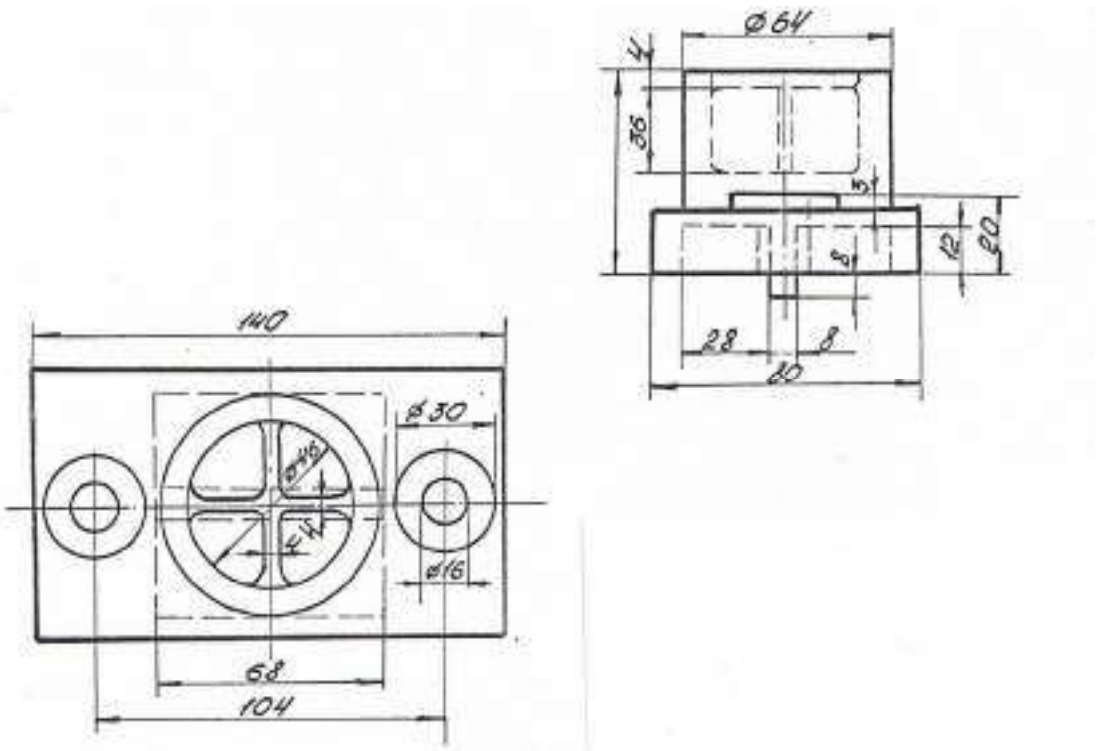
Вариант 6. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать ступенчатый фронтальный разрез и половину профильного разреза.



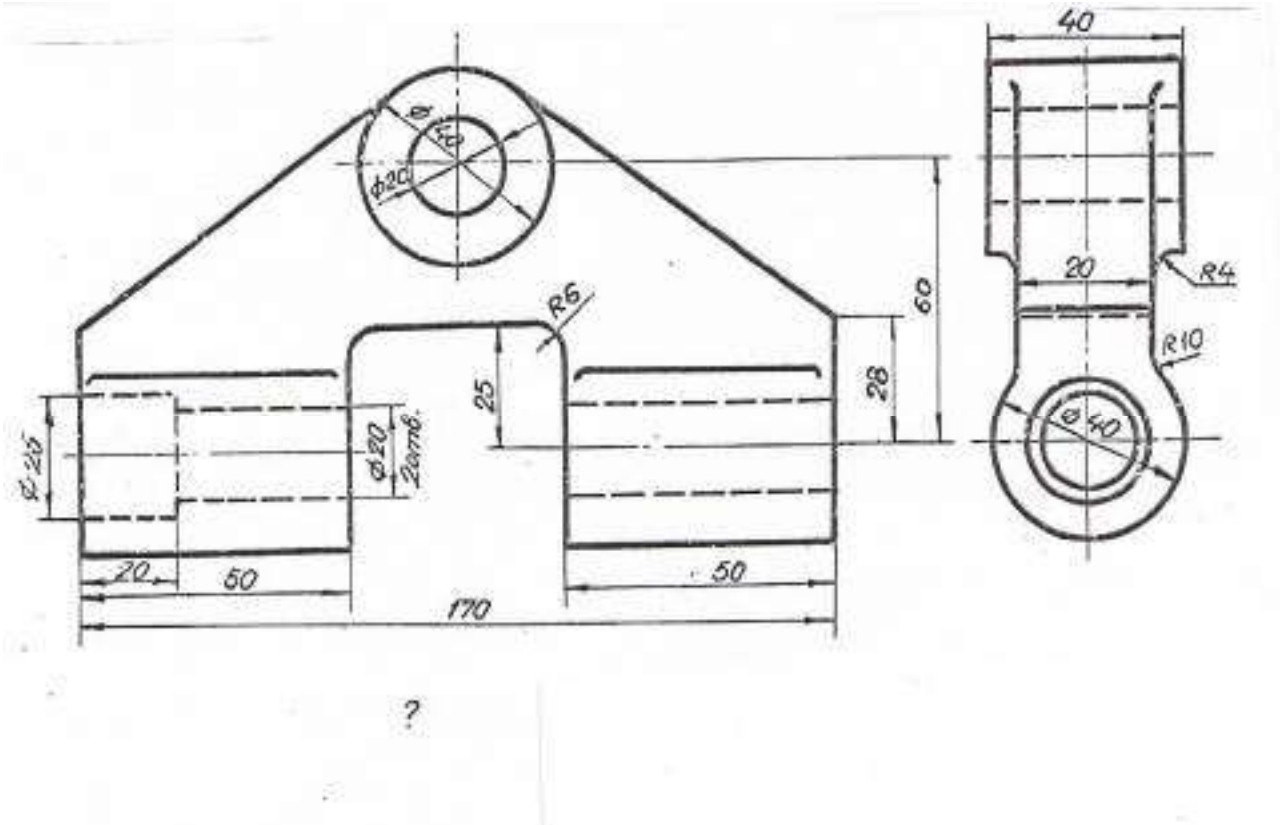
Вариант 7. Вычертить петлю в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину профильного и половину горизонтального разрезов.



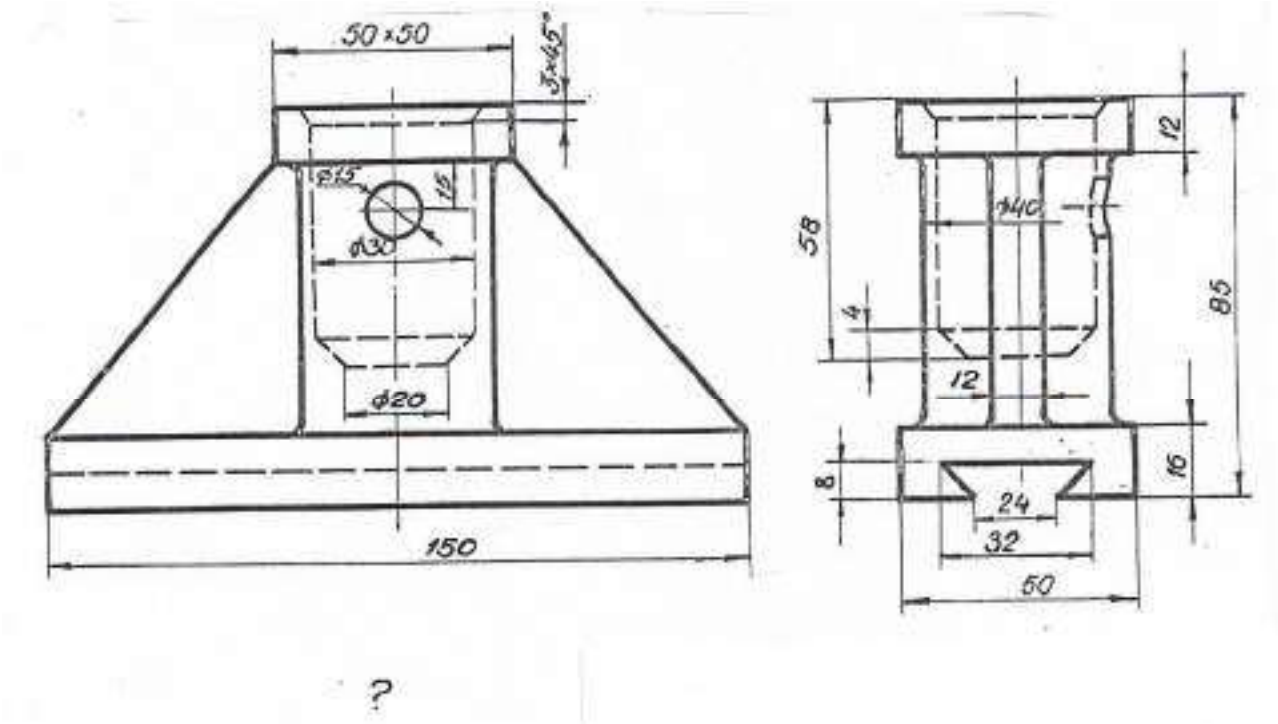
Вариант 8. Вычертить вилку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



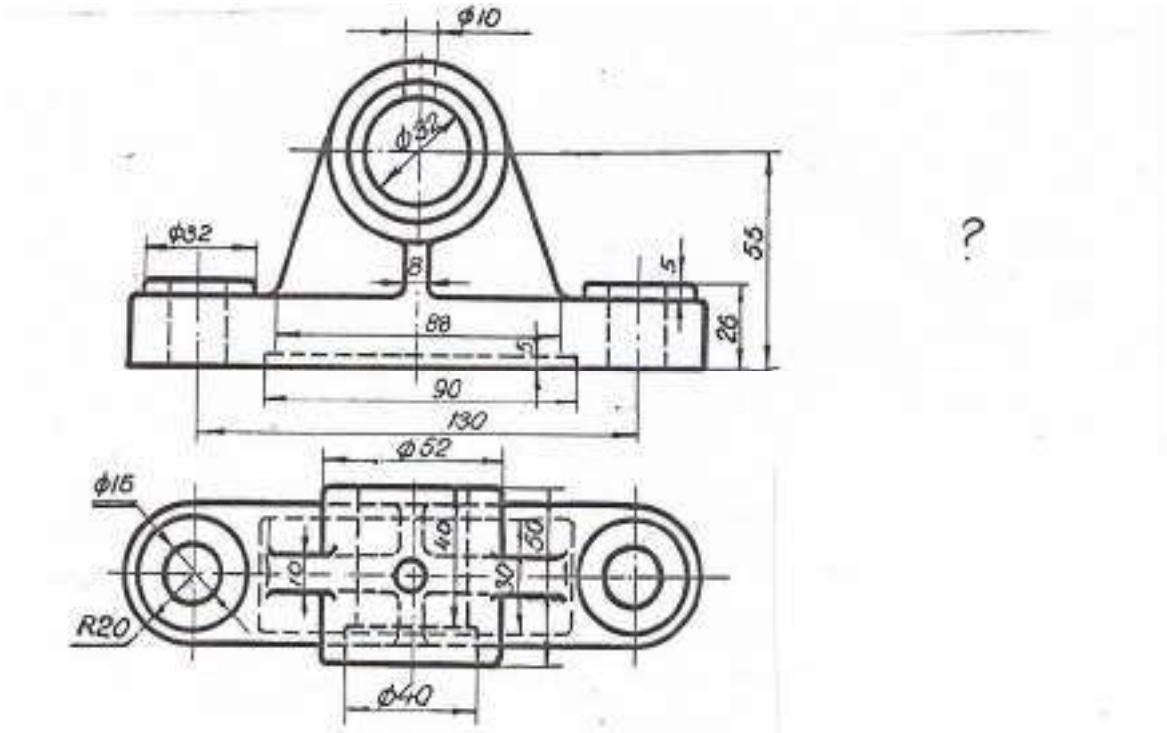
Вариант 9. Вычертить подпятник в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



Вариант 10. Вычертить шарнир в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.



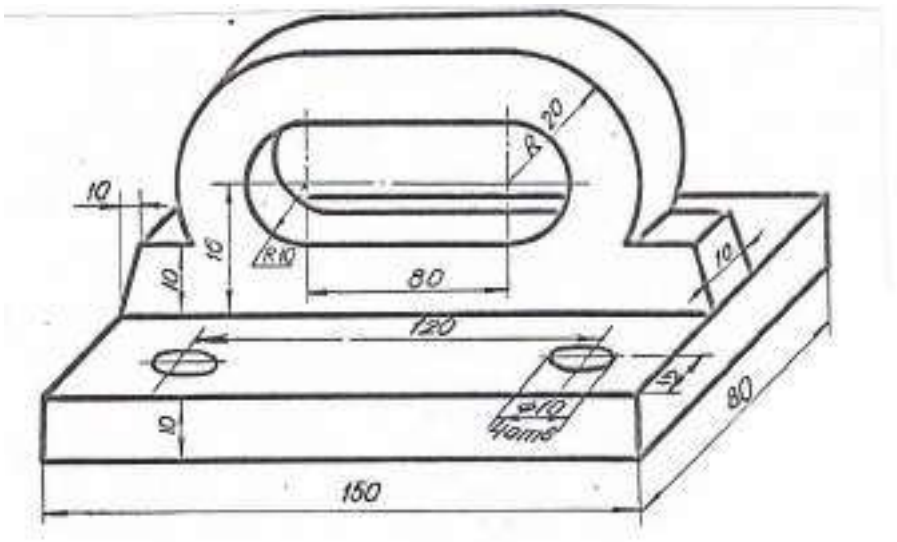
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать половину фронтального разреза и местный профильный.



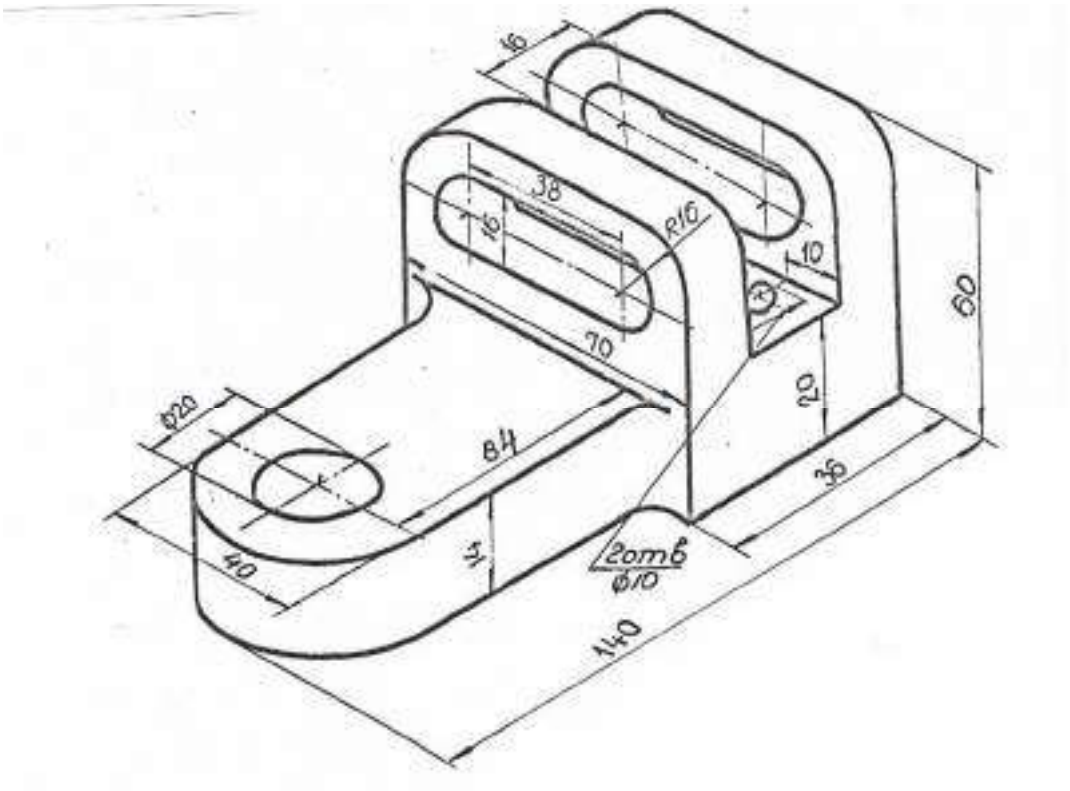
Вариант 12. Вычертить подшипник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.

Приложение 4

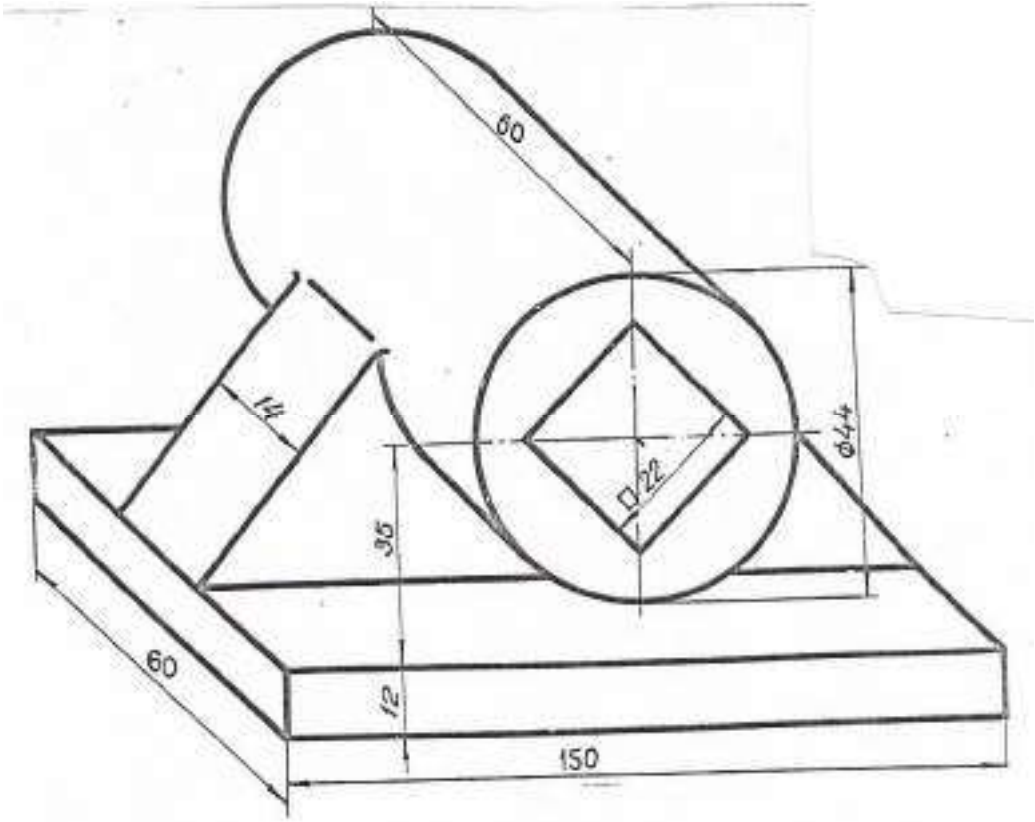
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 3



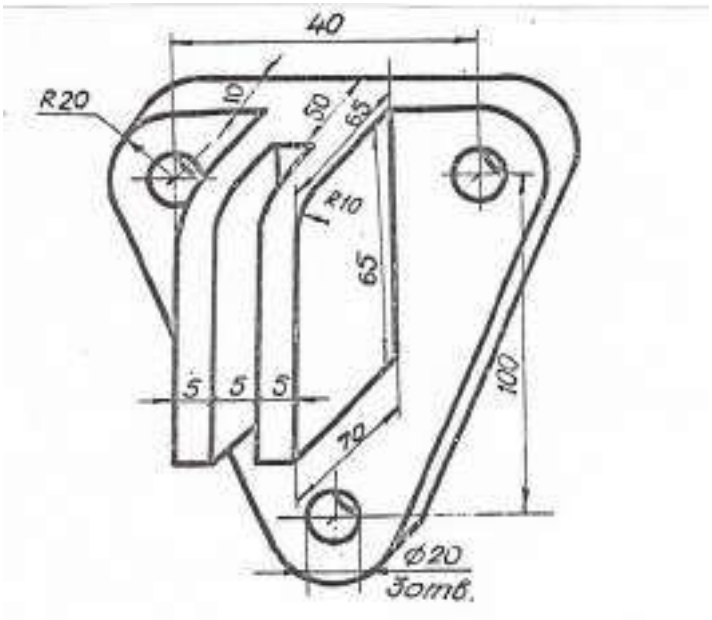
Вариант 1. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать ступенчатый профильный разрез.



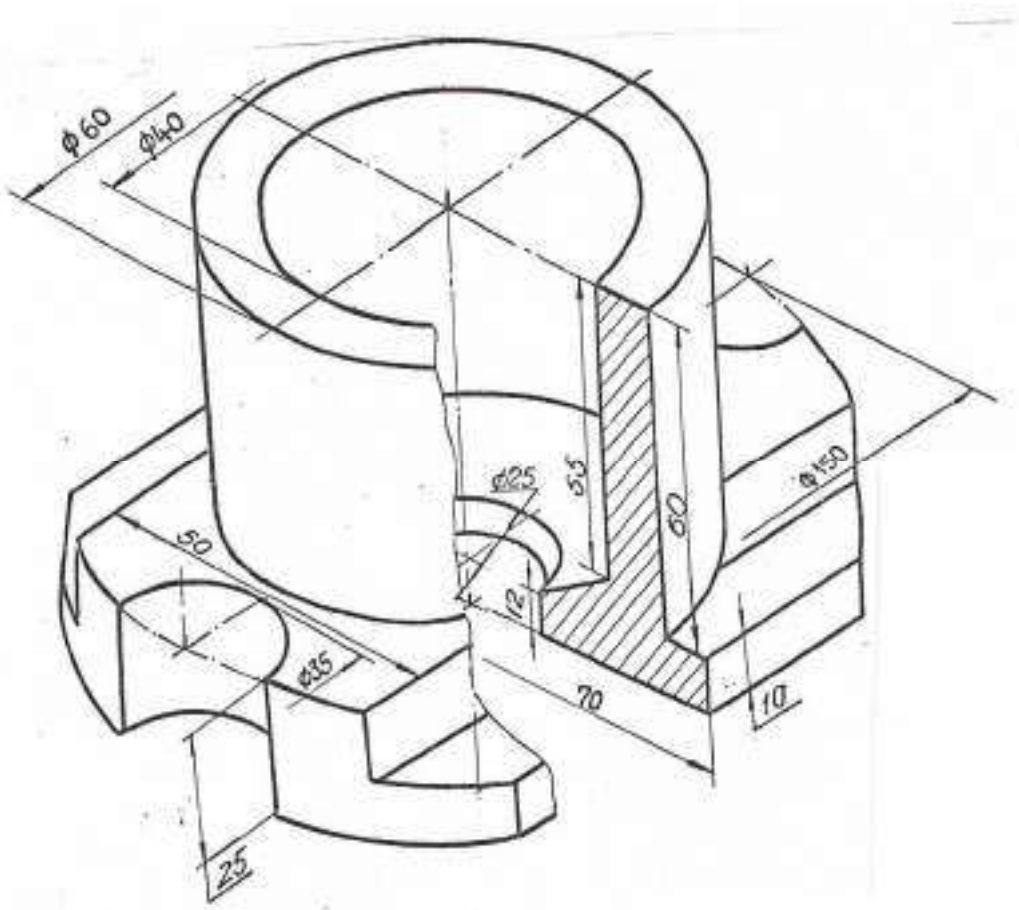
Вариант 2. Вычертить в трех ортогональных проекциях скобу в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



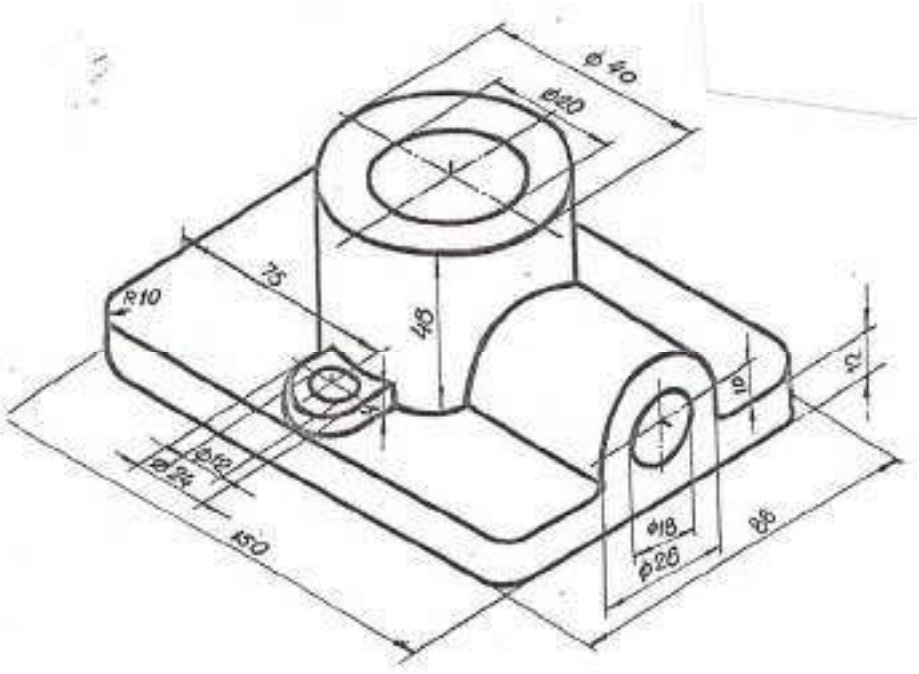
Вариант 3. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1. Сделать необходимый разрез.



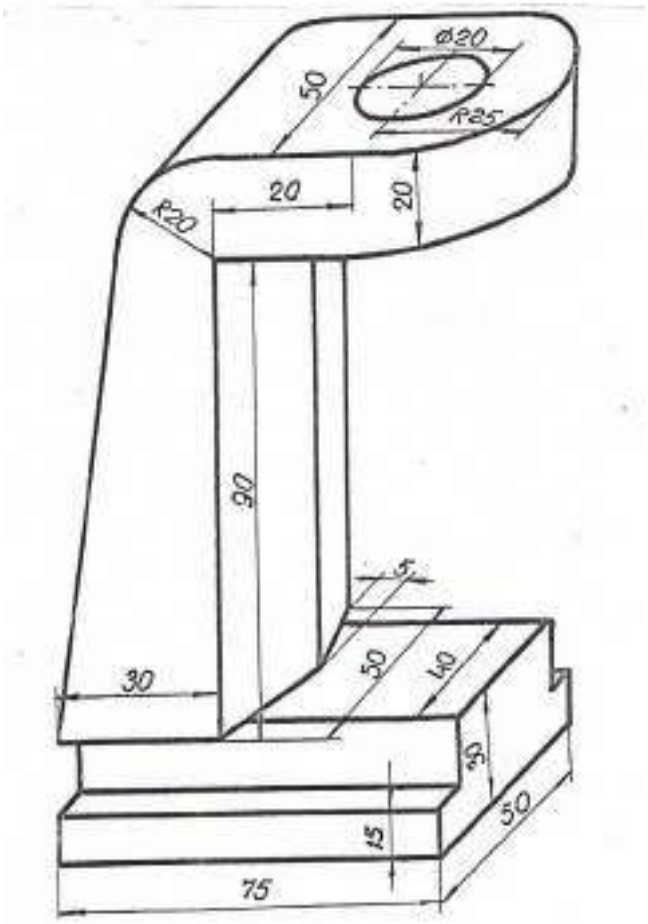
Вариант 4. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1. Сделать местные разрезы и горизонтальный разрез.



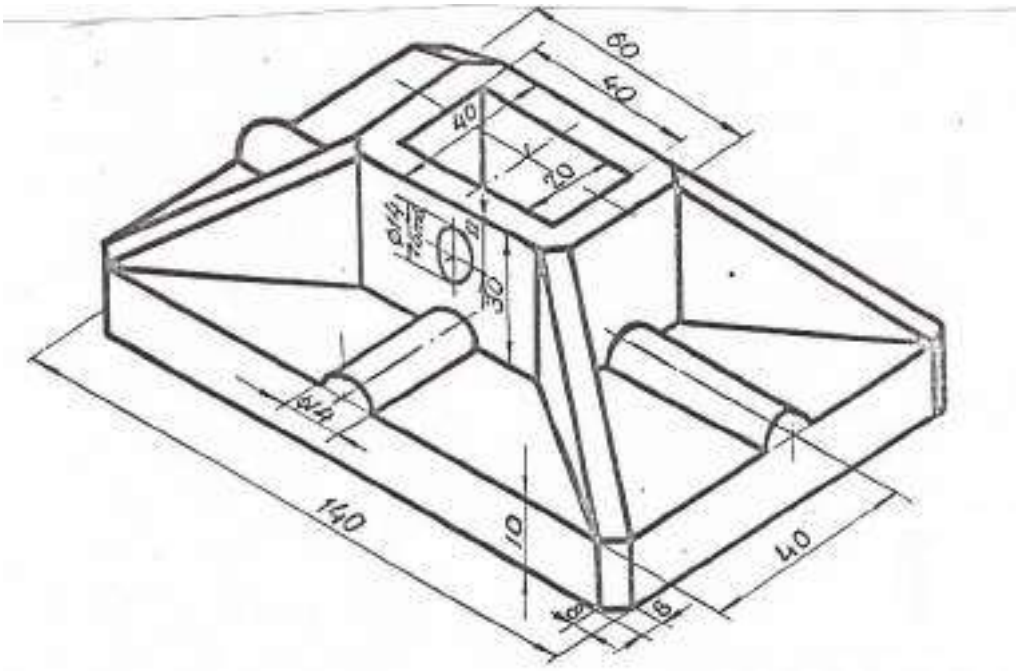
Вариант 5. Вычертить в трех ортогональных проекциях стакан в масштабе 1:1.
Сделать половину фронтального разреза.



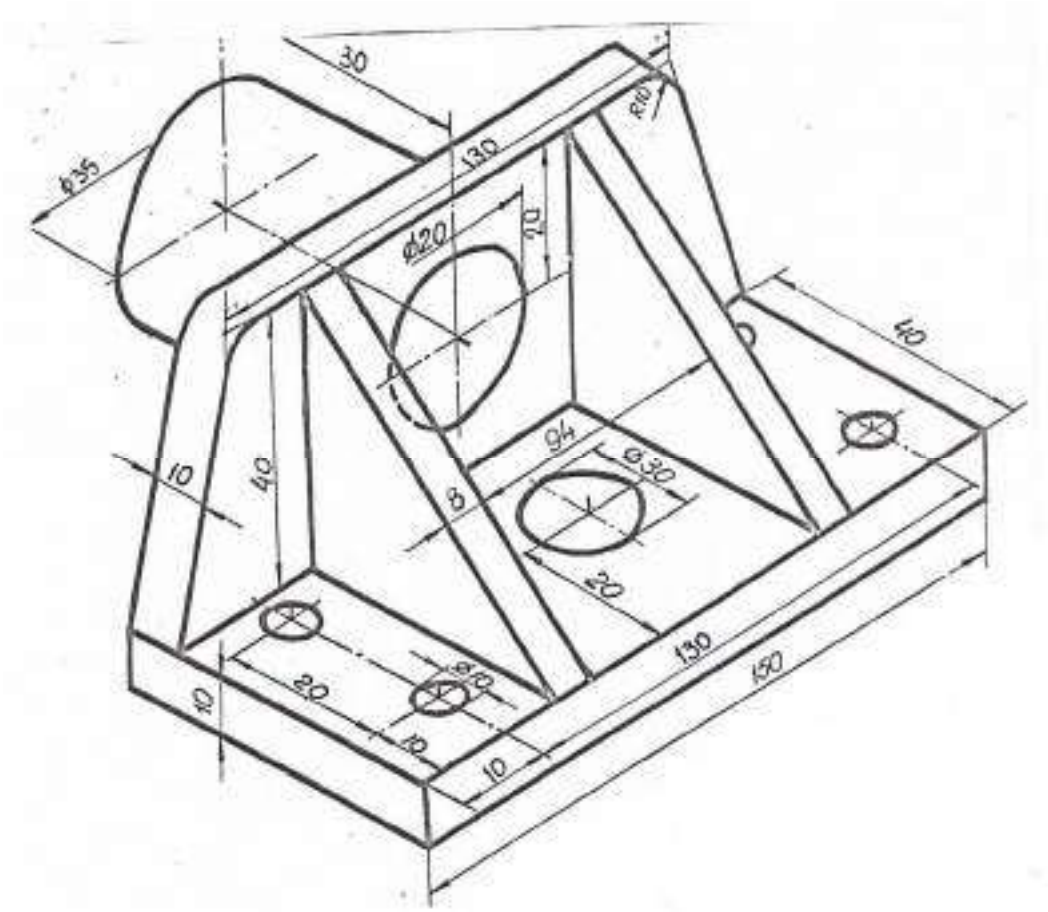
Вариант 6. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.
Примечание. Отверстия ∅20, ∅18 и ∅12 – сквозные.



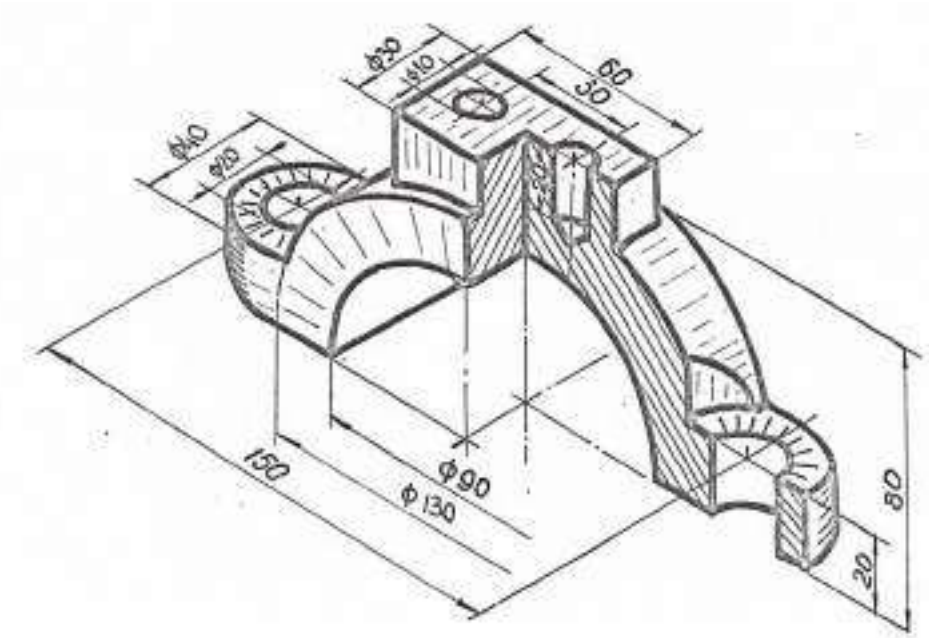
Вариант 7. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1.
Сделать необходимый местный разрез и горизонтальный до оси симметрии.



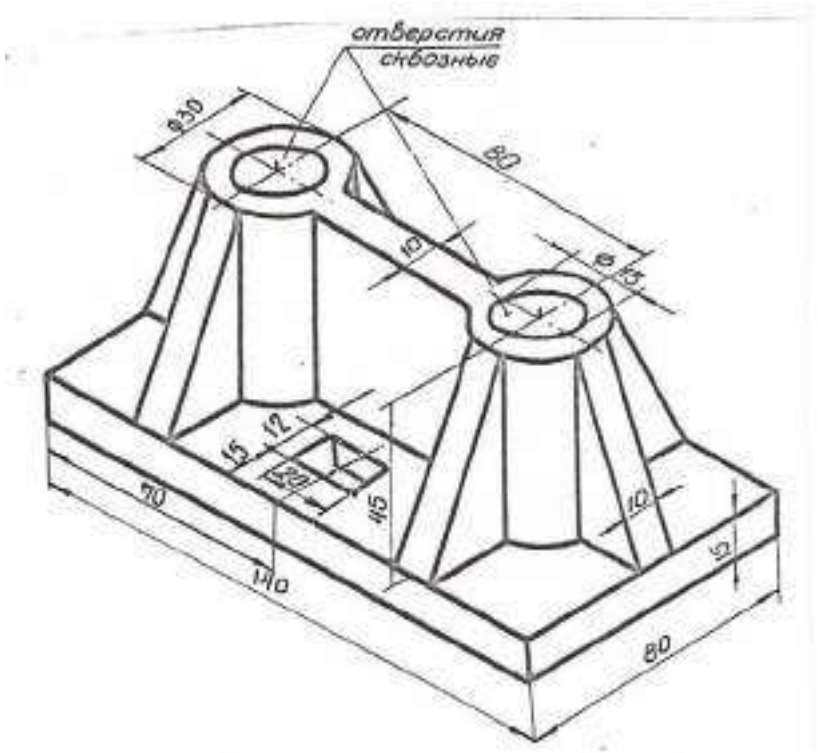
Вариант 8. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



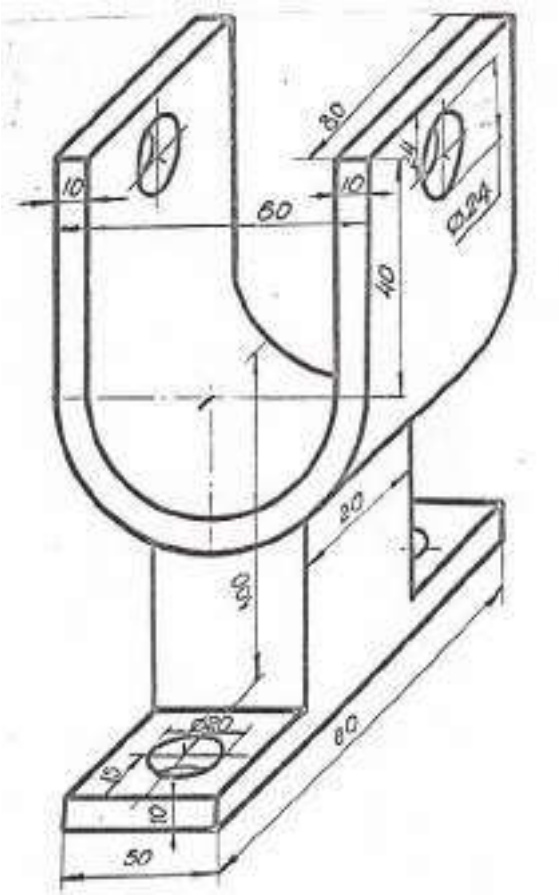
Вариант 9. Вычертить в трех ортогональных проекциях цапфу полую в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



Вариант 10. Вычертить в трех ортогональных проекциях крышку шатуна в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



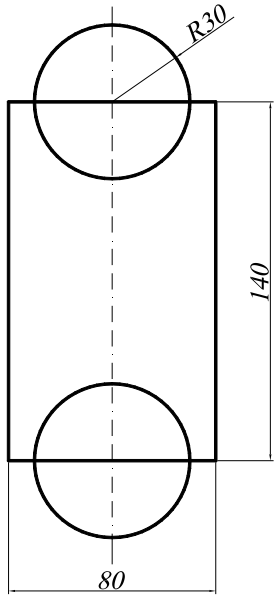
Вариант 11. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



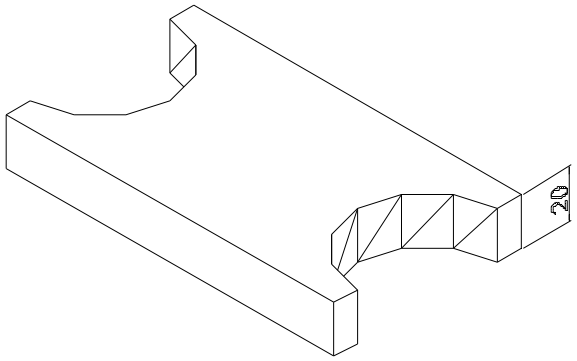
Вариант 12. Вычертить в трех ортогональных проекциях стойку в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.

Приложение 5

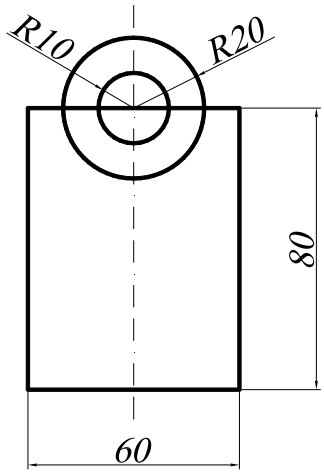
ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ



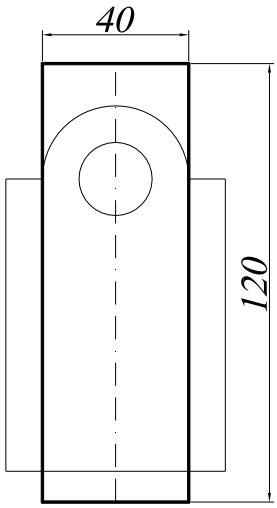
1. Создание области для основания командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



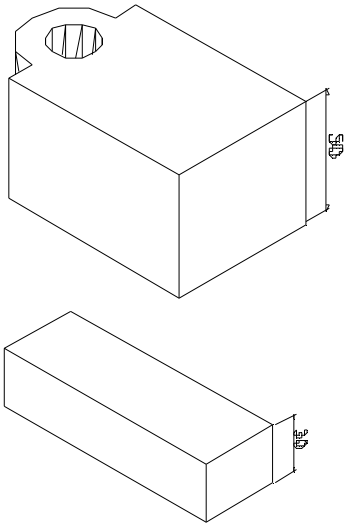
2. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» обе окружности и прямоугольник. Толщина выдавливания 20.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело путем вычитания цилиндров из параллелепипеда.
Командой ***Hide*** (Скрыть) подавляем невидимые линии.



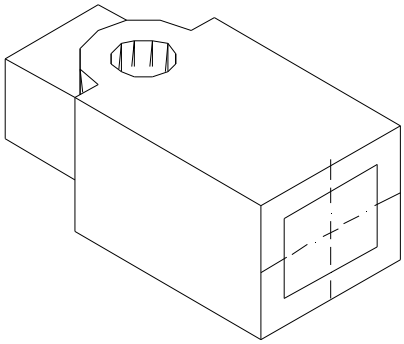
3. Создание области для «башни» командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



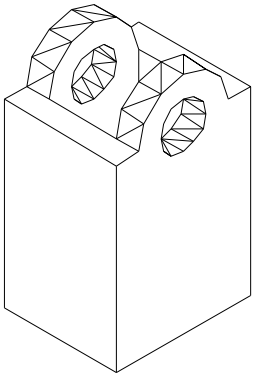
4. Создание области для выреза «башни» командой ***Polyline*** (Полилиния).

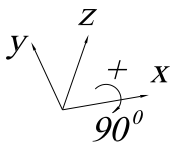


5. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» оба тела. Толщина выдавливания «башни»=50, толщина выдавливания «бруска»=30.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело «башни» путем вычитания цилиндра из построенного тела

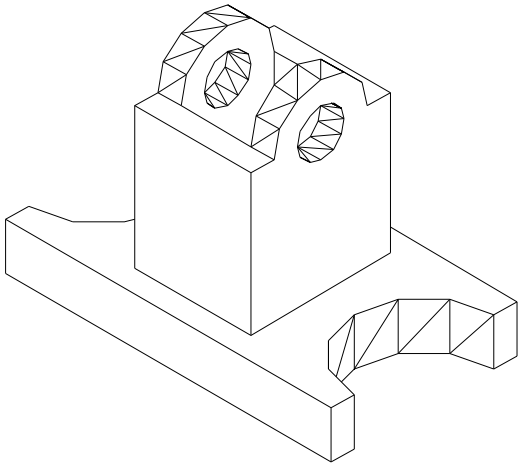


6. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «брусок» и центрируем относительно основания «башни».
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем сквозное отверстие в теле «башни» путем вычитания поверхности «бруска» из тела «башни».





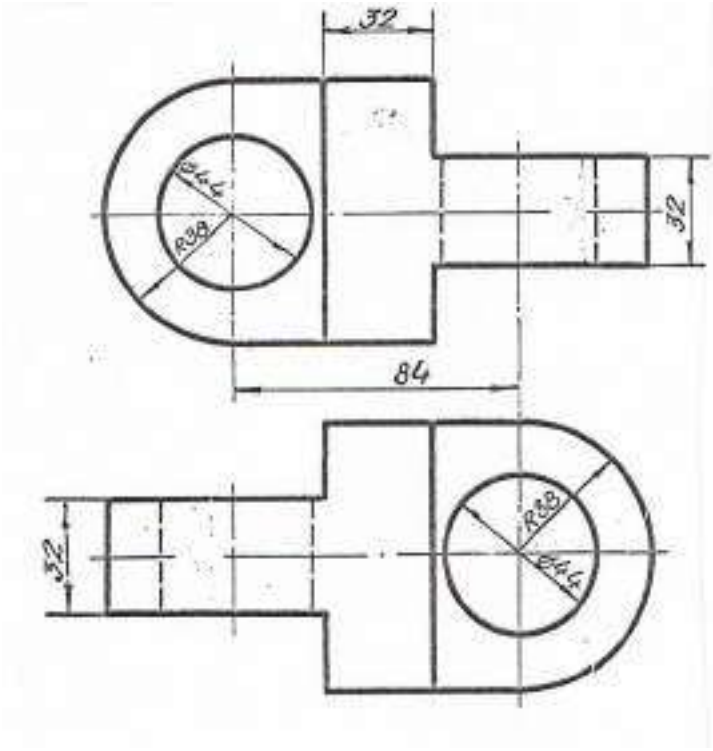
7. Поворачиваем башню относительно оси x на 90^0 (по правилу правой руки), используя команду ***Rotated 3D***, которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редакировать)→ ***3D Operation*** (3М Операции) → ***Rotated 3D*** (3М Поворот).



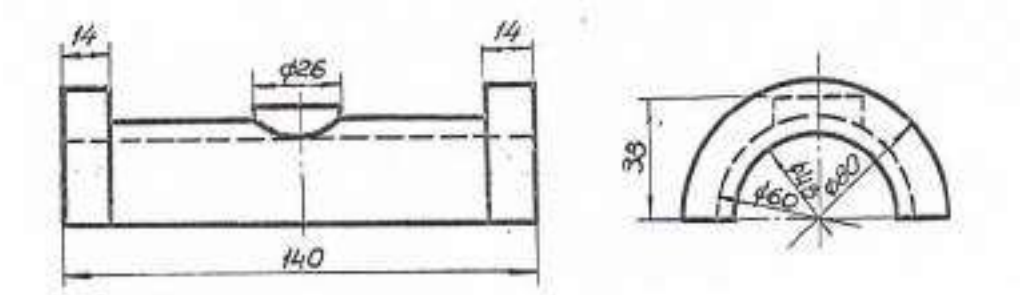
8. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «башню» и центрируем относительно построенного основания.
Командой ***Union*** (объединение) объединяем полученные тела.

Приложение 6

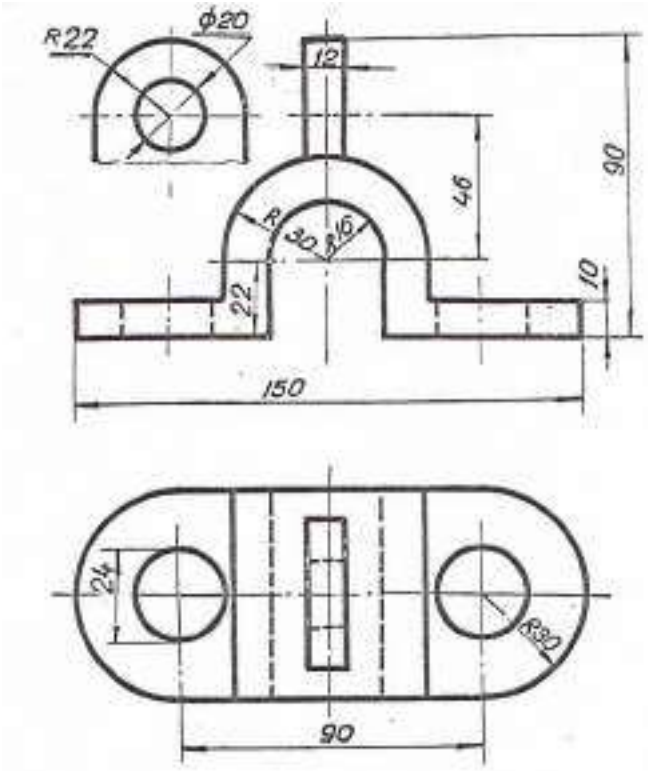
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 4



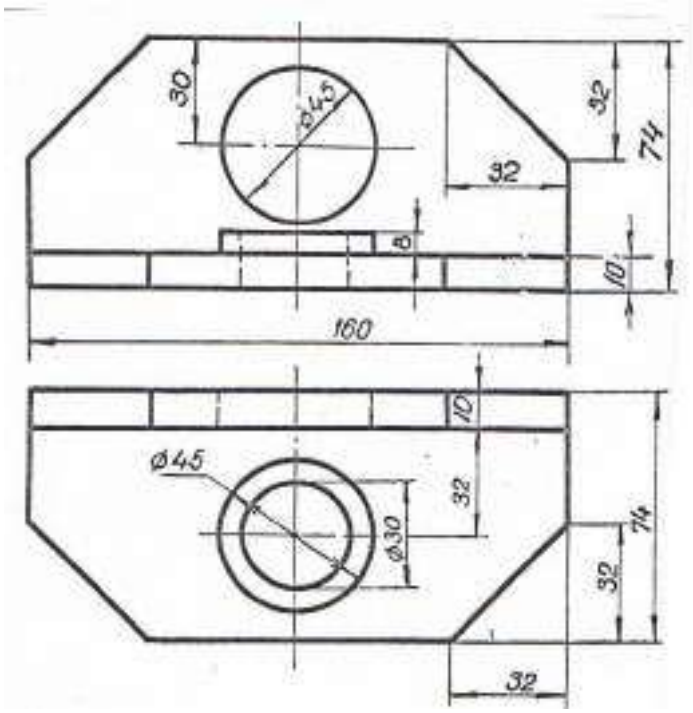
Вариант 1. Вычертить серьгу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



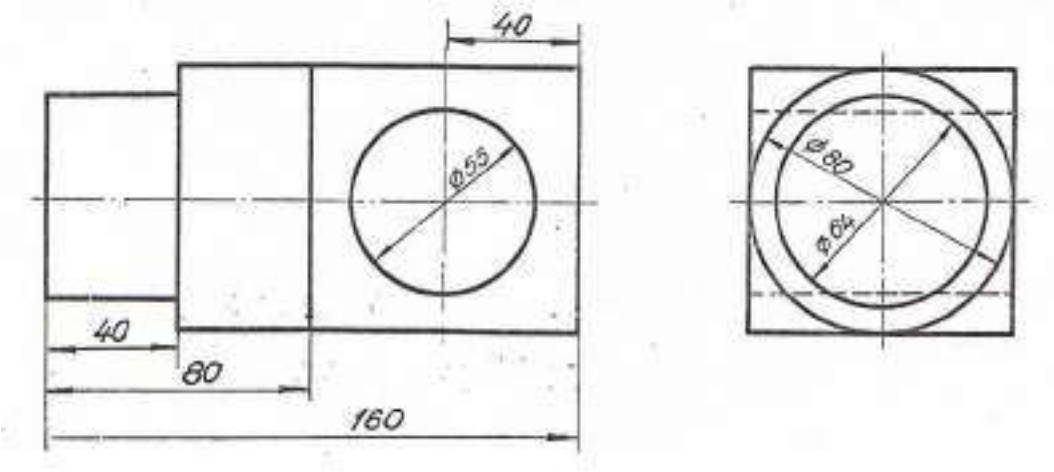
Вариант 2. Вычертить вкладыш подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



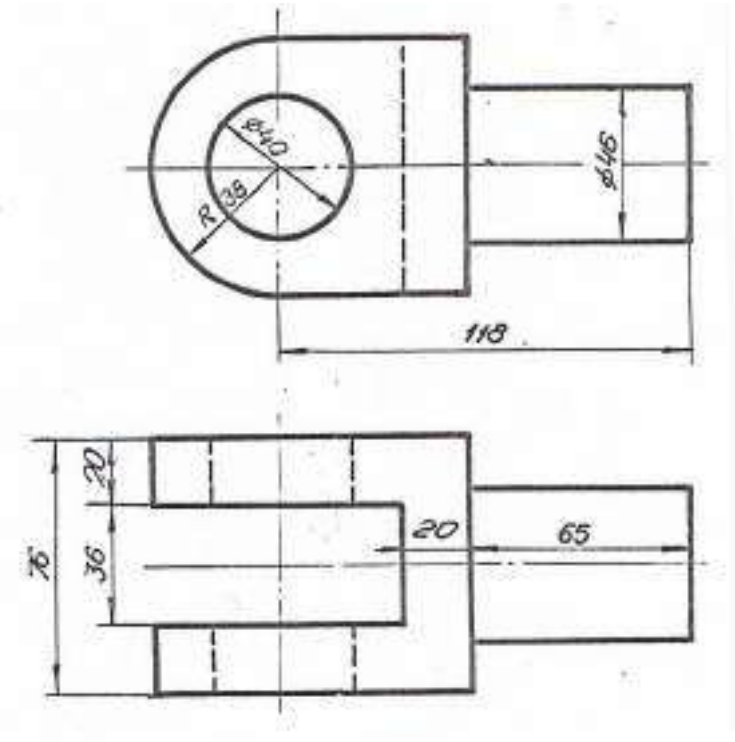
Вариант 3. Вычертить скобу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



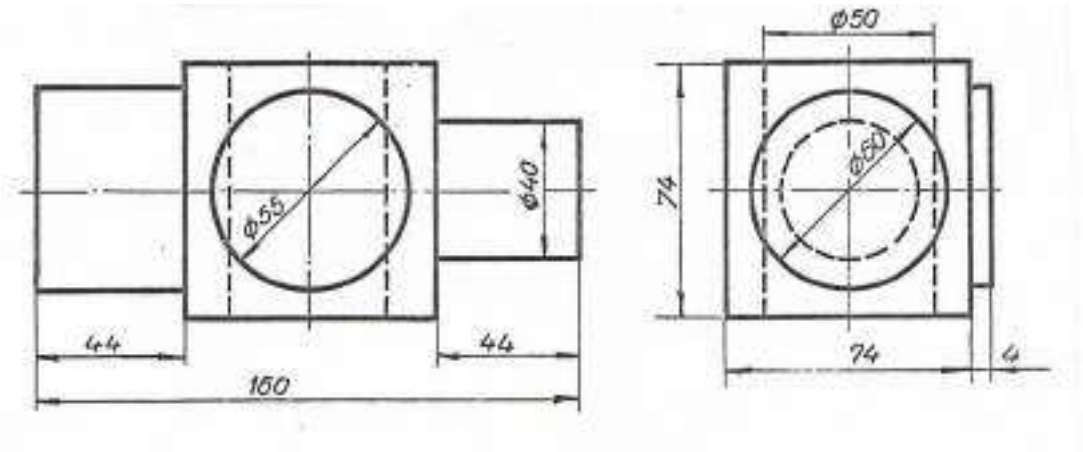
Вариант 4. Вычертить угольник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



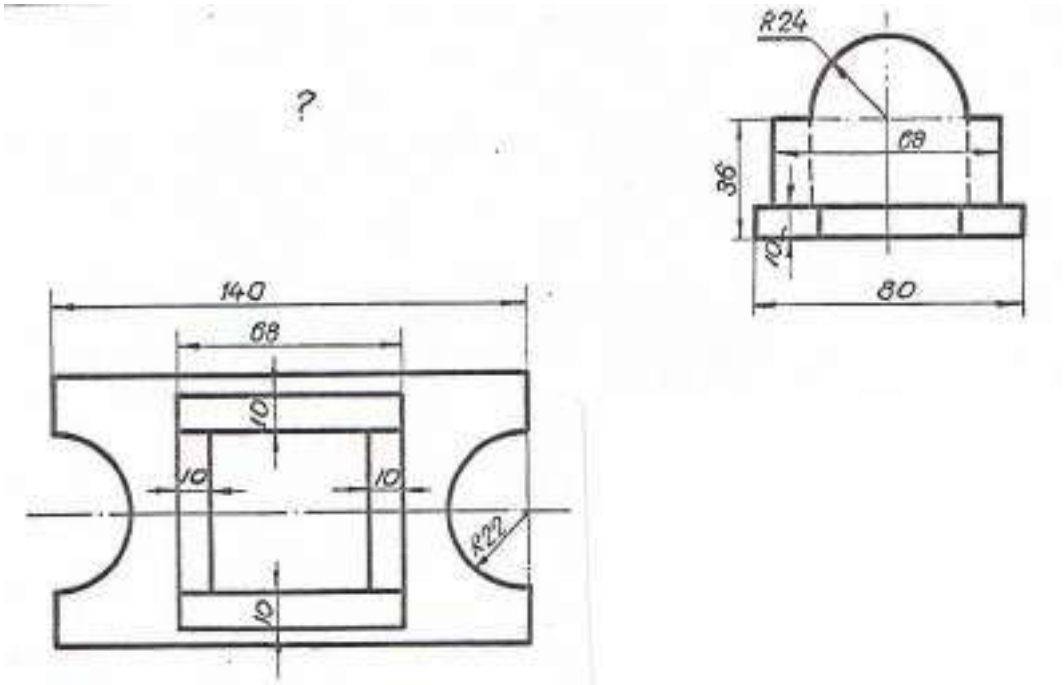
Вариант 5. Вычертить цапфу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



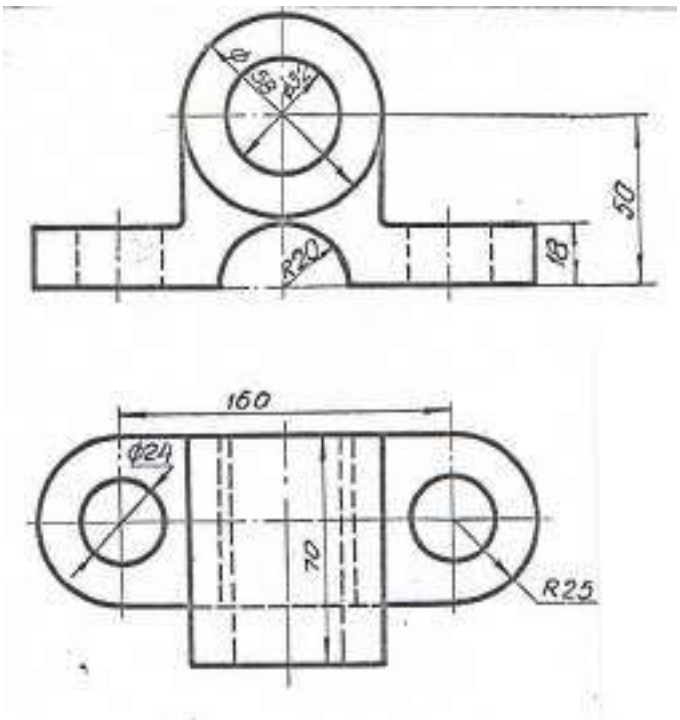
Вариант 6. Вычертить ушко в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



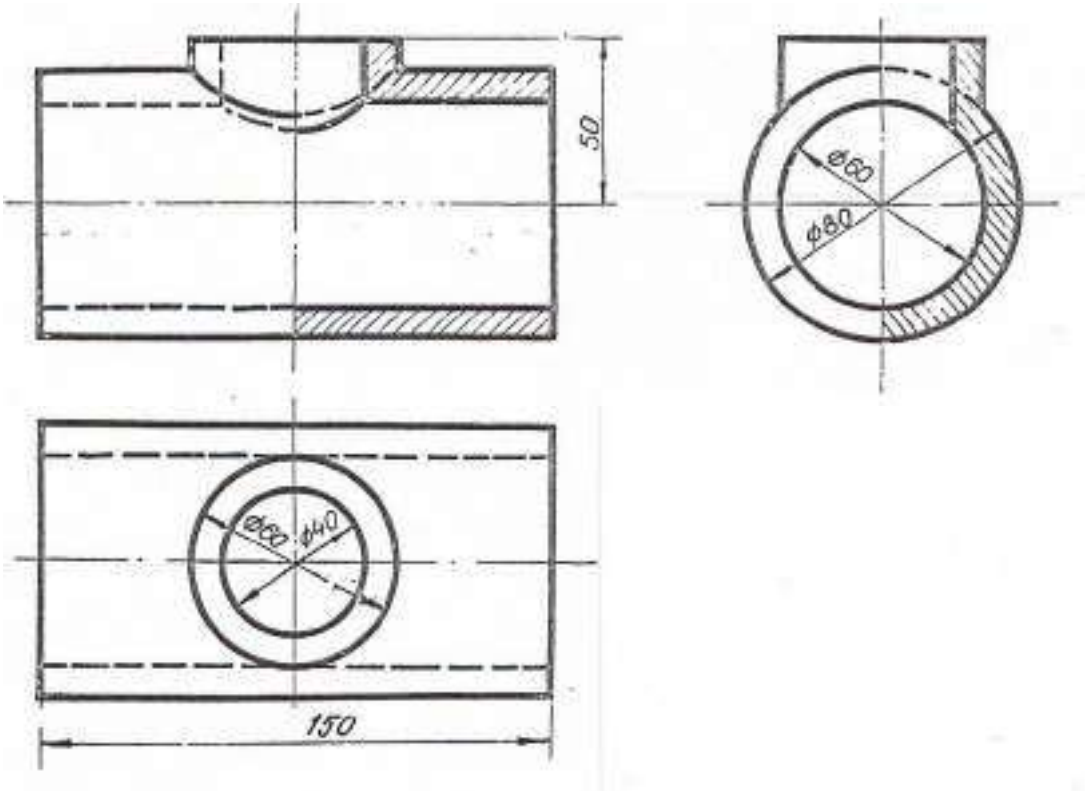
Вариант 7. Вычертить ось в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



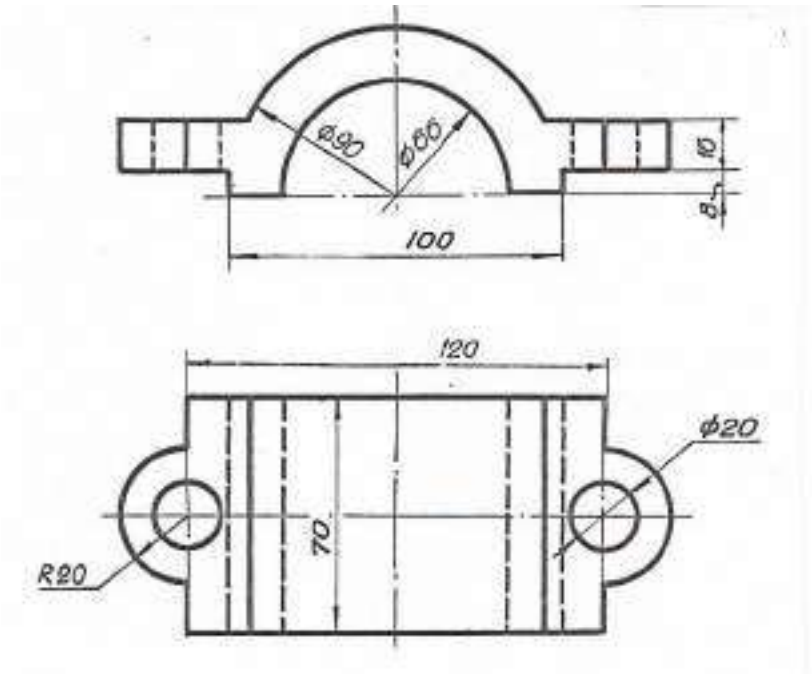
Вариант 8. Вычертить подставку в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



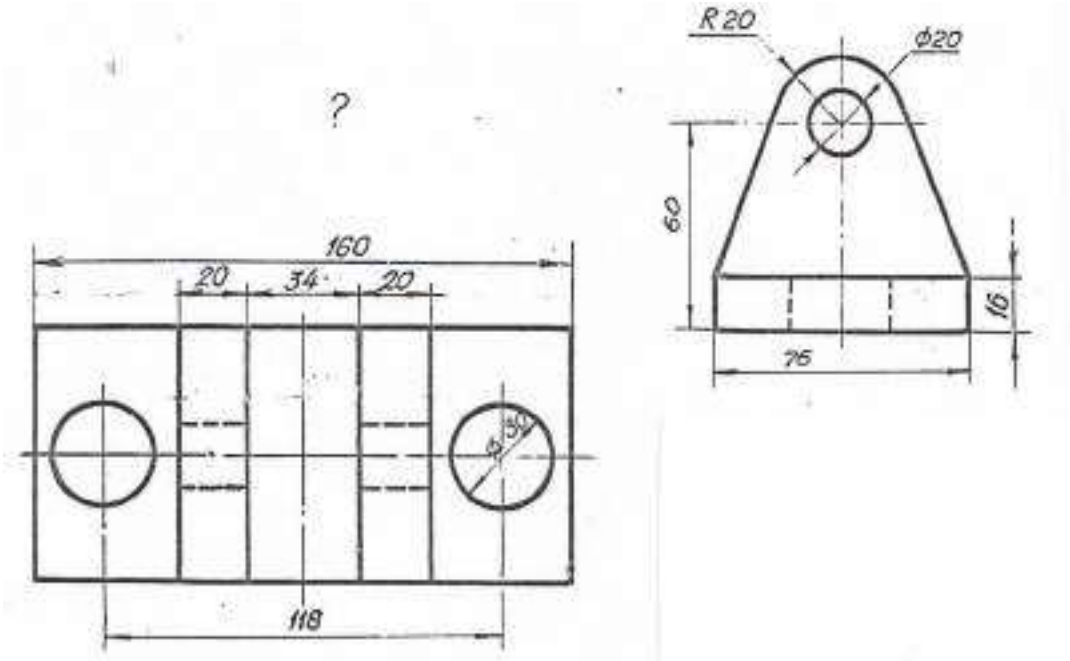
Вариант 9. Вычертить подшипник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 10. Вычертить тройник в изометрии по заданным трем видам в масштабе 1:1.



Вариант 11. Вычертить крышку подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 12. Вычертить опору в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……... 3

Глава 1. **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ**……. 5

1. Множества…….. 5

1.1. Основные понятия теории множеств……..… 5

1.2. Отображения и преобразования…… 7

1.3. Теоретико-множественный подход к задачам на построение…… 10

1.4. Геометрические пространства и их размерность…… 11

1.5. Формирование пространства…… 13

1.6. Приёмы подсчёта параметров…… 14

1.7. Параметрический подход к решению задач начертательной геометрии…… 21

2. Системы координат…… 22

2.1. Прямоугольные декартовы координаты…… 22

2.2. Полярные координаты точки на плоскости……. 23

2.3. Цилиндрические координаты…… 23

2.4.Сферические координаты…… 24

Вопросы для самопроверки…….. 24

Глава 2. **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**…… 25

1. Запуск системы *AutoCAD*…… 25

2. Вид рабочего окна *AutoCAD*……. 26

3. Падающее меню……. 26

4. Строка состояния…… 27

5. Ввод команд…… 28

6. Панели инструментов……. 28

7. Стандартная панель инструментов *(Standard Toolbar)*…….. 28
8. Панель инструментов Object Properties *(Свойства объекта)*…. 30
9. Графические примитивы…….…….. 32
10. Ввод координат точки…….…… 33
11. Панель инструментов *Draw* (Рисовать)…… 34
12. Построение геометрических примитивов…….. 34
12.1. Точка……. 35
12.2. Построение линий…… 35
12.2.1. Отрезок……. 35
12.2.2. Прямая и луч…… 37
12.2.3. Полилиния……. 38
12.2.4. Сплайн……... 41
12.3. Построение многоугольников…… 42
12.3.1. Многоугольник…… 42
12.3.2. Прямоугольник……. 43
12.4. Построение окружностей, эллипсов и их дуг…… 45
12.4.1. Окружность…… 45
12.4.2. Эллипс…… 49
12.4.3. Дуга окружности…… 50
13. Текстовые стили…… 52
13.1. Однострочный текст…… 53
13.2. Многострочный текст……. 57
14. Блок…… 58
14.1. Создание блоков……... 58
14.2. Вставка блока…… 59
15. Создание замкнутых объектов…….. 61
16. Штриховка……. 62
17. Панель инструментов *Object Snap* (Объектная привязка)…… 65
18. Панель инструментов *Modify* (Изменить или редактировать) 67
18.1. Удаление и восстановление объектов……. 68
18.2. Копирование объектов……. 69
18.3. Зеркальное отображение объектов…….. 70
18.4. Построение подобных примитивов……. 71
18.5. Размножение объектов массивом…….. 72

18.6. Перемещение объектов…… 76
18.7. Поворот объектов…… 77
18.8. Масштабирование объектов…… 78
18.9. Растягивание объектов……. 79
18.10. Подрезание объектов……. 80
18.11. Удлинение объектов…… 81
18.12. Разбиение объектов на части……. 82
18.13. Вычерчивание фасок…… 83
18.14. Построение сопряжений углов…….. 84
19. Редактирование с помощью маркеров *Grips* («Ручки»)…….. 86
20. Диспетчер свойств объектов……. 89
21. Панель инструментов *Dimension* (Измерение)…… 89
21.1. Линейные размеры…… 90
21.2. Параллельные размеры…… 92
21.3. Базовые размеры…….. 92
21.4. Размерная цепь……. 93
21.5. Радиальные размеры…… 94
21.6. Угловые размеры…… 94
21.7. Координатные размеры……. 95
21.8. Выноски и пояснительные надписи на чертеже…… 95
21.9. Быстрое нанесение размеров…….. 96
21.10. Нанесение меток центра окружности или дуги…….. 97
21.11. Редактирование размерных стилей…… 98
22. Зумирование…….. 101
23. Панорамирование……. 102
Вопросы для самопроверки…….. 102

Глава 3. **ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**……. 103

1. Общие сведения…….. 103
2. Задание трехмерных координат…….. 103
3. Задание пользовательской системы координат……. 104
4. Пространство модели и пространство листа……. 107
5. Видовые экраны…… 108

5.1. Создание неперекрывающихся видовых экранов……. 108
6. Установка видов на графическом поле……. 109
6.1. Установка направления взгляда…… 109
6.2. Задание направления взгляда с помощью диалогового окна 111
6.3. Установка плана изображения……... 112
6.4. Установка ортогональных и аксонометрических видов…… 113
6.5. Интерактивное управление точкой взгляда…… 113
6.6. Динамическое вращение трехмерной модели…… 114
7. Моделирование каркасов…… 114
7.1. Трехмерная полилиния…….. 115
7.2. Средства редактирования трехмерной полилинии……. 115
8. Твердотельное моделирование……. 116
9. Стандартные тела…… 117
9.1. Параллелепипед……. 117
9.2. Клин…… 118
9.3. Сфера…… 118
9.4. Конус…….. 119
9.5. Цилиндр……. 120
9.6. Тор…….. 121
10. Тела пользователя……. 122
10.1. Выдавленное тело…… 122
10.2. Тело вращения…… 124
11. Тела, созданные комбинированием нескольких тел……. 125
11.1. Объединение объектов…… 126
11.2. Вычитание объектов…….. 126
11.3. Пересечение объектов…….. 127
12. Общие средства редактирования трехмерных объектов…….. 128
12.1. Поворот вокруг оси……. 128
12.2. Зеркальное отображение относительно плоскости (плоскостная симметрия)……. 129
12.3. Размножение трехмерным массивом…….. 130
12.4. Вычерчивание фасок трехмерных тел…… 131
12.5. Построение сопряжений граней…….. 133
12.6. Построение сечений……. 134

12.7. Построение разрезов…… 134
13. Редактирование граней, ребер тел…… 135
13.1. Режим редактирования граней твердотельного объекта…. 136
13.2. Режим редактирования ребер твердотельного объекта……. 140
13.3. Режим редактирования общих свойств
твердотельного объекта……. 141
14. Пример построения трехмерной модели……. 142
15. Перекрывающиеся видовые экраны. Создание ортогональных проекций……... 144
16. Визуализация трехмерных моделей…… 147
16.1. Удаление невидимых линий…… 148
16.2. Раскрашивание трехмерной модели…….. 148
16.3. Тонирование изображений трехмерных объектов…….. 149
16.4. Включение фона в изображение сцены……. 150
16.5. Настройка освещения……. 151
16.6. Тени…… 152
16.7. Работа с материалами…….. 153
Вопросы для самопроверки…….. 154
Заключение…… 155
Список литературы……. 156
Приложения……. 157
Приложение 1. Пример выполнения рабочего чертежа детали…….. 157
Приложение 2. Задание для выполнения графической работы № 1…….. 158
Приложение 3. Задание для выполнения графической работы № 2…….. 164
Приложение 4. Задание для выполнения графической работы № 3…….. 170
Приложение 5. Пример построения твердотельной модели…… 176
Приложение 6. Задание для выполнения графической работы № 4…….. 178

Учебное издание

Шангина Елена Игоревна

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Редактор издательства Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка и графика автора

Подписано в печать 01.02.06. Формат 60x84-1/8. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 23,75. Уч.-изд. л. 11,25. Тираж 200 экз. Заказ № .

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина
Г.А. Шангин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ

Издание второе, дополненное, исправленное

Екатеринбург – 2015

УДК 514.18
Ш 20

Рецензенты: *Денисов М. А*. профессор, д-р техн. наук кафедры «Инженерная графика» Уральского федерального университета
Савельев Ю. А. канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная графика» Уральского государственного университета путей сообщения.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Шангина Е. И., Шангин Г. А.
Ш 20 Инженерная графика. Задачи и решения. Изд. 2-е дополн., исправл. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 153 с.: ил.

Рассматриваются задачи, которые студенты должны уметь решать в курсе «Инженерная графика». Отличие этого задачника от существующих в том, что для всех задач даны достаточно подробные решения и описаны алгоритмы решения. Уровень задач – от самых простых до комплексных.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям «Горное дело» и «Прикладная геология», может быть полезно преподавателям и аспирантам, занимающимся вопросами приложений начертательной геометрии и инженерной графики.

УДК 514.18

©Уральская гос. горно-геолог. академия, 2006
© Уральский государственный горный университет, 2015
© Шангина Е. И., 2006
© Шангина Е. И., Шангин Г. А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Начертательная геометрия занимается решением пространственных геометрических задач на плоском чертеже. Стереометрические (трёхмерные) объекты обсуждаются в ней с помощью планиметрических (двумерных) изображений этих объектов, проекций. Правила построения таких чертежей очень важны для понимания начертательной геометрии, поскольку они обеспечивают возможность решать пространственные задачи на плоском чертеже (модели). Правила сопоставления оригинала и плоской модели реализуются обратимостью чертежа, а именно данному оригиналу должен соответствовать вполне определённый чертёж, и, наоборот, чертежу соответствует определённый оригинал.

Решая задачу по начертательной геометрии, приходится всё время переводить с языка оригиналов, натуры, языка стереометрии на язык чертежа, изображений язык планиметрии, и наоборот, то есть по изображениям уметь представлять оригинал, а зная что-то об оригинале, понять, как он интерпретируется в изображении. Таким образом, прочитав текст условия задачи, следует уяснить суть стереометрической задачи, задачи о трёхмерных оригиналах, изображённых на этом двумерном чертеже. Затем нужно «увидеть» решение этой пространственной задачи (забыв на время о чертеже), то есть записать (на бумаге или в голове) план её решения (алгоритм). Лишь после этого можно приступать к выполнению чертежа, то есть начинать реализацию этих операций на чертеже.

Количество задач, решаемых способами начертательной геометрии, неизмеримо богаче, чем то, что здесь изложено. Однако данное учебное пособие – это попытка показать некоторые методы, способы и алгоритмы, которые используются начертательной геометрией при решении задач.

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам за замечания и советы, направленные на улучшение содержания данной книги. Автор также выражает глубокую признательность В. А. Пекличу за предоставленные материалы.

1. ПРЯМАЯ. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ. ГРАДУИРОВАНИЕ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ

1.1. На заданной прямой $A_{25}B_{80}$ построить точку $C_?$, отстоящую от основной плоскости проекций на ***50*** (по масштабу чертежа). Прямая задана точками ***A(20,15,25)***, ***B(50,70,80)***.

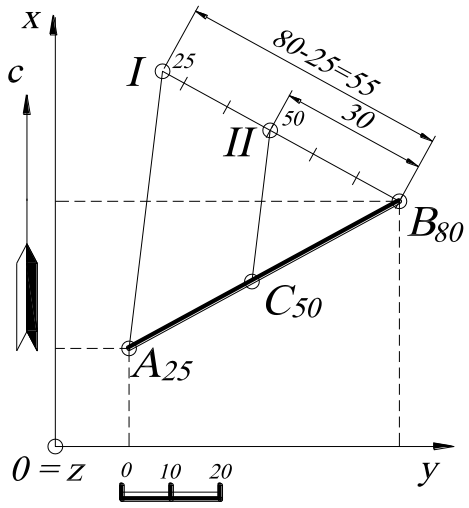


Рис. 1.

Решение (рис. 1). Для нахождения точки $C_?$ необходимо на заданной прямой $A_{25}B_{80}$ найти точку с высотной отметкой ***50***. Для этого градуируют прямую $A_{25}B_{80}$. Через точку B_{80} проводят произвольную прямую $B_{80}I$ – шкалу высотных отметок, на которой откладывают разность высотных отметок A_{25} и B_{80}. Выбрав единичный масштаб ***1ед.=10*** (по масштабу чертежа), получают отрезок $B_{80}I=55$. Затем из точки ***II*** проводят отрезок прямой, параллельный отрезку прямой $A_{25}I$, и получают (на основании подобных треугольников) искомую точку C_{50}.

1.2. Найти натуральную величину отрезка прямой $A_{23}B_{66}$ и угол его наклона σ к основной плоскости проекций ***H***. Прямая задана точками ***A(20,15,23)***, ***B(50,70,80)***.

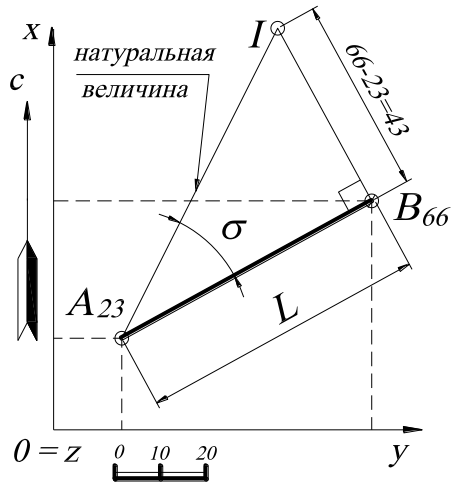


Рис. 2.

Решение (рис. 2). Для определения натуральной величины отрезка прямой общего положения $A_{23}B_{66}$ в данном случае используют метод прямоугольного треугольника, одним катетом которого является проекция этого отрезка ***L*** (заложение), а другим катетом – разность координат Δz (числовых отметок) концов отрезка, отстоящих от основ-

ной плоскости проекций ***H***. Гипотенузой такого прямоугольного треугольника является натуральная величина этого отрезка. Поэтому на прямой $B_{66}I$, перпендикулярной $A_{23}B_{66}$, откладывают разницу (в заданном линейном масштабе) координат концов отрезка $\Delta z=43$, гипотенуза $A_{23}I$ – натуральная величина, а угол между гипотенузой и проекцией отрезка прямой – угол наклона к плоскости проекций σ.

1.3. На отрезке прямой $A_{50}B_{10}$ найти точку $C_?$, делящую этот отрезок в отношении: $(AC):(CB)=2:3$. Прямая задана точкой $A(50;30;50)$, азимутом падения $\alpha=120^0$, углом падения $\sigma=30^0$.

Решение (рис. 3). На плане строится точка A_{50}, заданная координатами. Затем находят точку B_{10}, зная азимут падения и угол падения прямой. Заложение отрезка прямой $A_{50}B_{10}$ определяют на профиле. Строят профиль, задав ось x' параллельно проекции отрезка $A_{50}B_{10}$. На линиях проекционной связи откладывают (в масштабе чертежа) от оси x' координаты z (числовые отметки) точек A_{50} и B_{10}.

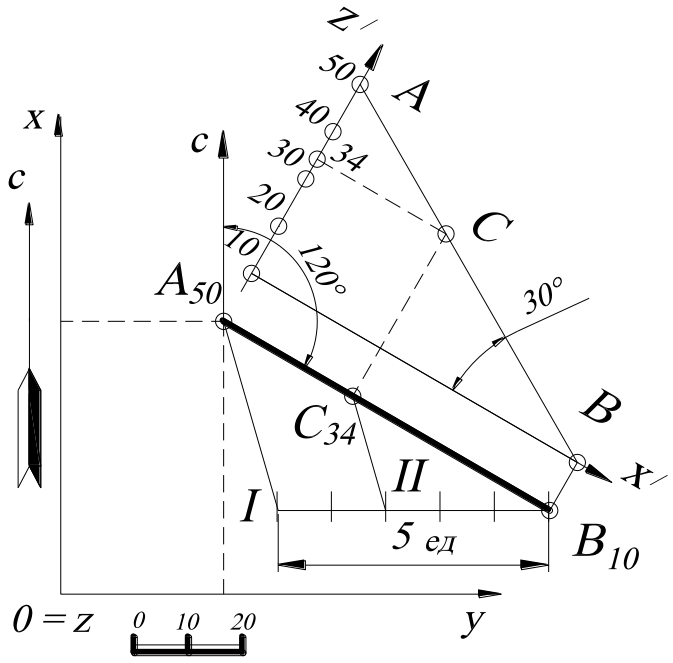


Рис. 3.

Получают профиль прямой $A_{50}B_{10}$. Точка $C_?$ определяется с помощью градуирования (пропорционального деления на заданные части, см. пример ***1.1***). Другими словами, из точки B_{10} (можно и из точки A_{50}) проводят произвольный отрезок $B_{10}I$ длиной ***5ед. =50*** (по масштабу чертежа), который делят в отношении $(I,II):(II,B_{10})=2:3$. Затем проводят отрезок прямой IIC_{34}, параллельный отрезку прямой IA_{50}, и находят точку C_{34}, высотную отметку которой определяют на профиле (также числовую отметку можно определять градуированием на плане).

1.4. Построить отрезок прямой, симметричный отрезку заданной прямой $A_{10}B_{40}$ относительно: а) основной плоскости проекций ***H***, б) оси ***Ox***, в) оси ***Oy***, г) начала координат ***O***. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

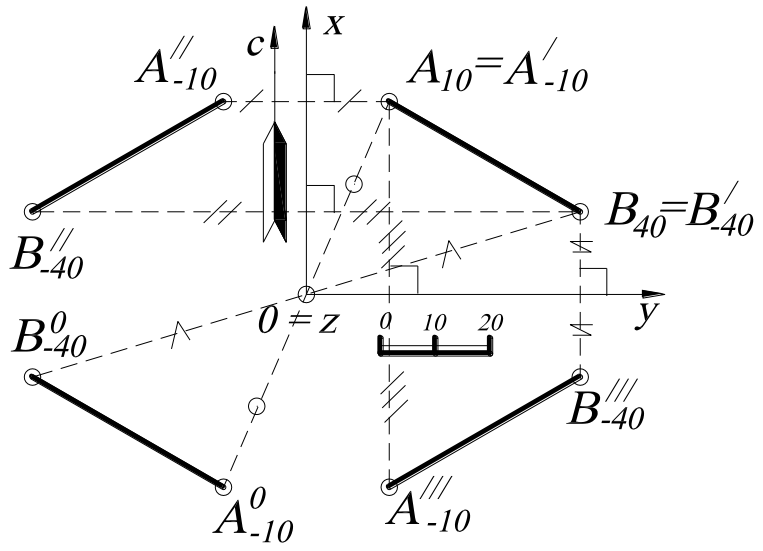


Рис. 4.

Решение (рис. 4). По координатам строят проекцию отрезка прямой $A_{10}B_{40}$. Затем находят образы заданного отрезка: а) относительно основной плоскости проекций ***H*** (плоскостная симметрия) – это проекция отрезка $A'_{-10}B'_{-40}$, совпадающая с проекцией заданного отрезка; б) относительно оси ***Ox*** (осевая симметрия) – из концов отрезка строятся вспомогательные прямые, перпендикулярные оси ***Ox***, на которых откладываются удвоенные отрезки, равные расстоянию от концов отрезка до оси ***Ox*** – это проекция отрезка $A''_{-10}B''_{-40}$; в) симметричный отрезок относительно оси ***Oy*** – $A'''_{-10}B'''_{-40}$ - строится по аналогии с осевой симметрией относительно ***Ox***; г) симметричный отрезок относительно начала отсчёта (центральная симметрия) с помощью вспомогательных прямых, проходящих через начало координат, на которых откладываются отрезки прямых, равные удвоенному расстоянию от концов заданного отрезка до начала координат ***O***. В этом случае получается проекция отрезка $A^0_{-10}B^0_{-10}$. Все полученные образы являются отображением заданного отрезка прямой $A_{10}B_{40}$.

1.5. На отрезке прямой $A_{10}B_{40}$ построить отрезок $A_{10}C_?$ заданной длины ***/AC/=40*** (по масштабу чертежа) и определить отметку точки $C_?$. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

Решение (рис. 5). Строят профиль параллельно заданной проекции прямой $A_{10}B_{40}$. В этом случае прямая $A_{10}B_{40}$ будет проецироваться на плоскость выбранного профиля в натуральную величину. Ось x задают параллельно проекции отрезка $A_{10}B_{40}$. На линиях проекционной связи откладывают (в заданном масштабе) от оси x координаты z (числовые отметки) точек A_{10} и B_{40}. Затем на профиле от точки A_{10} откладывают ***40*** единиц линейного масштаба и получают точку C с числовой отметкой ***33***. На плане точка C_{33} строится с помощью линии проекционной связи.

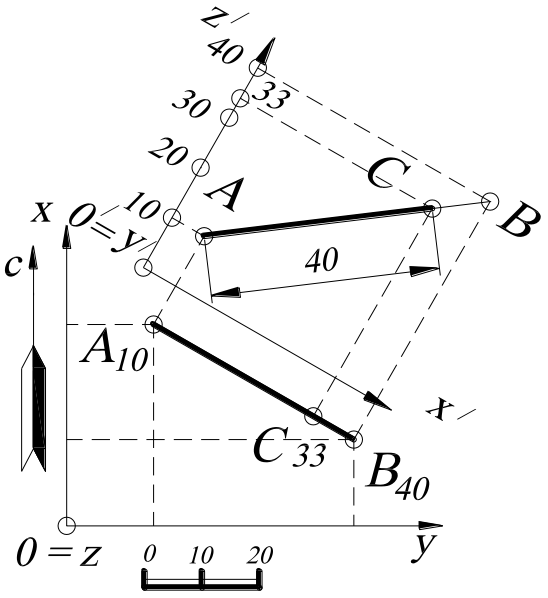


Рис. 5.

1.6. Найти расстояние от точки C_{20} до прямой $A_{40}B_{30}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(40,30,40)***, ***B(20,70,30)***, ***C(10,25,20)***.

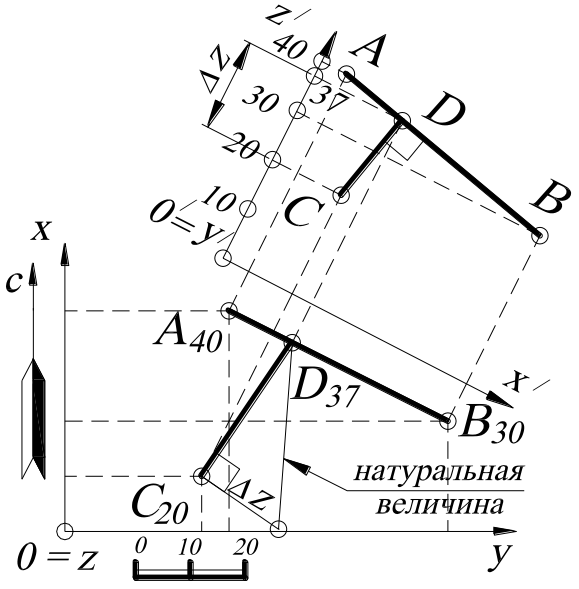


Рис. 6.

Решение (рис. 6). Расстояние от точки до прямой – это перпендикуляр, опущенный из точки C_{20} на прямую $A_{40}B_{30}$. Прямая $A_{40}B_{30}$ – прямая общего положения, следовательно, на плане прямой угол проецируется не в натуральную величину. Прямой угол проецируется без искажения в том случае, если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а другая ей не перпендикулярна (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Поэтому строят профиль, плоскость которого параллельна прямой $A_{40}B_{30}$. На профиле строят прямую ***CD***, перпендикулярную прямой ***AB***. На плане

находят натуральную величину $C_{20}D_{37}$ методом прямоугольного треугольника, одним катетом которого является проекция отрезка прямой $C_{20}D_{37}$, другим – разность числовых отметок $\Delta z=17$ (по масштабу чертежа), а гипотенуза – натуральная величина $|CD|$ (см. задачу 1.2).

1.7. Построить прямую $C_{20}D_{?}$, проходящую через точку C_{20} и параллельную прямой $A_{50}B_{10}$, длиной $|CD|=50$ (по масштабу чертежа). Проекции точек заданы следующими координатами: $A(40,25,50)$, $B(10,70,10)$, $C(60,45,20)$.

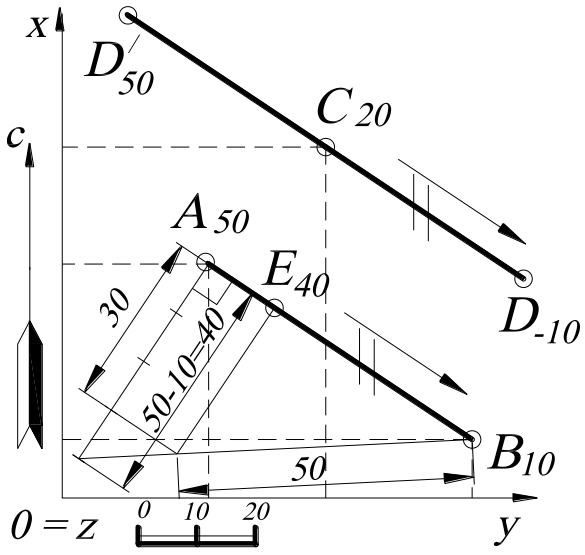


Рис. 7.

Решение (рис. 7). Поскольку проекции параллельных прямых параллельны, азимуты падения равны, заложения (интервалы) равны, то искомая прямая $C_{20}D_{?}$ будет параллельна заданной прямой $A_{50}B_{10}$. Заложение прямой $C_{20}D_{?}$ будет соответствовать заложению прямой $A_{50}B_{10}$, длиной 50. Следовательно, строится натуральная величина прямой $A_{50}B_{10}$ (методом прямоугольного треугольника, в соответствии с масштабом чертежа, 1 *ед.*$=10$). Отложив 50 (по линейному масштабу) от точки B_{10} (можно и от A_{50}) на натуральной величине прямой и перенеся её на проекцию $A_{50}B_{10}$ (используя подобие треугольников), получают точку F_{40}. Заложение прямой $C_{20}D_{?}=B_{10}E_{40}$, а отметка точки $D_{?}$ определяется в соответствии с разницей высотных отметок точек B_{10} и E_{40} ($40-10=30$). Задача имеет два решения, то есть две прямые – $C_{20}D'_{50}$ и $C_{20}D_{-10}$.

1.8. Построить проекции ромба $ABCD$, диагональ которого $|BD|=50$ (по масштабу) и лежит на прямой $M_{30}N_{30}$. Проекции точек заданы следующими координатами: $A(35,60,50)$, $M(40,20,30)$, $N(10,80,30)$.

Решение (рис. 8). Решение задачи основывается на свойстве ромба, что диагонали ромба взаимно перпендикулярны и в точке их пересечения делятся пополам. Поскольку $M_{30}N_{30}$ является горизонтальной прямой, то из точки A_{50} строится прямая, перпендикулярная прямой $M_{30}N_{30}$ (на основании теоремы о проецировании прямого угла), на которой откладывают удвоенное расстояние $A_{50}O_{30}$ (где O_{30} – точка пересечения осей ромба) и определяют проекцию точки C_{10} и её числовую отметку (см. задачу 1.4. – осевая симметрия). Затем от точки O_{30} (по разные стороны) на отрезке прямой $M_{30}N_{30}$ откладывают по ***25*** (в соответствии с масштабом чертежа), получая диагональ ромба $B_{30}D_{30}$. Точки A_{50}, B_{30}, C_{10} и D_{30} определяют вершины искомого ромба.

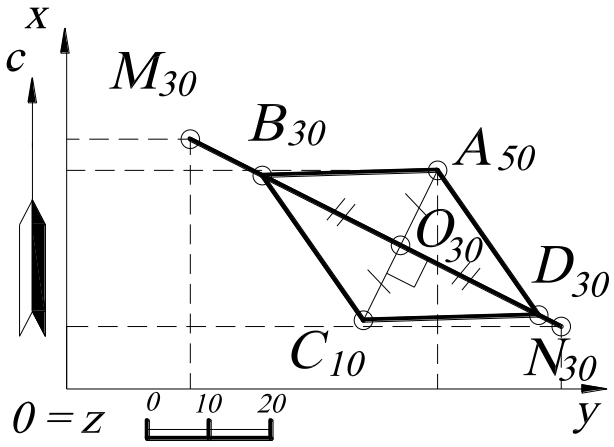


Рис. 8.

1.9. Отрезок прямой $A_{50}B_?$ имеет уклон ***i=1:2***. Определить числовую отметку точки $B_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(15,17,50)***, ***B(50,65,?)***.

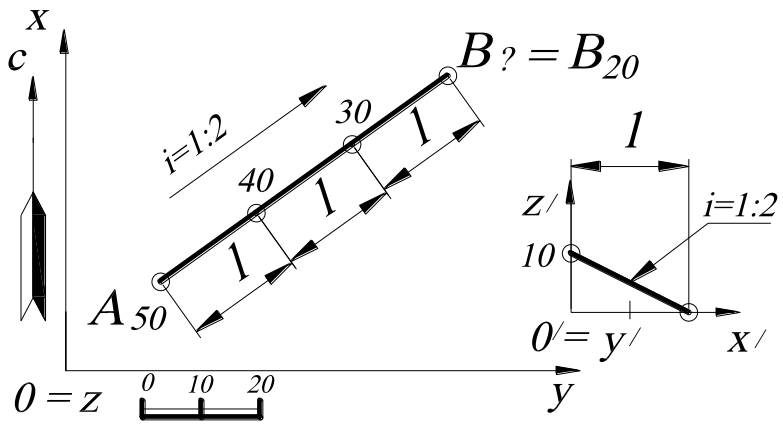


Рис. 9.

Решение (рис. 9). ***Уклон прямой*** – это отношение единичного отрезка к интервалу прямой или, другими словами, отношение противолежащего катета к прилежащему. Единичный отрезок определяется по линейному масштабу, тогда интервал в два раза больше единичного отрезка. Направление уклона указывает в сторону уменьшения числовых отметок, то есть точка ***B*** имеет отметку ***20***.

1.10. Построить проекции квадрата ***ABCD***, диагональ которого принадлежит отрезку прямой $M_{10}N_{50}$, и дана проекция вершины A_{20}.

Решение (рис. 10). Диагонали квадрата равны, взаимно перпендикулярны и в точке их пересечения делятся пополам. Поскольку прямая $M_{50}N_{10}$ – прямая общего положения, то для задания проекции направления диагонали строят профиль и определяют точку O_{32} и точку C_{44} (см. задачу 1.6). Для нахождения натуральной величины половины диагонали квадрата $O_{32}A_{20}$ используют метод прямоугольного треугольника (см. задачу 1.2). На профиле откладывают натуральную величину полученной диагонали ***BD=26*** (по масштабу чертежа) и определяют отметки точек B_{20} и D_{44}, а затем в проекционной связи получают их на плане.

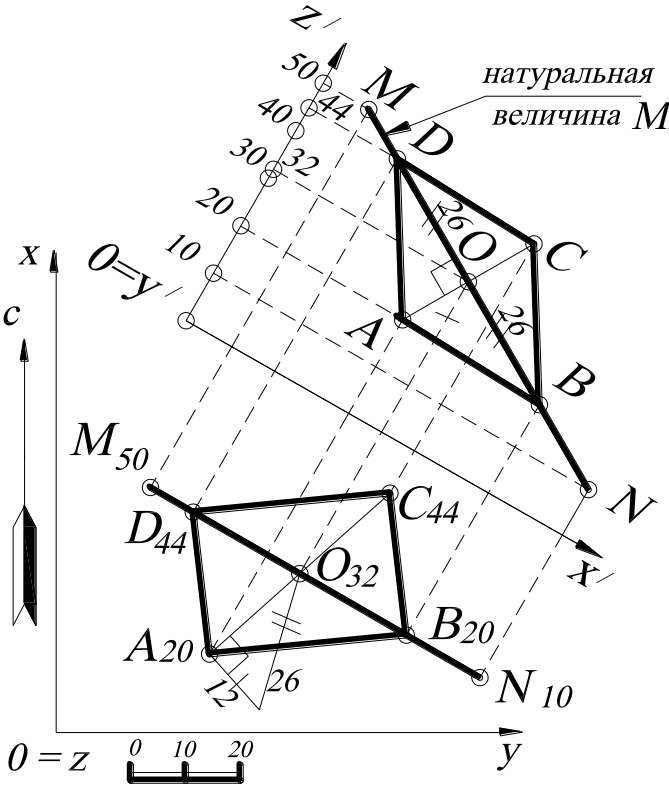


Рис. 10.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1.1. Разделить отрезок прямой общего положения $A_{10}B_{60}$ точкой $C_?$ в отношении $(A_{10}\ C_?):(C_?B_{60})=3:4$. Найти числовую отметку точки $C_?$. Проекции точек заданы координатами: ***A(20, 20, 10)***; ***B(45, 65, 60)***.

1.2. Построить прямую, проходящую через заданную точку ***A(20, 20, 10)*** и пересекающую ось ***z*** под углом 30^0, длиной ***50 мм***.

1.3. Дана прямая ***a***, заданная отрезком $C_{60}B_?$, где $B_?$ – точка пересечения с осью ***Oz***. Определить числовую отметку точки $B_?$ и указать возможное количество

решений. Интервал прямой ***a*** равен *а)* ***10 мм***; *б)* ***20 мм***. Координаты точки ***C(45***, ***60***, ***60)***.

1.4. Построить прямую $A_{60}B_{?}$, пересекающую основную плоскость проекций ***xOy*** в точке $B_{?}$, азимут падения которой $\alpha=120^0$, угол падения $\sigma=30^0$. Найти натуральную величину этой прямой. Координаты точки ***A(40, 15, 60)***.

1.5. Найти точку пересечения $C_{?}$ прямой $A_{10}B_{50}$ с вертикальной плоскостью, проходящей через *а)* ось ***Ox*** (плоскость ***zOx***); *б)* ось ***Oy*** (плоскость ***zOy***). Проекции точек заданы координатами: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(10***, ***60***, ***50)***.

1.6. Через данную точку C_{60} провести прямую так, чтобы она пересекала заданную прямую $A_{10}B_{50}$ и была параллельна вертикальной плоскости, проходящей через *а)* ось ***Ox*** (плоскость ***zOx***); *б)* ось ***Oy*** (плоскость ***zOy***). Проекции точек заданы координатами: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(10***, ***80***, ***50)***, ***C (45***, ***60***, ***60)***.

1.7. Построить прямую, проходящую через точку ***A(60***, ***65***, ***40)*** и пересекающую ось ***Oy*** под углом 30^0.

1.8. Через данную точку C_{33} провести прямую $C_{33}D_{?}$, пересекающую заданную прямую $A_{10}B_{60}$ и параллельную основной плоскости проекций ***xOy***. Проекции точек заданы координатами: ***A(20, 20, 10)***; ***B(45, 65, 60)***, ***C(70, 30, 33)***.

1.9. Определить относительное положение двух прямых ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***20***, ***20)***, ***B(80***, ***90***, ***70)***, ***C(30***, ***70***, ***50)***, ***D(70***, ***10***, ***0)***. Определить натуральную величину $C_{50}D_{0}$.

1.10. Построить проекцию отрезка прямой $A_{?}D_{10}$, на которой лежат точки $B_{?}$ и C_{50}. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***20***, ***?)***, ***B(40***, ***55***, ***?)***, ***C(60***, ***?***, ***50)***, ***D(?***, ***115***, ***10)***. Определить натуральную величину $A_{?}D_{10}$.

1.11. Найти недостающие координаты точек прямой ***AB***, если известно, что точка ***C*** – след отрезка прямой ***AB*** с плоскостью проекций ***xOy*** (то есть точка пересечения прямой с плоскостью проекций ***xOy***). Определить натуральную величину прямой ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40***, ***?***, ***?)***, ***B(65***, ***65***, ***50)***, ***C(50***, ***35***, ***?)***.

1.12. Через точку $M_?$, принадлежащую прямой ***AB***, построить горизонтальную прямую линию, которая пересекает две заданные параллельные прямые ***AB*** и ***CD*** на высоте ***55 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40***, ***15***, ***10)***, ***B(60***, ***65***, ***70)***, ***C(20***, ***15***, ***40)***.

1.13. Найти расстояние от точки C_{50} до прямой $A_{10}B_{70}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(40***, ***15***, ***10)***, ***B(60***, ***65***, ***70)***, ***C(20***, ***35***, ***50)***.

1.14. Найти расстояние от точки M_0 до *а)* прямой ***AB***, *б)* прямой ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***M(40, 50, 0)***, ***A(50, 0, 50)***, ***B(10, 0, 10)***, ***C(0, 20, 20)***, ***D(0, 70, 70)***.

1.15. Через точку $M_?$, принадлежащую прямой ***AB***, построить горизонтальную прямую линию, которая пересекает две заданные пересекающиеся прямые ***AB*** и ***BC*** на высоте ***55 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(60***, ***65***, ***70)***, ***B(20***, ***15***, ***40)***, ***C(50***, ***90***, ***80)***.

1.16. Построить высоту ***CD*** треугольника $A_{10}B_{70}C_{50}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(40***, ***15***, ***10)***, ***B(60***, ***65***, ***70)***, ***C(10***, ***40***, ***50)***.

1.17. Построить проекции параллелограмма, диагональю которого является отрезок $A_{40}C_{10}$, а вершина – точка B_{50}. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***15***, ***40)***, ***C(50***, ***90***, ***10)***, ***B(10***, ***75***, ***50)***.

1.18. Построить проекции ромба ***ABCD***, диагональю которого является отрезок $A_{60}C_{10}$, а вершина – точка $D_?$ принадлежит отрезку прямой $F_{50}E_0$. Проекции точек заданы координатами: ***A(50***, ***15***, ***60)***, ***C(80***, ***90***, ***10)***, ***F(35***, ***30***, ***50)***, ***E(30***, ***100***, ***0)***.

1.19. Построить треугольник, симметричный заданному треугольнику $A_{20}B_{40}C_{60}$, относительно *а)* стороны $A_{20}B_{40}$; *б)* стороны $B_{40}C_{60}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(60***, ***30***, ***20)***, ***B(30***, ***80***, ***40)***, ***C(20***, ***40***, ***60)***.

1.20. Найти натуральную величину треугольника $A_{10}B_{30}C_{60}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(30***, ***30***, ***10)***, ***B(10***, ***100***, ***30)***, ***C(80***, ***50***, ***60)***.

1.21. Достроить проекцию плоского четырёхугольника ***ABCD***, если известны координаты точек: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(15***, ***10***, ***30)***, ***C (10***, ***60***, ***50)***, ***D(60***, ***?***, ***30)***.

1.22. Найти линию пересечения плоскости треугольника $A_{10}B_{50}C_{60}$ с вертикальной плоскостью, проходящей через ось ***Ox***. Проекции точек заданы координатами: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(10***, ***60***, ***50)***, ***C (45***, ***60***, ***60)***.

1.23. Построить на отрезке прямой ***AB*** отрезок прямой ***AE***, равный отрезку прямой ***CD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(20, 20, 20)***, ***B(50, 60, 70)***, ***C(30, 70, 30)***, ***D(40, 90, 10)***.

1.24. Построить квадрат ***ABCD*** по его диагонали ***AC***, если известно, что вторая его диагональ ***BD*** параллельна плоскости проекций ***xOy***. Проекции точек заданы следующими координатами ***A(30, 50, 50)***, ***C(60, 90, 10)***.

1.25. Построить точку $D_?$, симметричную точке C_{20} относительно прямой ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 30, 40)***; ***B(20, 70, 30)***; ***C(10, 25, 20)***. Определить расстояние от точки $D_?$ до прямой ***AB***.

1.26. Построить параллелограмм $ABC'D'$, симметричный параллелограмму ***ABCD*** относительно стороны ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(75, 25, 50)***, ***B(40, 75, 20)***, ***C(0, 65, 40)***, ***D(?, ?, ?)***.

1.27. Построить проекции прямоугольного треугольника ***ABC***, один катет ***AB*** которого известен, а вершина ***C*** лежит на прямой ***DE***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(70, 25, 50)***, ***B(80, 50, 50)***, ***D(20, 25, 10)***, ***E(70, 80, 50)***.

1.28. Построить прямоугольник ***ABCD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(40, 30, 50)***, ***B(20, 60, 20)***, ***C(30, 90, ?)***.

1.29. Найти кратчайшее расстояние от точки ***A*** до точки ***B*** с пересечением плоскости проекций ***xOy*** в точке $C_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(70, 25, 50)***, ***B(20, 70, 30)***.

1.30. Найти кратчайшее расстояние от точки ***A*** до точки ***B*** с пересечением сначала плоскости проекций ***xOy*** в точке $C_?$, а затем плоскости проекций ***xOz*** в точке $D_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(70, 25, 50)***, ***B(20, 70, 30)***.

2. ПЛОСКОСТЬ. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ, ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ

2.1. Определить элементы залегания плоскости, заданной тремя неколлинейными точками A_3, B_2, C_0. Построить разрез в крест простирания, то есть вертикальная плоскость разреза должна проходить перпендикулярно горизонталям заданной плоскости (рис. 11).

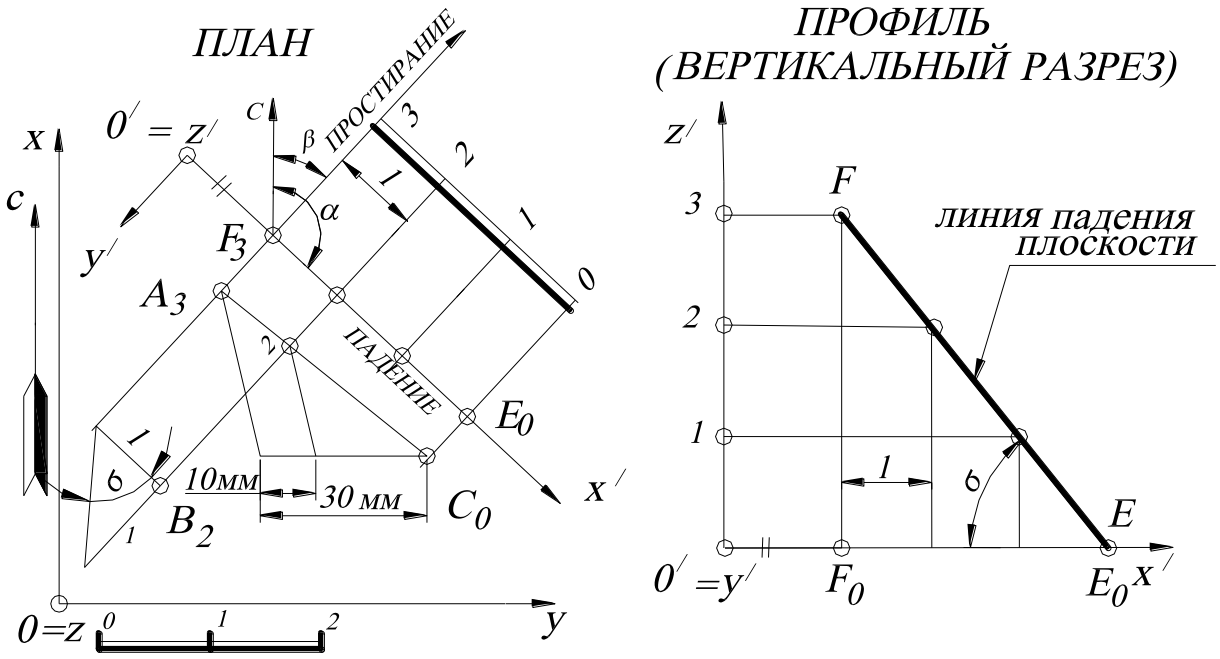


Рис. 11.

Алгоритм решения.

1. В заданной плоскости ($A_3B_2C_0$) на плане строят горизонталь ***2-2***. Для этого необходимо проградуировать проекцию отрезка прямой A_3C_0 (см. задачу 1.1). Горизонталь с соседней целочисленной отметкой (***3-3***) будет параллельна горизонтали ***2-2***. Кратчайшее расстояние между горизонталями ***2-2*** и ***3-3*** является интервалом заданной плоскости ***l***. Перпендикулярно к проекциям горизонталей задают масштаб заложения.

2. Находят линию падения плоскости (линию наибольшего ската, являющуюся масштабом заложения), проекция которой перпендикулярна горизонталям плоскости.

3. Определяют азимуты падения и простирания. ***Азимут падения плоскости*** α – это угол, отсчитываемый по часовой стрелке (иногда говорят «правый угол») от северного направления меридиана до направления падения плоскости. ***Направление простирания*** определяется правым направлением горизонталей, если смотреть в сторону восстания плоскости. ***Азимут простирания*** β - это угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по часовой стрелке до направления простирания. Причём угол между азимутом падения и азимутом простирания всегда равен 90^0.

4. Находят угол падения плоскости на разрезе вкрест простирания. ***Угол падения*** δ - это угол наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций ***H*** (основной плоскости проекций). Определяется углом наклона линии падения и её проекцией на плоскость проекций. Зная интервал и единицу линейного масштаба, на профиле определяют угол падения σ (можно определять на плане (см. рис.11), такое изображение называется наложенным сечением).

2.2. Через точку C_{50} провести в плоскости треугольника $A_0B_{80}C_{50}$ прямую ***n***, уклон которой вдвое меньше уклона плоскости.

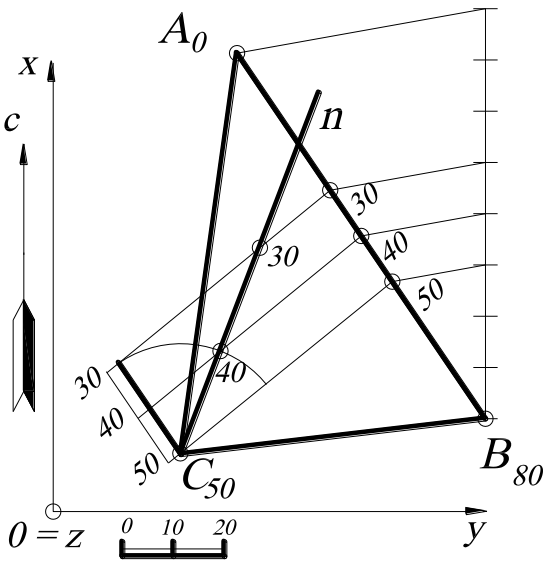


Рис. 12.

Решение (рис. 12). Строят горизонтали плоскости (см. задачу 2.1) $A_0B_{80}C_{50}$ с целыми отметками. Расстояние между проекциями соседних горизонталей – это интервал масштаба заложения плоскости. Строят окружность в точке C_{50} радиусом, равным удвоенному интервалу плоскости. Эта окружность изображает

основание конуса вращения с вершиной в точке C_{50}, высота которого равна ***10*** (в масштабе чертежа), то есть расположена в горизонтальной плоскости с отметкой ***40***. Уклон всех образующих конуса вдвое меньше уклона заданной плоскости, а две образующие, по которым конус пересекается с плоскостью $A_0B_{80}C_{50}$, – это две искомые прямые. Они проходят через точки пересечения окружности основания с ***40***-й горизонталью плоскости $A_0B_{80}C_{50}$ (показана одна параллель конуса).

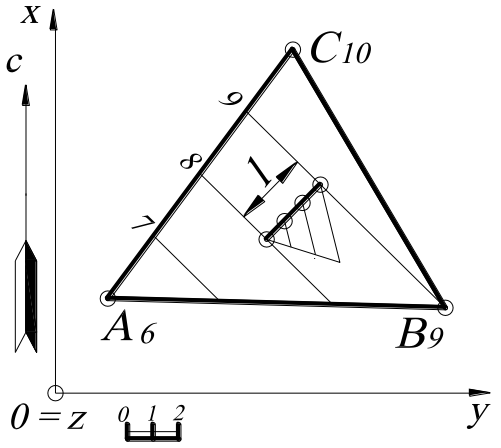


Рис. 13.

2.3. Плоскость $A_6B_9C_{10}$ имеет уклон ***i=1:3***. Определить масштаб чертежа.

Решение (рис. 13). Строят горизонтали плоскости и, разделив интервал между ними на три равные части (уклон плоскости равен ***1:3***), получают единицу масштаба. Деление производят следующим образом: строят вспомогательную прямую, на которой откладывают три равных отрезка и с помощью подобных треугольников находят три равных отрезка на интервале плоскости. Масштаб чертежа показан на рис.13.

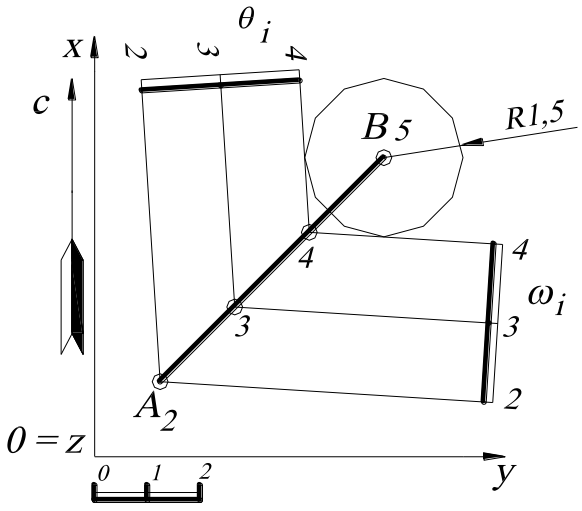


Рис. 14.

2.4. Через прямую A_2B_5 общего положения провести плоскость ω_i с уклоном ***i =1:1,5*** (рис. 14).

Решение. Градуируют прямую A_2B_5. Строят конус вращения с вершиной в точке B_5, вертикальной осью и окружностью основания, радиус которой равен ***1,5*** единицы линейного масштаба и которая расположена в горизонтальной плоскости с отметкой ***4*** (на ***1*** ниже точки B_5). Уклон любой образующей

конуса и уклон любой его касательной плоскости ***i=1:1,5***. Поэтому две искомые плоскости ω_i и θ_i - это две касательные плоскости к конусу, проходящие через прямую A_2B_5.

2.5. Через точку E_5 провести плоскость P_i, параллельную прямым $A_{15}B_{10}$ и C_6D_3.

Решение (рис. 15). Градуируют прямые $A_{15}B_{10}$ и C_6D_3 (см. задачу 1.1) и через точку E_5 проводят прямые $m \,||\, A_{15}B_{10}$ и $n \,||\, C_6D_3$. Эти прямые задают искомую плоскость P_i.

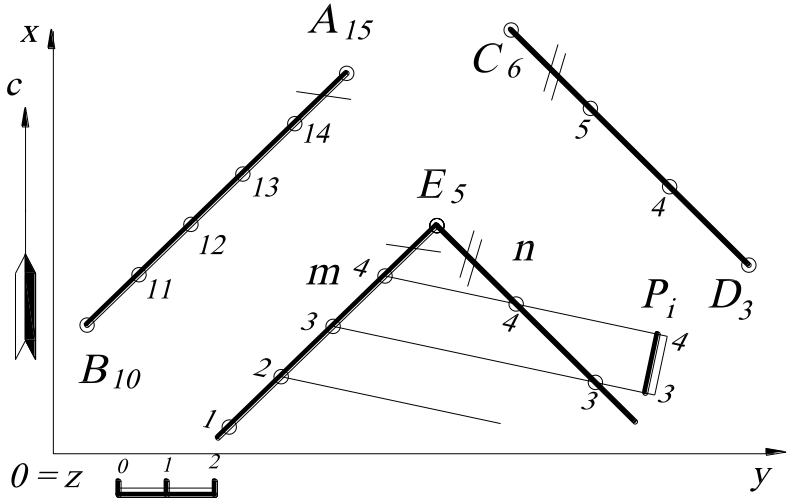


Рис. 15.

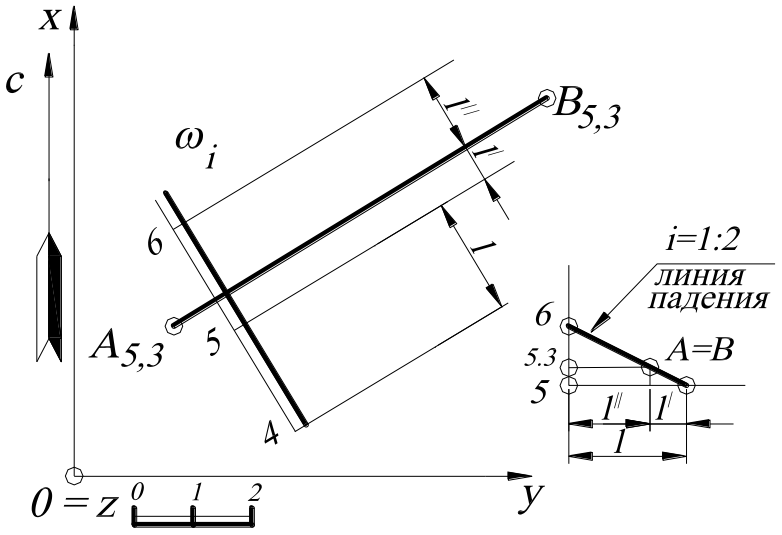


Рис. 16.

2.6. Через проекцию отрезка горизонтальной прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ провести плоскость ω_i с уклоном ***i =1:2*** (рис. 16).

Решение. Проекция прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ является проекцией горизонтали плоскости ω_i с отметкой ***5,3 – 5,3***, так как по условию задачи через неё проходит плоскость. Следовательно, перпендикулярно прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ проводят масштаб заложения и градуируют его, зная интервал

l=1:i=2 единицы масштаба. Для этого строят профиль, на котором определяют расстояния l' и l'' от горизонтали с числовой отметкой ***5,3*** (то есть прямой $A_{5,3}B_{5,3}$) до ближайших горизонталей с целочисленными значениями ***5*** и ***6***. Масштаб заложения определяет искомую плоскость ω_i. Задача имеет два решения, так как вторая плоскость будет иметь противоположное направление падения.

2.7. Найти точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью ω, заданной масштабом заложения ω_i (рис. 17).

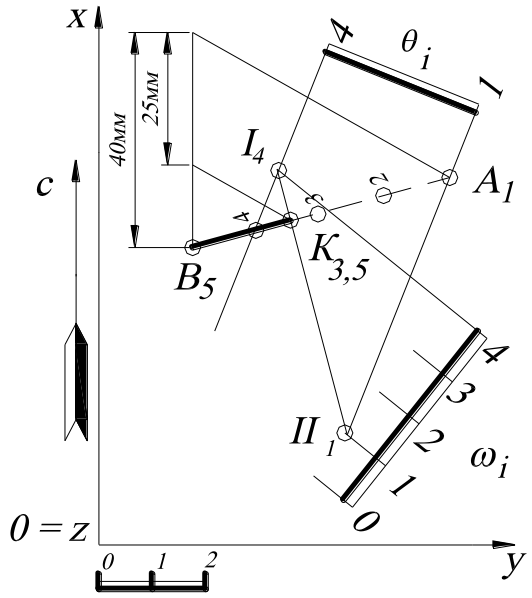


Рис. 17.

Решение. Через заданную прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник θ (на чертеже эта плоскость задана двумя горизонталями h_1 и h_4; см. признак принадлежности прямой к плоскости). Определяют пересечение посредника θ с заданной плоскостью ω – пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками. Таким образом, находят точки ***I*** и ***II***. Точки ***I*** и ***II*** определяют линию пересечения плоскости-посредника θ и заданной ω. Точка пересечения найденной прямой линии ***I***, ***II*** с прямой A_1B_5 даёт искомую точку ***K***.

Для нахождения высотной отметки точки ***K*** используют градуирование прямой A_1B_5. Из точки B_5 проводят прямую под произвольным углом. На этой прямой откладывают разность высотных отметок ***A*** и ***B***, которая равна ***4 ед.*** (***1ед.=10 мм***). Затем через подобные треугольники находят числовую отметку искомой точки $K_{3,5}$. Точка ***K*** является точкой, в которой заданная прямая изменяет свою видимость, то есть те числовые отметки проекции прямой A_1B_5, которые

выше заданной проекции плоскости ω_i, там проекция прямой видима (и наоборот).

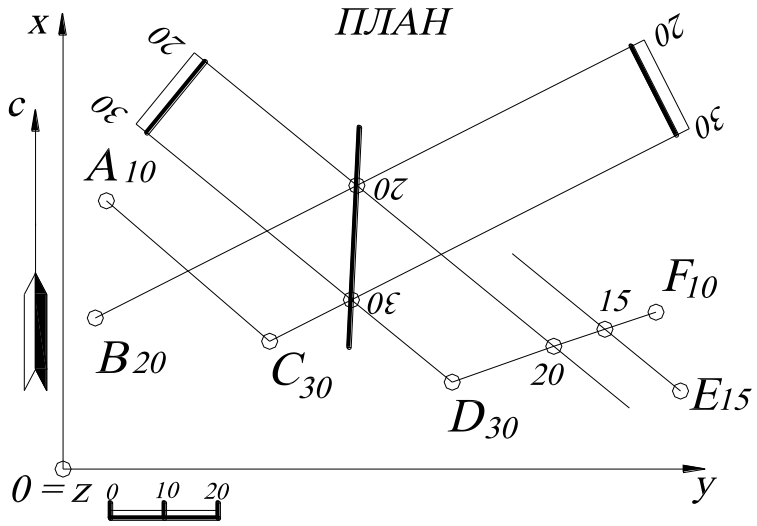


Рис. 18.

2.8. Найти линию пересечения заданных плоскостей $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$.

Решение (рис. 18). В заданных плоскостях $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$ находят направление горизонталей (см. рис 11). Затем находят точки пересечения горизонталей заданных плоскостей, имеющих одинаковые высотные отметки. Такими горизонталями являются ***30-30*** и ***20-20***. Их точки пересечения определяют прямую пересечения заданных плоскостей.

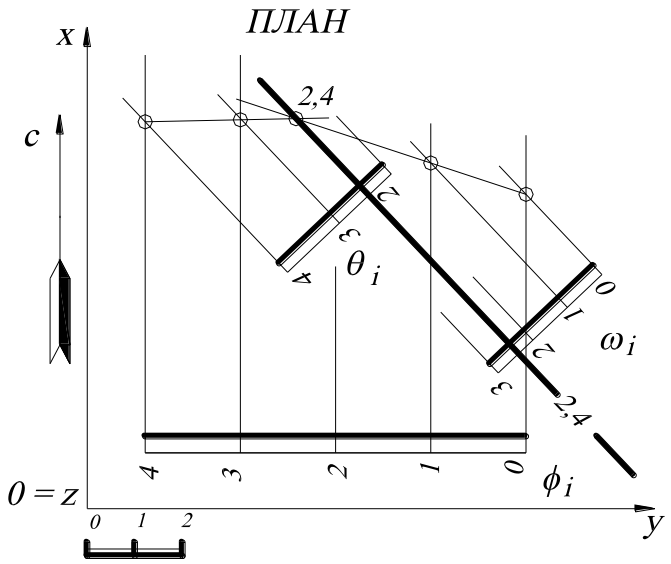


Рис. 19.

2.9. Найти линию пересечения заданных плоскостей θ и ω, азимуты падения которых одинаковы или отличаются друг от друга на 180^0 (рис. 19).

Решение. Одноимённые горизонтали плоскостей, использованные в задаче 2.8, здесь ничего не дают, поскольку горизонтали данных плоскостей параллельны. В этом случае линия пересечения плоскостей по направлению будет совпадать с направлением горизонталей, которые по условию задания параллельны между собой. Остаётся найти общую точку.

Алгоритм решения.

1. Вводят вспомогательную плоскость ϕ_i общего положения.

2. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью θ_i, так же, как в задаче 2.8.

3. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью ω_i.

4. Найденные линии пересечения дают искомую точку с отметкой 2,4 (нахождение числовой отметки не показано, которое выполняется методом градуирования любой из прямых). Эта точка принадлежит всем трём плоскостям и является их общей точкой.

Подобную задачу можно решить с помощью построения профилей заданных плоскостей (рис. 20).

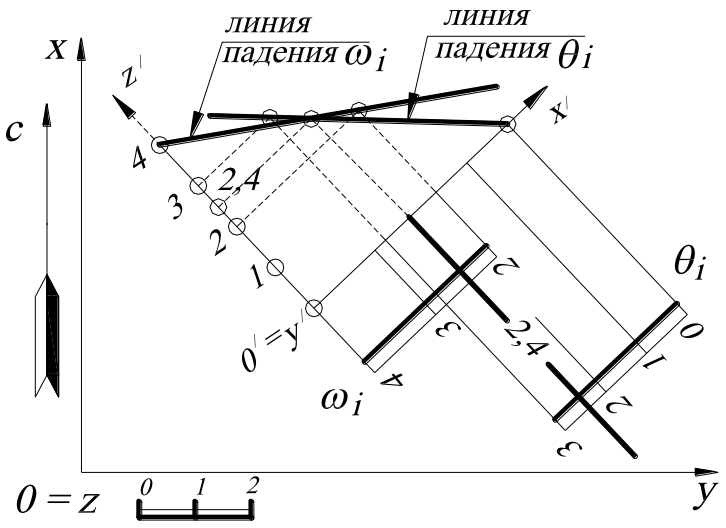


Рис. 20.

В этом случае задают профиль (удобнее в проекционной связи, см. рис. 20) перпендикулярно горизонталям заданных плоскостей. Для этого вводят локальную систему отсчёта $0'x'y'z'$. На профиле строят линии падения (скатов) плоскостей θ_i и ω_i. Точка пересечения линий скатов заданных плоскостей определяет искомую точку, а направление искомой линии пересечения будет параллельно горизонталям плоскостей θ_i и ω_i.

2.10. Через точку A_3, принадлежащую плоскости ω, построить прямую A_3B_7, перпендикулярную этой плоскости ω. Плоскость ω задана масштабом заложения ω_i.

Решение (рис. 21) На плане проекция (заложение) искомой прямой A_3B_7, перпендикулярной плоскости, всегда перпендикулярна горизонталям плоскости (на основании теоремы о проецировании прямого угла).

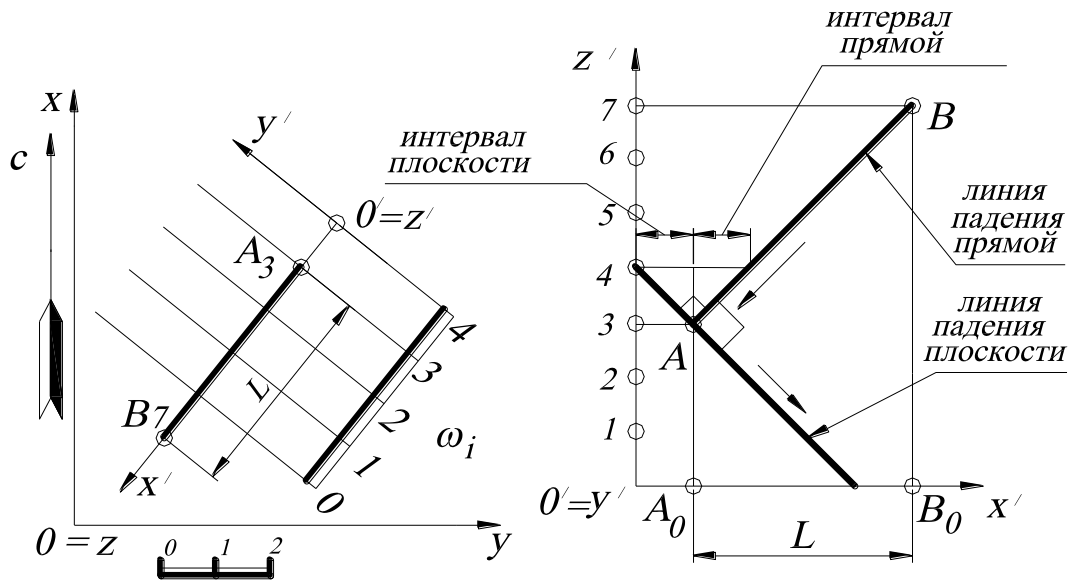


Рис. 21.

Направления падения искомого перпендикуляра и заданной плоскости ω_i противоположны, а интервал перпендикуляра определяется с помощью профиля, построением прямого угла к линии падения плоскости. Таким образом, определив на профиле интервал прямой и отложив его (на плане) на заложении прямой четыре раза в сторону восстания, получают точку B_7. Задача имеет два решения.

2.11. Определить расстояние от точки K_{10} до плоскости, заданной треугольником $A_{20}B_{50}C_{30}$.

Решение (рис. 22). Расстоянием от точки до плоскости будет служить натуральная величина перпендикуляра, опущенного из точки до плоскости. В этом случае используют следующий алгоритм решения задачи.

Алгоритм решения.

1. Строят перпендикуляр из точки к плоскости.

2. Находят точку пересечения этого перпендикуляра с плоскостью.

3. Определяют натуральную величину полученного отрезка.

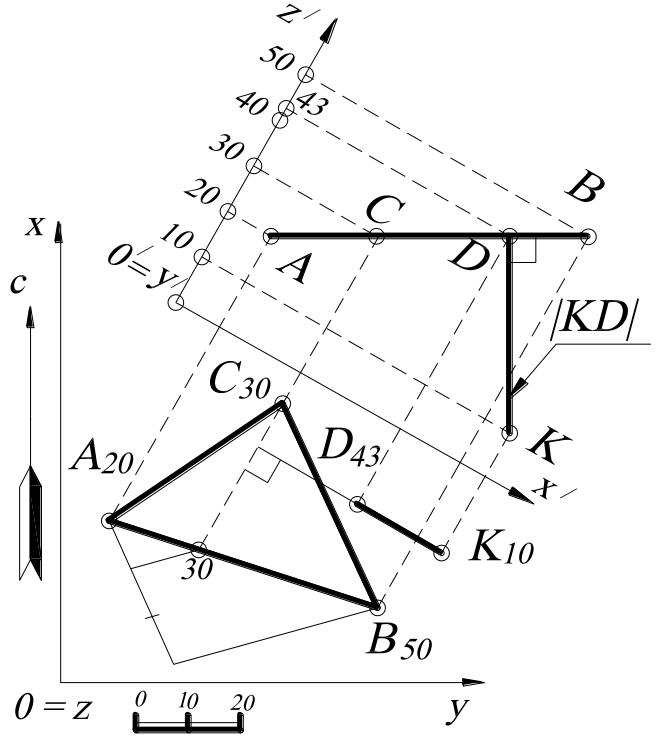


Рис. 22.

Эта задача может решаться только на плане (пользуясь вышеописанным алгоритмом), однако решение задачи упрощается, если использовать профиль. Поэтому в проекционной связи строят профиль плоскости $A_{20}B_{50}C_{30}$ (предварительно построив горизонтали плоскости, см. задачу 2.1), причём плоскость профиля задают перпендикулярно горизонталям плоскости $A_{20}B_{50}C_{30}$. Плоскость $A_{20}B_{50}C_{30}$ проецируется на профиле в отрезок прямой AB, а перпендикуляр KD из точки K_{10} – в отрезок прямой $KD \perp AB$, причём $|KD|$ – натуральная величина искомого расстояния.

2.12. Построить треугольник $A_{45}B_?C_?$, принадлежащий плоскости P_i, если известно, что стороны равны $|AB|=|AC|=40$ (по масштабу чертежа) и составляют угол 30^0 с основной плоскостью проекций H. Плоскость P_i задана точкой A_{45}, азимутом падения $\alpha=60^0$ и углом падения $\sigma=45^0$.

Решение (рис. 23). По исходным данным на плане задают плоскость P_i (см. задачу 2.1). Проекции сторон треугольника $A_{45}B_?$ и $A_{45}C_?$ определяются в результате пересечения прямого кругового конуса с вершиной в точке A_{45} (образующие которого наклонены к основной плоскости проекций под углом 30^0) и заданной плоскостью P_i. Поэтому на профиле задают проекцию прямого кругового конуса с вершиной в точке A_{45} , определяют радиус одной из параллелей конуса R (например, 30-й) и находят заложения сторон AB и AC. На плане строят окруж-

ность ***30***-й горизонтали конуса радиуса ***R*** с центром в точке A_{45} и находят две образующие, по которым конус пересекает плоскость P_i, – это две искомые прямые. На этих прямых откладывают заложения сторон треугольника L_{AB} и L_{AC}. Задача имеет четыре решения, два из которых показано на рис. 23.

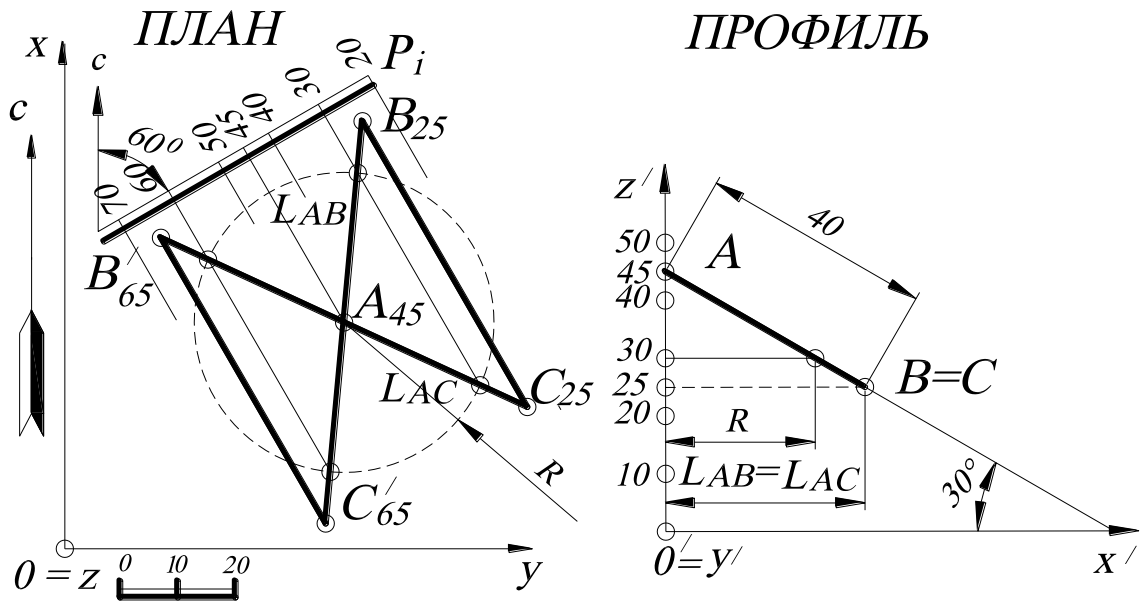


Рис. 23.

2.13. Построить треугольник $A_{40}B_?C_?$, принадлежащий плоскости P_i, если известно, что $|AB|=|BC|=|CA|=40$, сторона $A_{40}B_?$ параллельна основной плоскости проекций. Плоскость P_i задана точкой A_{40}, азимутом падения $\alpha=150^0$ и интервалом $l=10$.

Решение (рис. 24). На плане задают плоскость P_i (см. пример 2.1). Сторона $A_{40}B_?$ параллельна основной плоскости проекций ***H***, следовательно, она принадлежит горизонтали заданной плоскости h_{40}, проецируется без искажения и отметка точки – B_{40}. Далее находят точку $C_?$, предполагая, что искомый треугольник лежит в горизонтальной плоскости с отметкой ***40***. Поэтому строят равносторонний треугольник (засечками циркуля), лежащий в плоскости, параллельной горизонтальной плоскости проекций, и получают точку C'_{40}. Затем точку C'_{40} определяют в плоскости P_i. На профиле, повернув точку C' до совмещения с ли-

нией падения плоскости P_i (плоскость профиля перпендикулярна горизонталям плоскости P_i), получают точку C с отметкой 15. На плане точка C_{15} будет находиться на пересечении линии проекционной связи и серединного перпендикуляра к стороне $A_{40}B_{40}$, так как искомый треугольник $A_{40}B_{40}C_{15}$ – плавильный треугольник (все вершины лежат на серединных перпендикулярах к противоположным сторонам). Задача имеет четыре решения (так как точки $B_?$ и $C_?$ могут строится и в противоположные стороны).

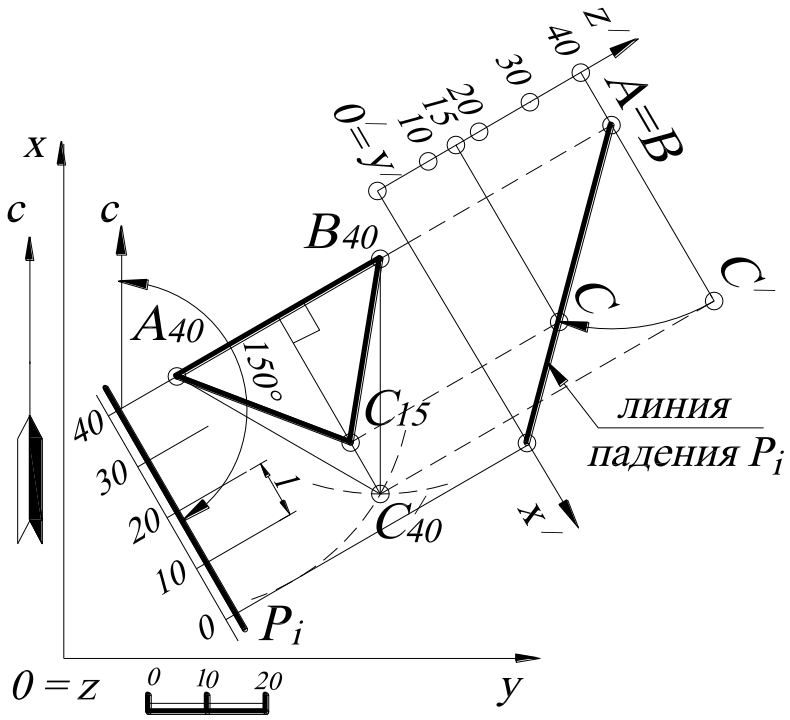


Рис. 24.

2.14. Построить плоскость P_i, проходящую через точку K_{55} и параллельную плоскости треугольника $A_{30}B_{60}C_0$, и задать её масштабом заложения.

Решение (рис. 25). На чертеже горизонтали параллельных плоскостей параллельны, масштабы заложения (интервалы) одинаковы, направления падения совпадают. Следовательно, построив горизонтали плоскости $A_{30}B_{60}C_0$ и определив интервал l (см. задачу 2.1), строят масштаб заложения плоскости P_i, проходящей через точку K_{55} с соответствующими отметками горизонталей и интервалом, равным интервалу l, то есть от горизонтали h_{55} проводят с двух сторон параллельные линии на расстоянии $\frac{1}{2}l$.

2.15. Определить нормальную H, горизонтальную $H_Г$ и вертикальную $H_В$ мощности слоя, заданного двумя параллельными плоскостями θ_i и ω_i (рис. 26).

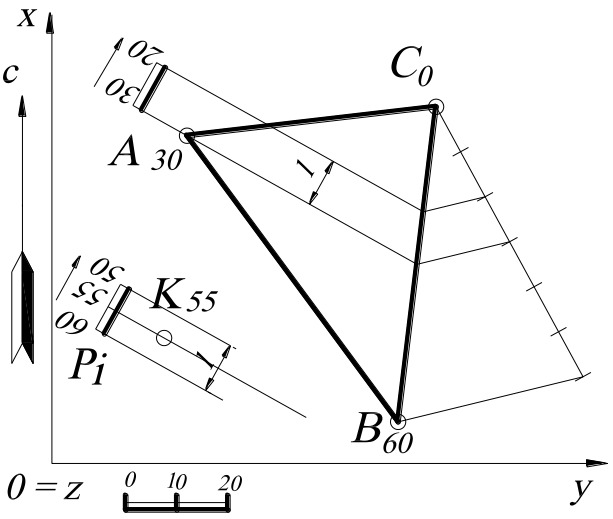


Рис. 25.

Решение. Для этого строят прямой профиль, плоскость которого перпендикулярна горизонталям плоскости. Построение профиля показано на рис. 26. Выбирают локальную систему координат $0'x'y'z'$ на плане. Плоскость профиля определяют оси x' и z'. На профиле с помощью заложения прямой AB определяют линию падения плоскости θ, которая является плоскостью подошвы заданного слоя. Для построения кровли на профиле определяют точку C (с помощью заложения L), через которую проводят прямую, параллельную прямой AB.

Прямая, проходящая через точку C на профиле, является линией

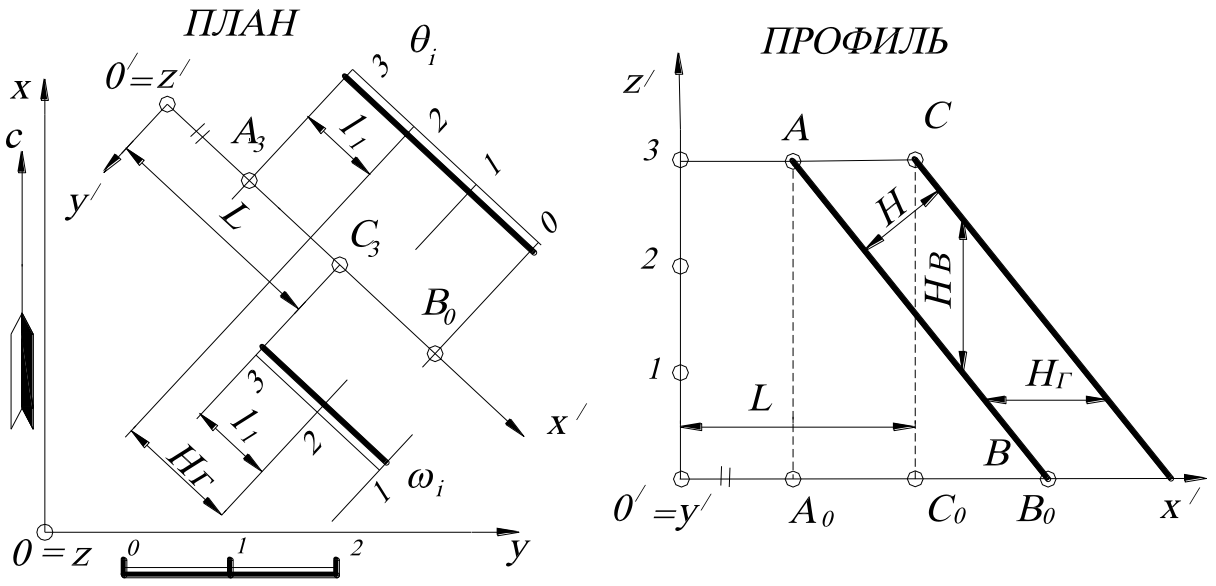


Рис. 26.

падения плоскости кровли. Кратчайшее расстояние на прямом профиле между линией падения кровли и линией падения подошвы – нормальная мощность слоя

H. Расстояние на этом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеренное по вертикали, – вертикальная мощность слоя H_B.

Расстояние на прямом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеряемое в горизонтальном направлении, – горизонтальная мощность слоя $H_Г$. Горизонтальная мощность слоя измеряется параллельно основной плоскости проекций, поэтому эту мощность можно определить на плане, как расстояние между одноимёнными (с одинаковыми высотными отметками) горизонталями плоскостей θ_i и ω_i.

2.16. Построить плоскость, проходящую через точку K_{60} и перпендикулярную отрезку прямой $A_{40}B_0$. Плоскость задать масштабом заложения P_i.

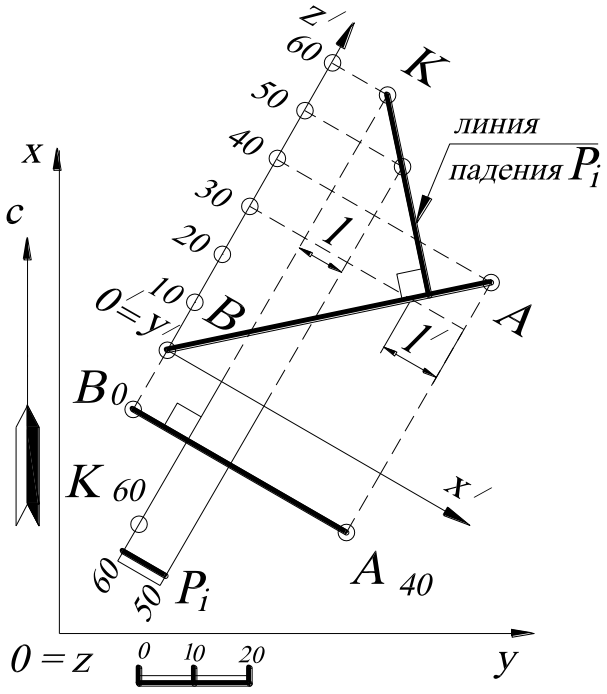


Рис. 27.

Решение (рис. 27). Прямая, перпендикулярная плоскости, на чертеже изображается проекцией (заложением), перпендикулярным горизонталям плоскости (см. задачу 2.10). Следовательно, через точку K_{60} проводят прямую, перпендикулярную к заданной прямой $A_{40}B_0$, которая является горизонталью h_{60} искомой плоскости P_i, а интервал l определяется с помощью профиля.

2.17. Построить плоскость P_i, проходящую через отрезок прямой $A_{30}B_0$ и перпендикулярную плоскости Q_i. Плоскость Q_i задана точкой C_{60}, азимутом падения $\alpha=40^0$ и интервалом $l=15$.

Решение (рис. 28). Через произвольную точку заданной прямой $A_{30}B_0$ (например, точку B_0) проводят прямую n, перпендикулярную плоскости Q_i (так как если плоскость проходит через перпендикуляр к другой плоскости, то эти

плоскости взаимно перпендикулярны). Находят направление падения перпендикуляра ***n*** и интервал ***l′*** (на профиле, см. задачу 2.10). Затем строят горизонтали плоскости P_i, соединяя одинаковые высотные отметки прямой $A_{30}B_0$ (проградуированной) и построенного перпендикуляра ***n***.

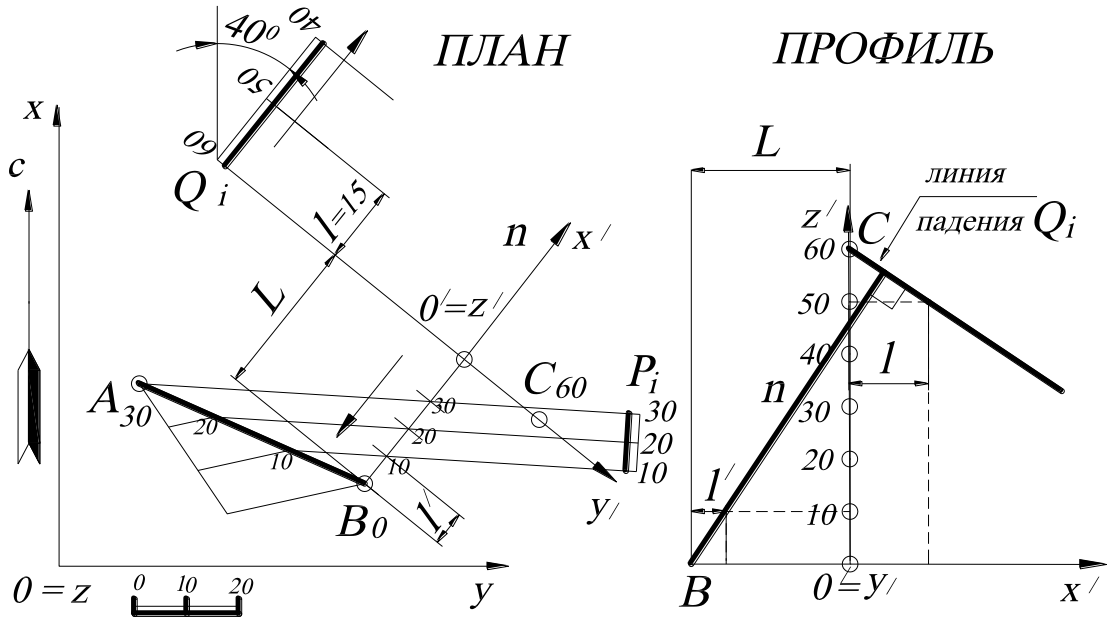


Рис. 28.

2.18. Из точки N_{50} построить отрезок прямой $N_{50}M_?$, параллельный заданным плоскостям $P_i(A_{10}B_{40}C_{20})$ и $Q_i(D_{30}E_0F_{10})$, длиной $|N_{50}M_?|=40$ (рис. 29).

Решение. Прямая, проходящая через заданную точку N_{50} и параллельная двум заданным плоскостям $P_i(A_{10}B_{40}C_{20})$ и $Q_i(D_{30}E_0F_{10})$, – это прямая, параллельная линии пересечения этих плоскостей. Следовательно, находят прямую пересечения заданных плоскостей (предварительно построив их горизонтали, см. задачу 2.1) – это прямая ***n***. Параллельные прямые имеют одинаковые направления падения, равные интервалы, и их проекции параллельны. Поэтому, зная интервал ***l*** прямой ***n***, можно построить профиль искомой прямой $|NM|=40$, определить заложение ***L*** этой прямой и отметку точки ***M***, равную ***28***. На плане строят проекцию прямой $N_{50}M_{28}$. Задача имеет два решения, так как можно построить сим-

метричную прямую $N_{50}M'_{72}$ относительно точки N_{50} (то есть с противоположной стороны от точки N_{50}). Отметка точки M'_{72} определяется арифметически: ***50-28=22***, ***50+22=72*** (см. задачу 1.4).

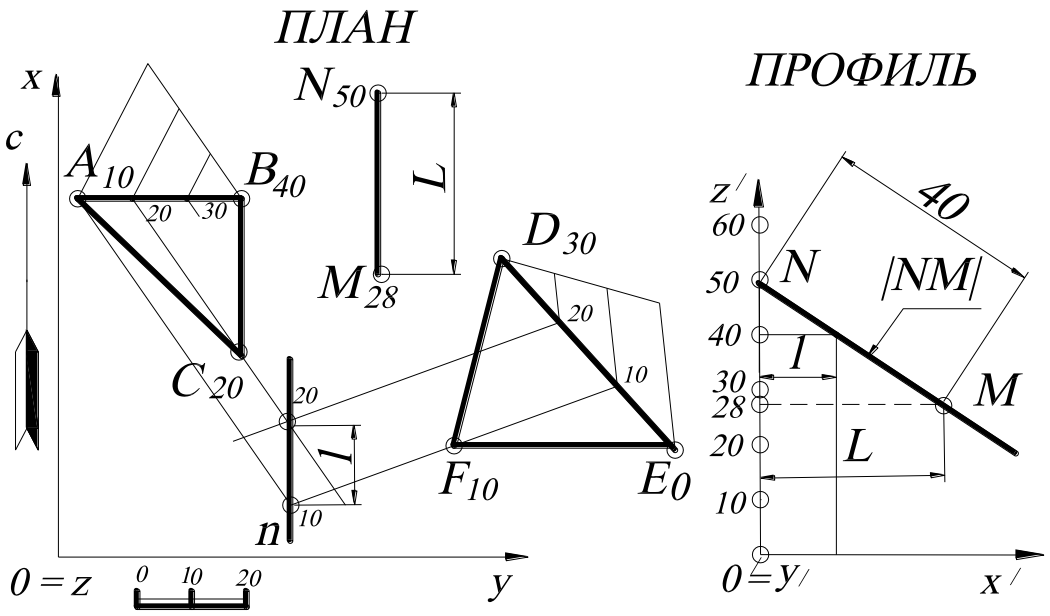


Рис. 29.

2.19. Через точку A_{50} провести плоскость P_i, перпендикулярную плоскости Q_i и параллельную прямой $B_{80}C_{60}$. Задать плоскость P_i масштабом заложения (рис. 30).

Решение. Задача имеет два условия: первое – плоскость P_i должна быть перпендикулярна заданной плоскости Q_i (известно, плоскости перпендикулярны, если в одной из них содержится перпендикуляр к другой плоскости). Второе условие – плоскость P_i должна быть параллельна заданной прямой $B_{80}C_{70}$ (известно, плоскость и прямая параллельны, если в плоскости содержится хотя бы одна прямая, параллельная заданной прямой). Следовательно, выполняют первое условие – строят прямую m, перпендикулярную заданной плоскости Q_i и проходящую через точку A_{50} (см. задачу 2.10). Затем строят прямую n, проходящую через точку A_{50} и параллельную заданной прямой $B_{80}C_{70}$ (см. пример 2.18). Две пересекающиеся прямые задают плоскость. Для задания плоскости P_i масштабом

заложения строят горизонтали плоскости, соединяя точки с одинаковыми высотными отметками на прямых ***m*** и ***n***.

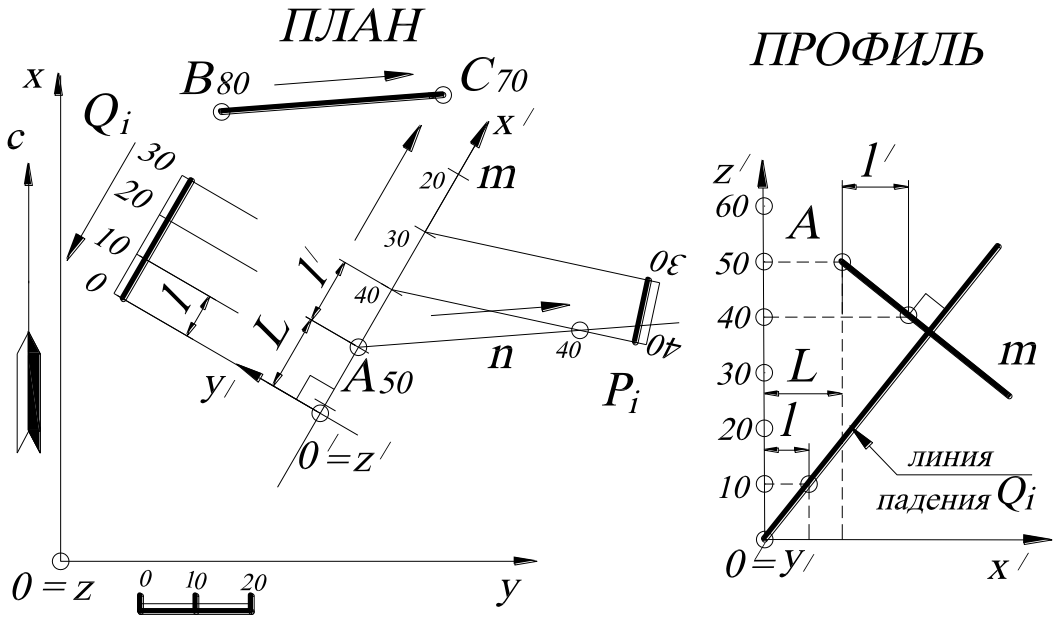


Рис. 30.

2.20. Найти натуральную величину треугольника $A_3B_0C_6$ (рис. 31).

Решение. Треугольник $A_3B_0C_6$ будет проецироваться на некоторую плоскость проекций в натуральную величину, если треугольник $A_3B_0C_6$ будет параллелен этой плоскости проекций.

Заданный треугольник $A_3B_0C_6$ занимает общее положение. Плоскость общего положения нельзя сразу преобразовать в плоскость уровня, потому что новая плоскость проекций не будет перпендикулярна к основной плоскости проекций ***0xy***. Это возможно лишь для проецирующей плоскости.

Поэтому первую новую плоскость проекций (профиль) $0_1x_1z_1$ располагают перпендикулярно к заданному треугольнику $A_3B_0C_6$, то есть перпендикулярно к проекции горизонтали. Только в этом случае плоскость треугольника $A_3B_0C_6$ на профиле будет проецирующей. Следовательно, в плоскости треугольника $A_3B_0C_6$ строят горизонталь. На рис. 31 построена горизонталь h_3 с использованием градуирования отрезка прямой B_0C_6.

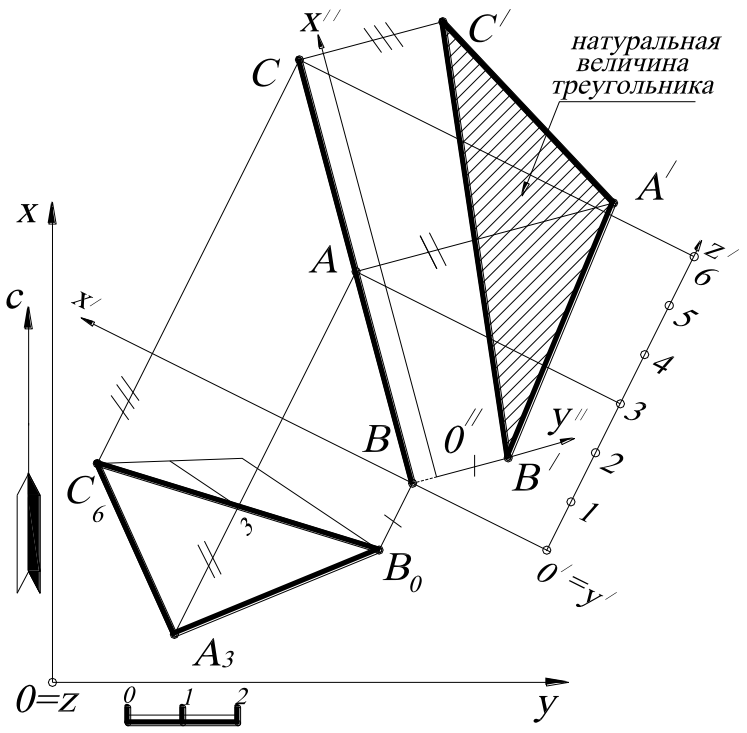


Рис. 31.

Вторую новую плоскость проекций $0''x''y''$ располагают параллельно полученной на профиле проекции треугольника ABC (а следовательно, перпендикулярно к плоскости профиля $0'x'z'$). Тогда треугольник ABC спроецируется на новую плоскость проекций $0''x''y''$ без искажения. Для выполнения этой замены на чертеже проводят (в произвольном месте) ось x'' параллельно профилю треугольника ABC. Затем строят линии проекционной связи из каждой точки профиля треугольника ABC (перпендикулярно к этой оси x'') и откладывают на них от оси x' координаты y'_A, y'_B, y'_C.

Таким образом, используя проецирование на дополнительные плоскости проекций, можно преобразовать: плоскость общего положения – в проецирующую; проецирующую – в плоскость уровня и двумя последовательными преобразованиями плоскость общего положения – в плоскость уровня.

2.21. Найти натуральную величину двугранного угла между плоскостями $A_6B_2C_3$ и $A_6D_1C_3$.

Решение (рис. 32). Двугранный угол измеряется линейным углом, который получается при пересечении его граней плоскостью, перпендикулярной его ребру A_6C_3.

Поэтому в данной задаче необходимо новую плоскость проекций выбрать так, чтобы отрезок прямой A_6C_3 на этой плоскости проекций стал проецирую-

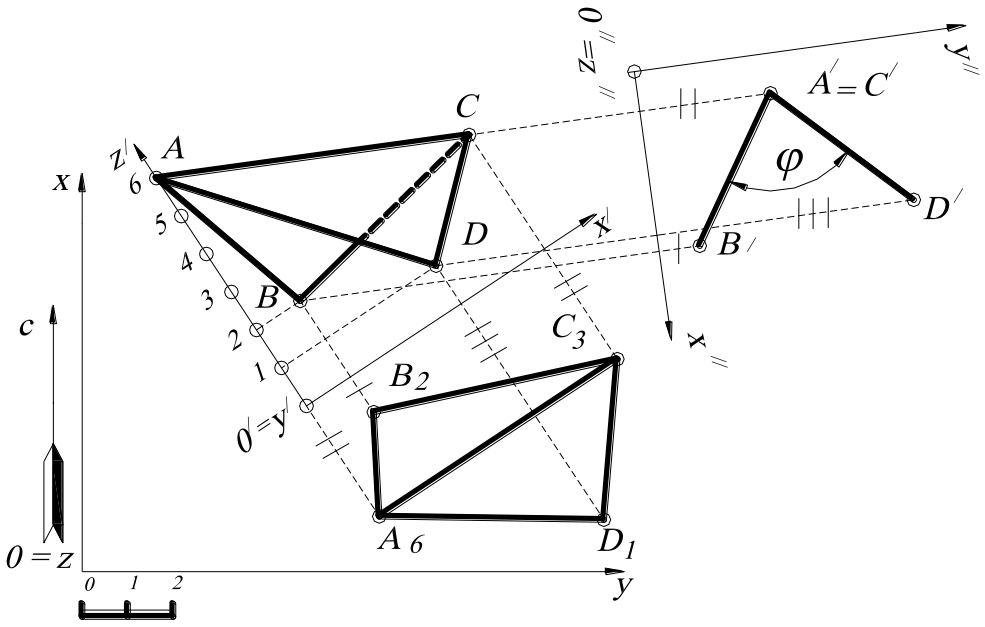


Рис. 32.

щим. Отрезок прямой A_6C_3 задаёт прямую общего положения, а прямую общего положения нельзя сразу преобразовать в проецирующую, так как новая плоскость проекций, перпендикулярная к прямой общего положения, не будет перпендикулярна к заданной основной плоскости проекций $0xy$. Следовательно, сначала вводят новую плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль), перпендикулярную $0xy$ и параллельную A_6C_3 – на чертеже ось x' параллельна A_6C_3. Затем плоскость профиля $0'x'z'$ заменяют на новую плоскость проекций $0''x''y''$. Прямая A_6C_3 по отношению к плоскости профиля $0'x'z'$ стала прямой уровня, а по отношению к $0''x''y''$ - проецирующей. Построения на новые плоскости проекций треугольников $A_6B_2C_3$ и $A_6D_1C_3$ выполняются по аналогии построениям предыдущей задачи. Угол φ - это искомый угол между плоскостями $A_6B_2C_3$ и $A_6D_1C_3$ (меньше 90^0).

2.22. Найти расстояние и угол между скрещивающимися прямыми A_6B_2 и C_0D_4 (рис. 33).

Решение. Угол между скрещивающимися прямыми равен углу между параллельными им пересекающимися прямыми. Поэтому через точку D_4 проводят

прямую, параллельную A_6B_2, – на чертеже появляется её проекция D_4E_0. Искомый угол φ равен углу $\angle C_0D_4E_0$. Найти натуральную величину этого угла – это то же самое, что найти величину $\Delta\, C_0D_4E_0$. Это сделано точно так же, как в задаче 2.20. Строится плоскость профиля, перпендикулярная горизонтали треугольника $C_0D_4E_0$ (то есть $h_0 = C_0E_0$), а затем задаётся новая плоскость проекций $0''x''y''$, параллельная профилю треугольника CDE.

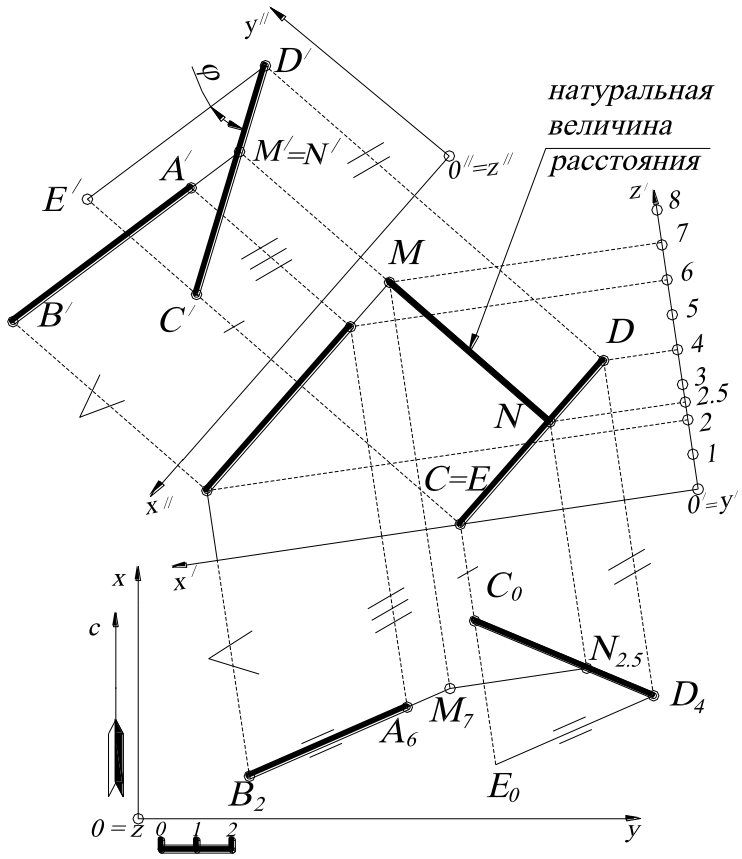


Рис. 33.

Кроме того, общая точка $M'=N'$ проекций $A'B'$ и $C'D'$ - это проекция на $0''x''y''$ общего перпендикуляра MN прямых AB и CD, которым измеряется расстояние между ними. Поскольку $MN \perp 0''x''y''$, то $MN \parallel 0'x'z'$. Следовательно, MN проецируется на плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль) в натуральную величину.

2.23. Определить числовую отметку точки $C_?$ данной проекции по заданному её совмещённому положению C_2 и заданной оси вращения A_2B_2.

Решение (рис. 34). Пусть A_2B_2 – горизонтальная ось, вокруг которой вращают точку $C_?$ и получают её совмещённое положение C_2 с горизонтальной плоскостью на высоте ***2***; $C_?$ – горизонтальная проекция точки, числовую отметку которой нужно найти. Точки C_2 и $C_?$ лежат на одном перпендикуляре к оси вращения A_2B_2, так как при вращении вокруг линии уровня точка $C_?$ перемещается по окружности, плоскость которой перпендикулярна A_2B_2. Точка $C_?$ может находиться ниже или выше отрезка A_2B_2, а их проекции будут совпадать. Однако числовые отметки точек будут отличаться на одинаковую разность по отношению к отрезку A_2B_2. Предположим, что точка $C_?$ находится выше A_2B_2. Тогда строится прямоугольный треугольник $C_?O_2I$, гипотенуза которого равна R – натуральной величине радиуса вращения точки $C_?$. Измерив величину катета $IC_?$, получают $IC_?=2$ (в соответствии с линейным масштабом). Затем арифметически прибавляют её к числовой отметке точки C_2, то есть $2+2=4$. Поэтому точка $C_?$ имеет числовую отметку, равную ***4***. В том случае, если точка $C_?$ находится ниже оси вращения A_2B_2 (по условию задания), тогда она имела бы отметку $C_{2-2}=C_0$.

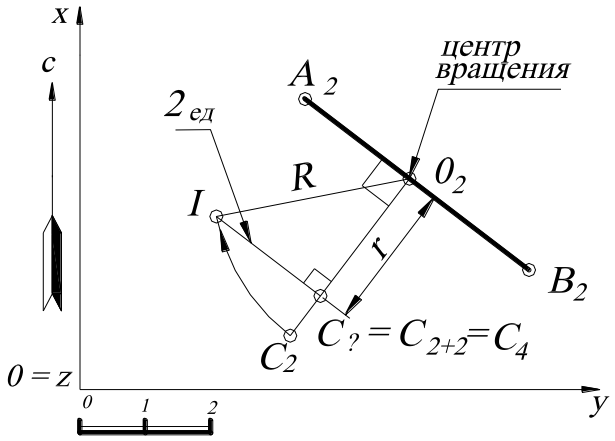


Рис. 34.

Таким образом, для того, чтобы определить числовую отметку точки по её совмещённому положению, строят прямоугольный треугольник с одним катетом, равным расстоянию от центра вращения до проекции точки; гипотенузой, равной натуральной величине радиуса вращения, проведённой из центра вращения. Тогда полученная длина второго катета этого прямоугольного треугольника будет являться числовой разностью между числовой отметкой искомой точки и числовой отметкой оси вращения.

2.24. Определить натуральную величину треугольника $A_6B_2C_{10}$, вращением вокруг горизонтали.

Решение (рис. 35). Через точку A_6 проводят горизонталь плоскости $A_6B_2C_{10}$.

Для этого находят на прямой B_2C_{10} точку, имеющую отметку $z=6$ (выполняется с помощью градуирования, на чертеже не показано). При вращении вокруг горизонтали h_6 точка B_2 и точка C_{10} перемещаются в пространстве по окружностям, плоскости которых перпендикулярны оси вращения A_6D_6. Проекция радиуса вращения для точки B – B_2O_6, а для C – $C_{10}O'_6$. Находят натуральную величину радиуса вращения точки B_2 методом прямоугольного треугольника, а затем полученный отрезок совмещают с проекцией радиуса – точка B_6^2. Точку C_6^{10} можно определять аналогичным способом. Однако точка D_6 при вращении является неподвижной (так как принадлежит горизонтали h_6). Следовательно, прямая, соединяющая точки B_6^2 и D_6, в пересечении с прямой O'_6C_{10} определит точку C_6^{10}. Таким образом, треугольник $A_6B_6^2C_6^{10}$ будет являться натуральной величиной, так как параллелен основной плоскости проекций.

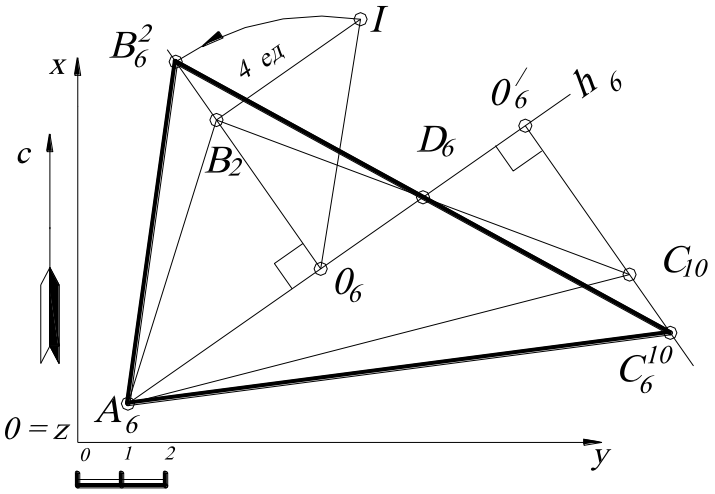


Рис. 35.

Второй вариант решения задачи – вращение треугольника $A_6B_2C_{10}$ с построением профиля, как показано на рис. 36. При этом плоскость профиля $0'x'z'$ задаётся перпендикулярно к горизонтали h_6. Тогда по отношению к плоскости профиля горизонталь h_6 будет являться проецирующей, а все точки треугольника будут перемещаться по окружностям, плоскости которых будут параллельны плоскости профиля (будут проецироваться на профиль в натуральную величину).

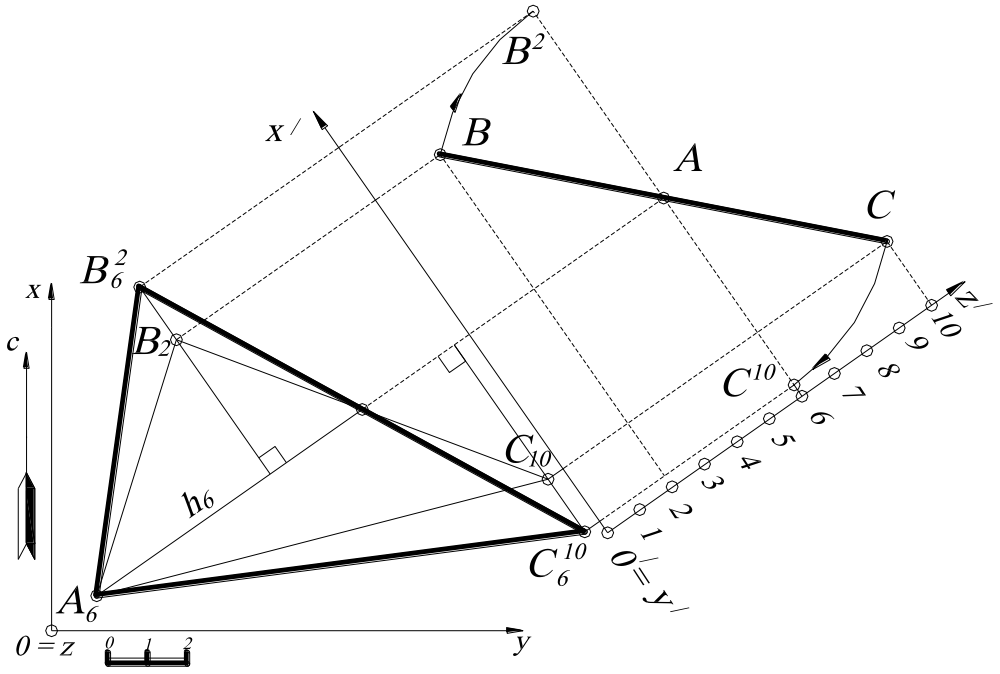


Рис. 36.

2.25. Найти угол наклона прямой A_7B_2 к плоскости общего положения P_i (рис. 37).

Решение. Угол наклона прямой к плоскости – это угол между заданной прямой и её проекцией на заданную плоскость.

Алгоритм решения.

1. Находят точку пересечения заданного отрезка прямой ***AB*** и плоскости P_i – точка ***C***.

2. Из другого конца отрезка прямой ***AB*** (точки ***A***) строят перпендикуляр ***m*** к заданной плоскости P_i и находят точку пересечения перпендикуляра ***m*** и заданной плоскости P_i – точка ***D***.

3. Прямая ***CD*** является проекцией отрезка заданной прямой ***AB*** на плоскость P_i. Поэтому угол θ - угол между прямыми ***AC*** и ***CD*** – искомый.

Решение задачи упрощается при построении профиля. Точка ***C*** определяется на плане из условия принадлежности к отрезку прямой ***AB***, а точка ***D*** строится вначале на профиле, а затем по проекционной связи на плане (см. перпендику-

лярность прямой и плоскости). Построив проекцию угла θ, определяют натуральную величину этого угла вращением вокруг любой горизонтали, например h_3.

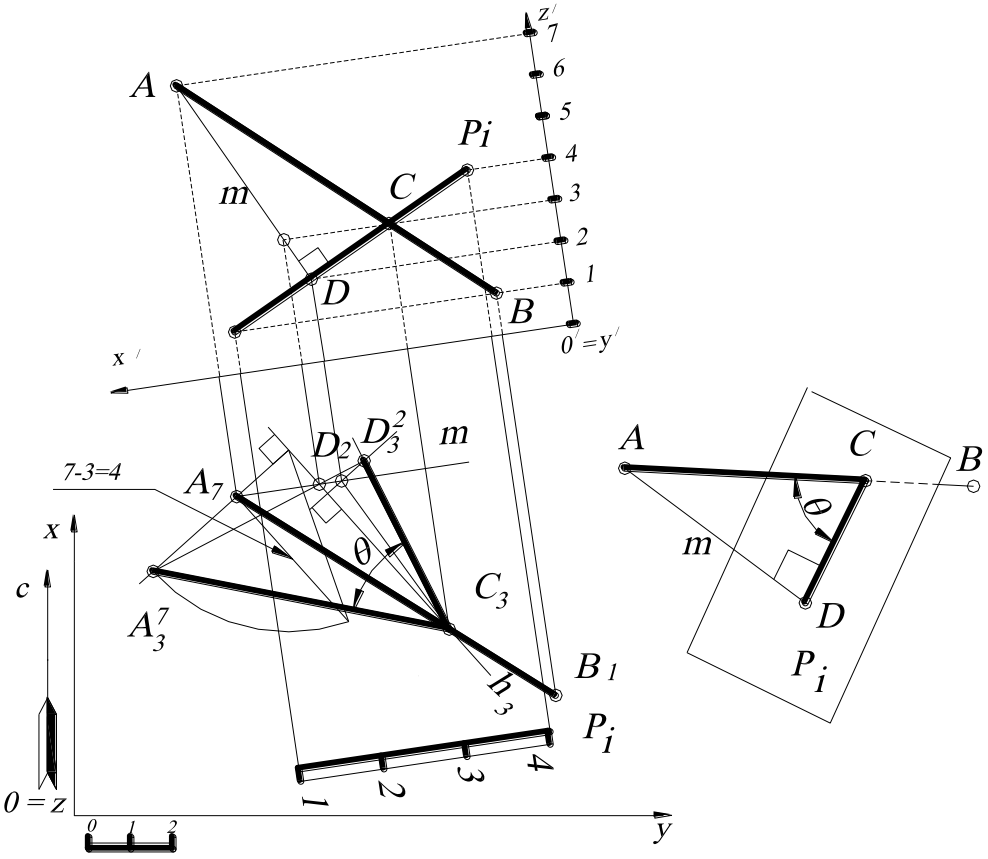


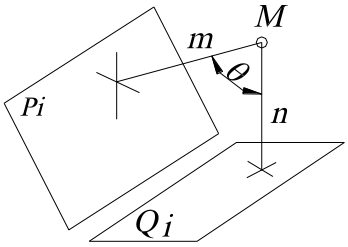
Рис. 37.

2.26. Найти двугранный угол между плоскостями P_i и Q_i. Эту задачу решим двумя способами.

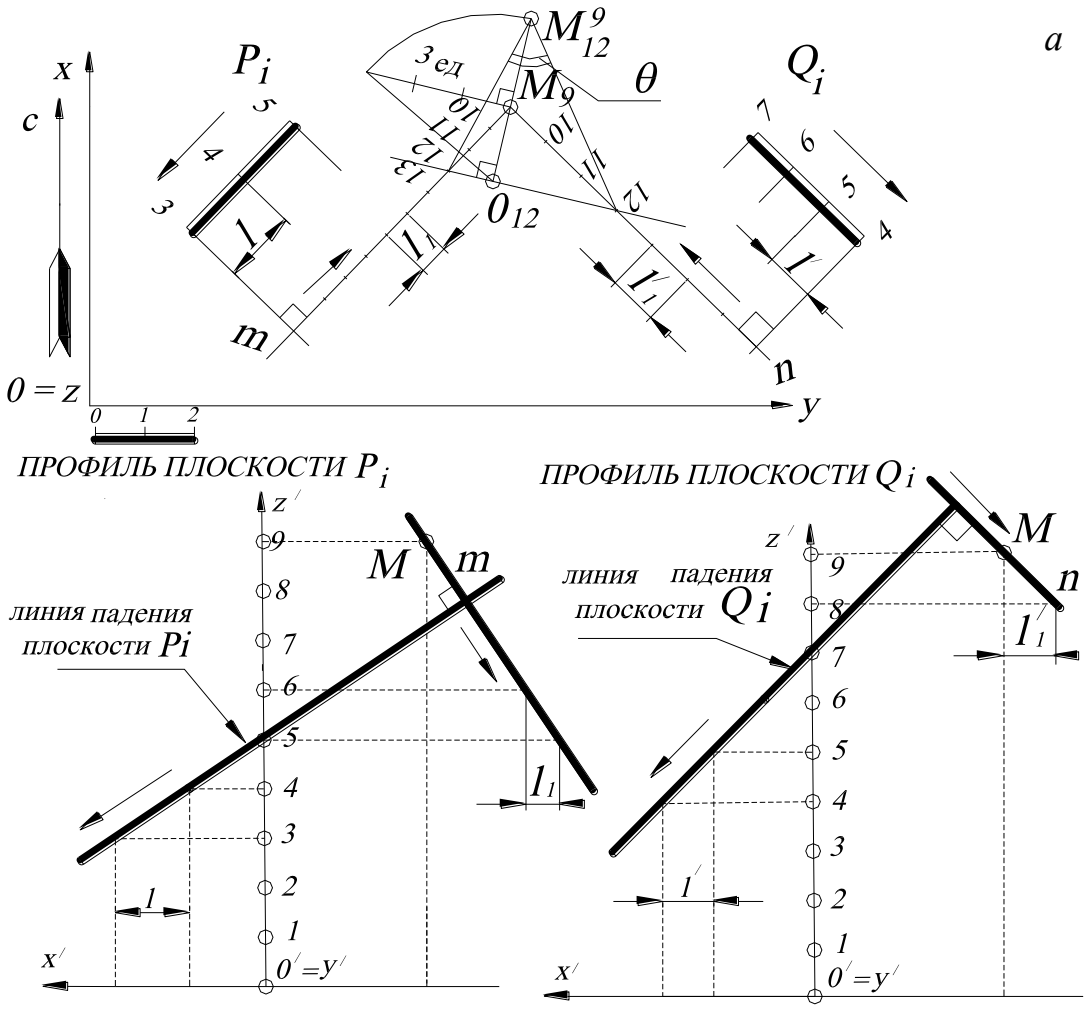
Решение 1 (рис. 38, *а*, *б*).

Для первого способа решения этой задачи используют следующий ***алгоритм*** (см. рис.38, *а*). Выбирают произвольную точку M, из которой строят прямые m и n, перпендикулярные плоскостям P_i и Q_i соответственно. Прямые m и n задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями.

На плане (см. рис. 38, *б*) плоскости $\boldsymbol{P_i}$ и $\boldsymbol{Q_i}$ заданы масштабами заложения. В соответствии с алгоритмом выбирают произвольную точку, например $\boldsymbol{M_9}$, из которой



а



б

Рис. 38.

строят проекции перпендикуляров $\boldsymbol{m}$ и $\boldsymbol{n}$ к заданным плоскостям соответственно. Проекции этих перпендикуляров на плане проецируются прямыми, перпендикулярными к проекциям горизонталей заданных плоскостей $\boldsymbol{P_i}$ и $\boldsymbol{Q_i}$. Причём направление падения плоскости и направление падения перпендикуляра – противоположны. Для определения интервалов $\boldsymbol{m}$ и $\boldsymbol{n}$ строят профили перпендикуляров к линиям падения заданных плоскостей (см. рис. 38, *б*), то есть к линии падения плоскости проводят перпендикулярную прямую. Это можно сделать из лю-

бой точки, так как интервал перпендикуляра от этого не меняется. Затем на плане градуируют проекции m и n в соответствии с направлением падения. Проекции прямых m и n задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям P_i и Q_i. Угол при вершине M_9 определяет проекцию двугранного угла между заданными плоскостями P_i и Q_i. Далее находят натуральную величину угла θ вращением вокруг произвольной горизонтали, например 12-й. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями P_i и Q_i.

Решение 2 (рис. 39, *а*, *б*). Задача решается в соответствии со следующим ***алгоритмом*** (см. рис. 39, *а*).

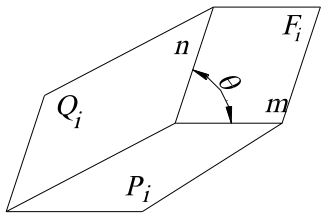
1. Находят линию пересечения a заданных плоскостей P_i и Q_i.
2. Строят плоскость F_i, перпендикулярную к линии пересечения плоскостей a.
3. Находят линии пересечения m и n заданных плоскостей P_i и Q_i с плоскостью F_i.
4. Угол между прямыми n и m является двугранным углом θ между заданными плоскостями P_i и Q_i.

Построение на чертеже выполняется следующим образом (см. рис. 39, *б*).

1. Плоскости P_i и Q_i заданы масштабами заложения. Проекция линии пересечения заданных плоскостей a задаётся парой точек – точек пересечения двух пар горизонталей плоскостей P_i и Q_i с одинаковыми высотными отметками (h_4–h_4 и h_5-h_5). Для удобства построения точка пересечения горизонталей с 5-й высотной отметкой обозначена A_5.

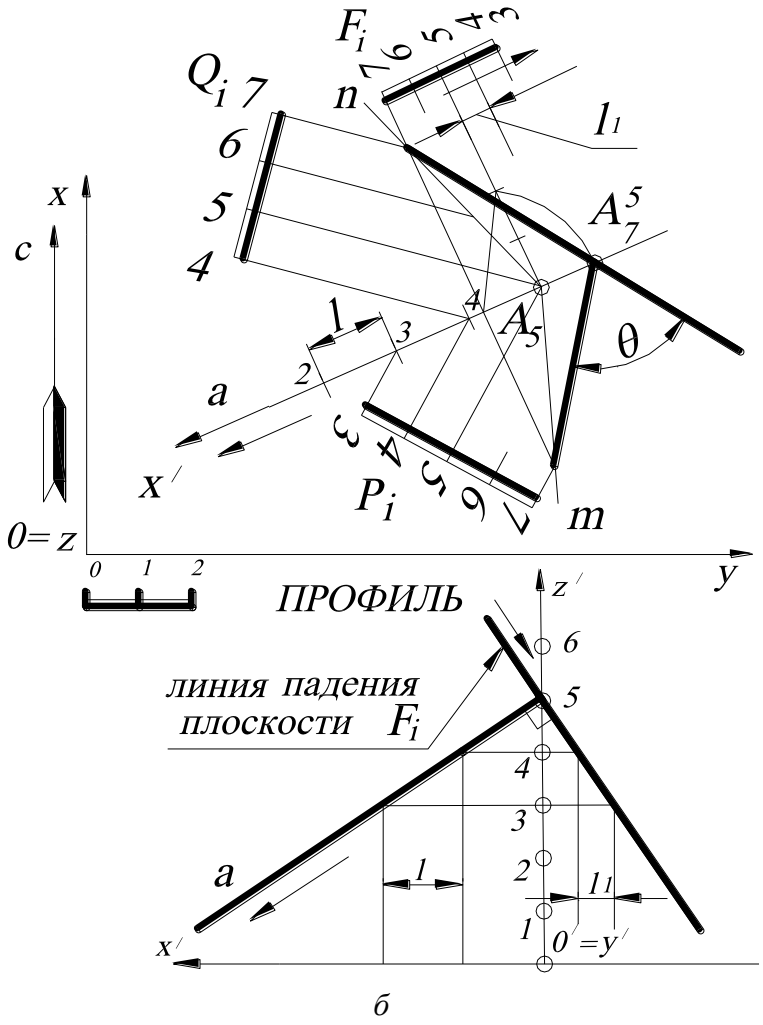
2. Через проекцию точки A_5 строят плоскость F_i, перпендикулярную прямой a. Следовательно, горизонтали этой плоскости будут перпендикулярны к заложению (проекции) прямой a (см. рис. 39, *а*), а масштаб заложения будет определяться построением профиля прямой a и перпендикулярной плоскости F_i, заданной на профиле линией падения. Интервал l_1 определяет горизонтали плоскости F_i с отметками 4-й и 3-й.

3. Находят линии пересечения заданных плоскостей P_i и Q_i и построенной плоскости F_i – m и n соответственно. Пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками задаёт прямые m и n.



а

4. Вращением точки A_5 вокруг любой горизонтали плоскости (например, вращением вокруг 7-й горизонтали) находят натуральную величину двугранного угла θ. Двугранный угол между плоскостями считается острым. Поэтому на рис. 39, *б* угол θ является смежным с построенным тупым углом.



б

Рис. 39.

2.27. Построить прямую $E_4F_?$, проходящую через точку E_4 и пересекающую две скрещивающиеся прямые A_1B_5 и C_0D_6.

Решение (рис. 40). Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости).

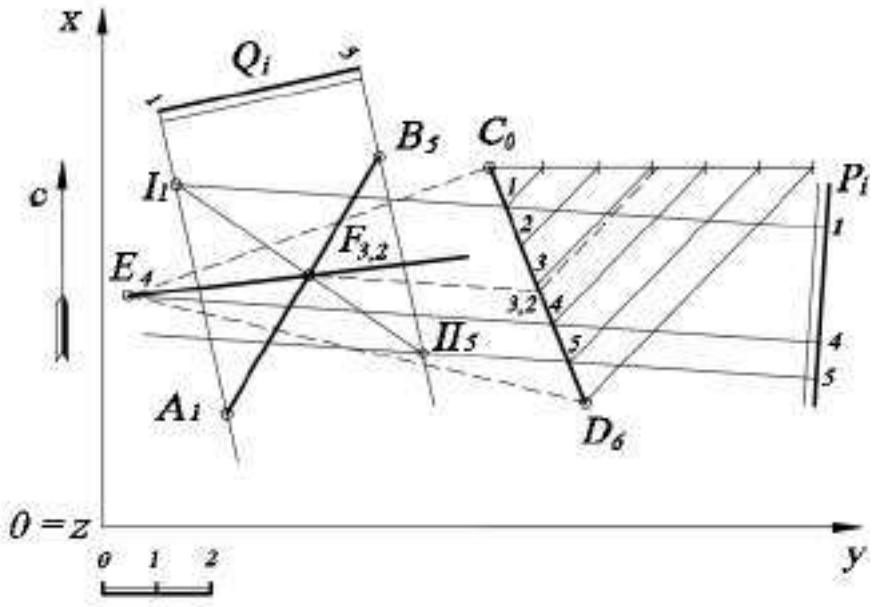


Рис. 40

Алгоритм

1. На прямую C_0D_6 (можно выбрать и другую прямую, то есть A_1B_5) и точку E_4 «натягивают» плоскость (на чертеже эта плоскость показана штриховыми линиями). Затем эту плоскость задают масштабом заложения P_i. Для этого градуируют отрезок прямой C_0D_6 и строят горизонтали плоскости P_i (на рис. 40 показана горизонталь с отметкой ***4***, которая задает направления всех горизонталей плоскости $E_4C_0D_6$, а также представлены горизонтали ***1*** и ***5***, параллельные горизонтали с отметкой ***4*** (для удобства построения точки пересечения прямой и плоскости), эти горизонтали соответствуют отметкам на концах отрезка прямой A_1B_5).

2. Находят точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью P_i:

   а) через прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i, задавая ее параллельными горизонтальными прямыми линиями;

   б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_1II_5;

   в) находят точку пересечения прямой I_1II_5 и прямой A_1B_5 – точка $F_{3,2}$.

3. Прямая, соединяющая заданную точку E_4 и построенную точку $F_{3,2}$, будет искомой прямой.

2.28. Построить прямую m, пересекающую две скрещивающиеся прямые A_1B_5 и C_0D_6 и параллельную прямой $E_{10}D_{12}$.

Решение (рис. 41). Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости).

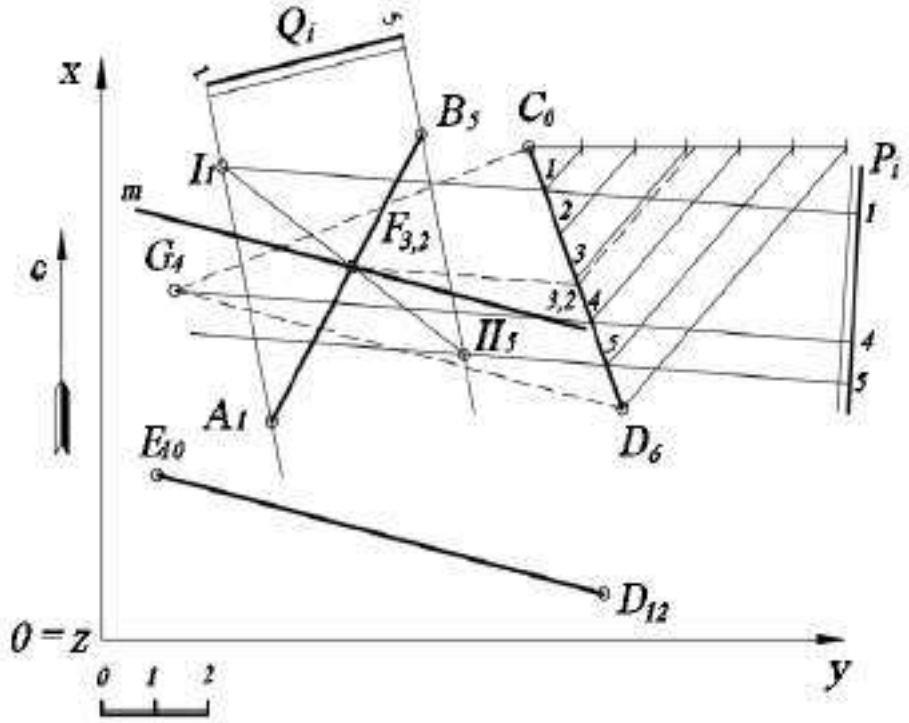


Рис. 41

Алгоритм.

1. Через C_0D_6 (можно выбрать и другую прямую, то есть A_1B_5) строят плоскость $C_0D_6G_4$, параллельную прямой $E_{10}D_{12}$, на основании признака параллельности прямой и плоскости (плоскость и прямая параллельны, если в плоскости найдется хотя бы одна прямая, параллельная заданной). Длина проекции прямой D_6G_4 и разница отметок (координат z) идентична прямой $E_{10}D_{12}$.
2. Плоскость $C_0D_6G_4$ задают масштабом заложения P_i. Для этого градуируют отрезок прямой C_0D_6 и строят горизонтали плоскости P_i (на рис. 41 показана горизонталь с отметкой ***4***, которая задает направления всех горизонталей плоскости $E_4C_0D_6$, а также представлены горизонтали ***1*** и ***5***, параллельные горизонтали с отметкой ***4*** и (для удобства построения точки пересечения прямой и плоскости), эти горизонтали соответствуют отметкам на концах отрезка прямой A_1B_5).

3. Находят точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью P_i:

а) через прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i, задавая ее параллельными горизонтальными прямыми линиями;

б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_1II_5;

в) находят точку пересечения прямой I_1II_5 и прямой A_1B_5 – точка $F_{3,2}$.

4. Прямая ***m***, проходящая через построенную точку $F_{3,2}$ и параллельная прямой $E_{10}D_{12}$, будет искомой прямой.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

2.1. Достроить проекцию плоского пятиугольника ***ABCDE***, если известны координаты точек: ***A(55***, ***25***, ***10)***, ***B(15***, ***10***, ***30)***, ***C (10***, ***60***, ***50)***, ***D(60***, ***?***, ***30)***, ***E(?***, ***75***, ***40)***.

2.2. Построить проекцию точки D_{40}, принадлежащей плоскости треугольника $A_{10}B_{30}C_{60}$, если известны следующие координаты: ***A(20***, ***10***, ***10)***, ***B(10***, ***100***, ***30)***, ***C(90***, ***60***, ***60)***, ***D(30***, ***?***, ***40)***.

2.3. Определить числовые отметки концов отрезка прямой $D_?E_?$, принадлежащего плоскости треугольника ***ABC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 5, 30)***, ***B(85, 50, 60)***, ***C(25, 80, 50)***, ***D(90***, ***30***, ***?)***, ***E(60***, ***100***, ***?)***.

2.4. Найти расстояние между параллельными прямыми ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(60, 10, 70)***, ***B(100, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.5. В плоскости, заданной прямой ***AB*** и точкой ***M***, построить равнобедренный прямоугольный треугольник ***ABC*** с катетами ***AB=BC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(80, 40, 50)***, ***B(70, 65, 10)***, ***M(100, 60, 30)***.

2.6. В плоскости, заданной прямой ***AK*** и точкой ***M***, построить «египетский» прямоугольный треугольник ***ABC*** с гипотенузой ***AC=50***, ***BC=40*** и ***AB=30***, причём ***AB*** принадлежит ***AK***. Проекции точек заданы координатами: ***A(60, 10, 70)***, ***K(100, 80, 30)***, ***M(20, 60, 50)***.

2.7. В плоскости, заданной прямой ***AB*** и точкой ***M***, построить правильный шестиугольник ***ABCDEF***. Проекции точек заданы координатами: ***A(80, 40, 50)***, ***B(70, 65, 10)***, ***M(100, 60, 30)***.

2.8. Найти угол наклона плоскости, заданной треугольником ***ABC***, к вертикальной плоскости, проходящей через а) ось ***Ox***; б) ось ***Oy***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 5, 30)***, ***B(85, 50, 60)***, ***C(25, 80, 50)***.

2.9. Определить, лежат ли параллельные прямые ***AB***, ***CD*** и ***EF*** в одной плоскости. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80,80, 30)***, ***C(80, 10, 60)***, ***D(?,?,20)***, ***F(20, 65, 50)***, ***E(?,?,10)***.

2.10. Найти расстояние от точки D_0 до плоскости треугольника $A_{10}B_{30}C_{60}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***10***, ***10)***, ***B(10***, ***100***, ***30)***, ***C(90***, ***60***, ***60)***, ***D(30***, ***50***, ***0)***.

2.11. Построить линию пересечения плоскости P_i с основной плоскостью проекций ***xOy***, заданной двумя параллельными прямыми ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(80, 10, 60)***, ***D(?, ?, 20)***.

2.12. Построить линию пересечения плоскости P_i с основной плоскостью проекций ***xOy***, заданной двумя пересекающимися прямыми ***AB*** и ***BC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.13. Построить точку пересечения прямой ***n*** с плоскостью P_i. Прямая ***n*** задана точкой ***B(60, 20, 10)***, азимутом падения $\alpha=225^0$ и интервалом ***l=20 мм***. Плоскость P_i задана точкой ***A(50, 30, 30)***, азимутом падения $\alpha=135^0$ и углом падения $\sigma=30^0$. Найти пересечение плоскости P_i с осями ***Ox*** и ***Oy***.

2.14. Построить точку пересечения прямой ***n*** с плоскостью P_i. Прямая ***n*** задана точкой ***B(60, 20, 10)***, азимутом падения $\alpha=315^0$ и интервалом ***l=20 мм***. Плоскость P_i задана точкой ***A(50, 30, 30)***, азимутом падения $\alpha=135^0$ и углом падения $\sigma=30^0$. Найти пересечение плоскости P_i с осями ***Ox*** и ***Oy***.

2.15. Через точку ***O(0, 0, 0)*** построить прямую, пересекающую прямую ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(30, 60, 70)***, ***B(70, 20, 10)***, ***C(40, 10, 20)***, ***D(90, 80, 70).***

2.16. Через точку ***O(50, 100, 0)*** построить прямую, пересекающую прямые ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы координатами: ***A(30, 60, 70)***, ***B(70, 20, 10)***, ***C(40, 10, 20)***, ***D(90, 80, 70)***.

2.17. Через точку K_{50} построить плоскость P_i , перпендикулярную плоскости треугольника ***ABC*** и параллельную прямой ***FE***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***K(90, 100, 50)***, ***A(80, 50, 20)***, ***B(60, 110, 70)***, ***C(40, 60, 10)***, ***F(100, 10, 30)***, ***E(70, 30, 0)***.

2.18. Определить угол наклона прямой ***ED*** к плоскости треугольника ***ABC***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(80, 20, 20)***, ***B(140, 40, 100)***, ***C(70, 60, 60)***, ***E(80, 110, 10)***, ***D(50, 100, 50)***.

2.19. Из точки ***N(40, 30, 70)*** построить отрезок прямой ***NM***, параллельный двум заданным плоскостям ***ABC*** и ***DEF***, длиной ***50 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(120, 40, 50)***, ***B(115, 0, 10)***, ***C(90, 40, 20)***, ***D(135, 85, 60)***, ***E(135, 115, 20)***, ***F(15, 110, 0)***.

2.20. Из точки ***N(40, 30, 70)*** построить прямую ***NM***, параллельную двум заданным плоскостям ***ABC*** и P_i, длиной ***40 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(120, 40, 50)***, ***B(115, 0, 10)***, ***C(90, 40, 20)***. Плоскость P_i проходит через точку ***D(135, 85, 60)***, имеет азимут падения 120^0 и интервал ***l=10***.

2.21. Найти двугранный угол между двумя заданными плоскостями ***ABC*** и ***DEF***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(120, 40, 50)***, ***B(115, 0, 10)***, ***C(90, 40, 20)***, ***D(135, 85, 60)***, ***E(135, 115, 20)***, ***F(15, 110, 0)***.

2.22. Построить плоскость P_i, проходящую через прямую ***AB*** и перпендикулярную плоскости Q_i. Плоскость P_i задать масштабом заложения. Координаты точек отрезка прямой – ***A(10, 20, 30)***, ***B(40, 50, 0)***. Плоскость Q_i проходит через точку ***C(50, 60, 110)***, имеет азимут падения 110^0 и уклон ***i = 1:2***.

2.23. Построить высоту треугольника ***ABC*** из вершины ***C***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.24. Найти центр и радиус окружности, описанной вокруг треугольника ***ABC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.25. Найти центр и радиус окружности, вписанной в треугольник ***ABC***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.26. Найти расстояние между параллельными плоскостями P_i и Q_i. Плоскость P_i задана тремя точками – ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***, а плоскость Q_i проходит через точку ***D(110, 65, 50)***.

2.27. Построить плоскость Q_i, параллельную данной плоскости $P_i(ABC)$ и удалённую от неё на расстояние ***d=30 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40, 10, 70)***, ***B(80, 80, 30)***, ***C(20, 65, 50)***.

2.28. Построить прямую ***n***, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***AB*** и ***CD*** и параллельную ***EF***. Прямую ***n*** задать парой точек. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(75, 40, 30)***, ***B(35, 70, 60)***, ***C(85, 65, 50)***, ***D(45, 105, 20)***, ***E(10, 35, 80)***, ***F(25, 100, 50)***.

2.29. Определить расстояние между двумя скрещивающимися прямыми ***AB*** и ***CD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(75, 40, 30)***, ***B(35, 70, 60)***, ***C(85, 65, 50)***, ***D(45, 105, 20)***.

2.30. Построить прямую, пересекающую данные прямые ***AB*** и ***CD*** и параллельную оси ***Oy***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(75, 40, 30)***, ***B(35, 70, 60)***, ***C(85, 65, 50)***, ***D(45, 105, 20)***.

3. МНОГОГРАННИКИ

3.1. Построить тетраэдр, поставленный на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** по заданному ребру, равному ***45*** (по масштабу чертежа).*

Решение (рис. 42). Построение тетраэдра начинают с построения на горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** основания тетраэдра $A_0B_0C_0$ – правильного треугольника с заданной стороной. Затем для определения проекции вершины тетраэдра совмещают его боковые грани с горизонтальной плоскостью проекций ***xOy***, приняв за оси вращения соответствующие стороны основания тетраэдра. Совмещение граней представится в виде трёх одинаковых равносторонних треугольников $A_0S'B_0$, $B_0S''C_0$, $C_0S'''A_0$. При этом точки S', S'' и S''' – это совмещения одной и той же точки – вершины тетраэдра $S_?$. Затем поднимают боковые грани тетраэдра до тех пор, пока точки S', S'' и S''' не сольются в одну $S_?$. При этом горизонтальные проекции точек S', S'' и S''' будут перемещаться по перпендикулярам ***n, m, k*** к осям вращения A_0B_0, B_0C_0, C_0A_0, и поэтому горизонтальная проекция вершины $S_?$ будет находиться в точке пересечения всех трёх перпендикуляров.

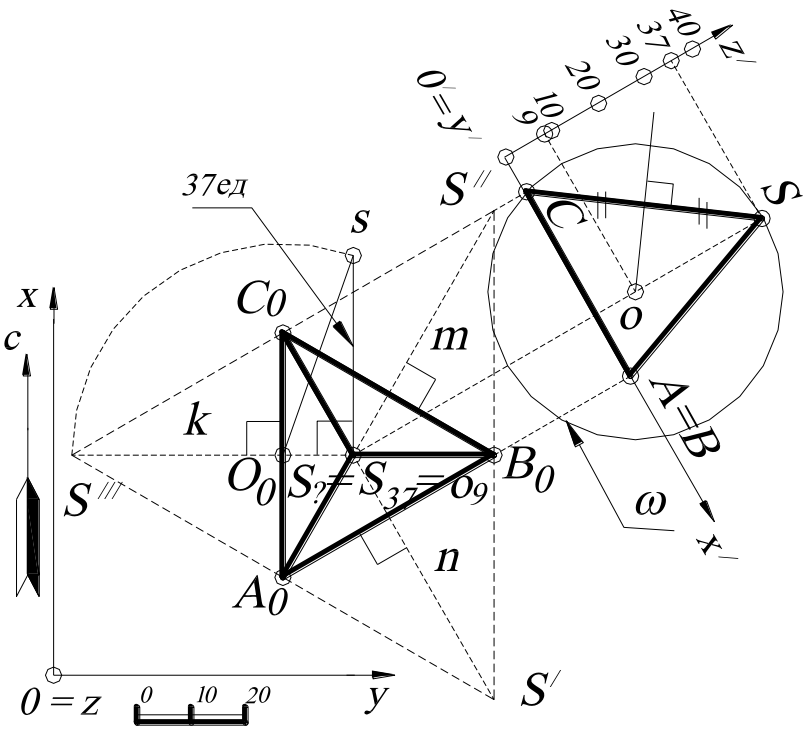


Рис. 42.

* Построения могут выполняться аналогично, если необходимо построить неправильную пирамиду по произвольным шести рёбрам.

По найденной таким образом горизонтальной проекции вершины $S_?$ и её совмещению (например, S''') остаётся определить числовую отметку точки $S_?$. Искомая числовая отметка или расстояние от горизонтальной плоскости проекций xOy (по заданию основания тетраэдра) равно катету $S_?s$ прямоугольного треугольника $S_?sO_0$, построенного по гипотенузе O_0S''' и катету $S_?O_0$ (см. рис. 34).

Проекция описанной сферы ω строится из условия: все точки тетраэдра принадлежат поверхности сферы. Ребро SC параллельно плоскости профиля. Следовательно, проекция описанной сферы (на профиле) будет проходить через точки S, C и точки им симметричные относительно высоты тетраэдра (так как точка C принадлежит параллели описанной сферы и на этом профиле будет принадлежать очерку этой сферы). Построив серединный перпендикуляр к профилю отрезка SC, находят проекцию центра o описанной сферы ω. Горизонтальная проекция описанной сферы определяется радиусом $oS=oC$ и центром o_9. Вследствие того, что описанная сфера ω на плане будет изображаться в виде окружности такого же радиуса, как и на профиле и для того чтобы не затенять построения тетраэдра на плане, проекция описанной сферы на плане не проведена.

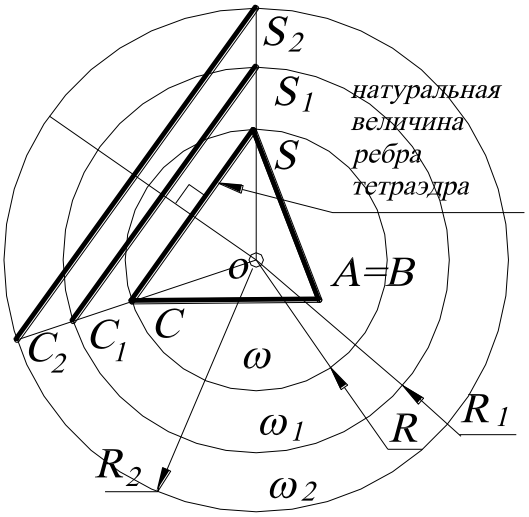


Рис. 43.

Что касается зависимости между радиусом описанной сферы и длиной ребра тетраэдра, то это будет величина постоянная. Другими словами, построив один раз сферу, описанную вокруг тетраэдра с заданной величиной ребра, и пользуясь пропорциональностью, можно графически определить радиус любой другой сферы, описанной вокруг тетраэдра, и величину его ребра. Такая зависимость справедлива для всех тел Платона. На рис. 43 построена графическая зависимость длины

ребра тетраэдра от радиуса описанной сферы: $\frac{SC}{R} = \frac{S_1C_1}{R_1} = \frac{S_2C_2}{R_2} = const$, то есть из точки ***o*** строятся прямые, проходящие через точки ***C*** и ***S*** и в пересечении с произвольными окружностями ω_1 и ω_2 - проекциями описанных сфер – определяются рёбра S_1C_1, S_2C_2.

3.2. Построить гексаэдр (куб) с величиной ребра ***40*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 44). В этом случае гексаэдр стоит одной своей гранью $A_0B_0C_0D_0$ на основной плоскости проекций ***xOy***. Грань $A_0B_0C_0D_0$ будет проецироваться на эту плоскость проекций в виде квадрата со стороной ***40***. Длина ребра гексаэдра соответствует числовым отметкам верхнего основания $E_{40}F_{40}K_{40}L_{40}$, проекция которого будет совпадать с проекцией $A_0B_0C_0D_0$.

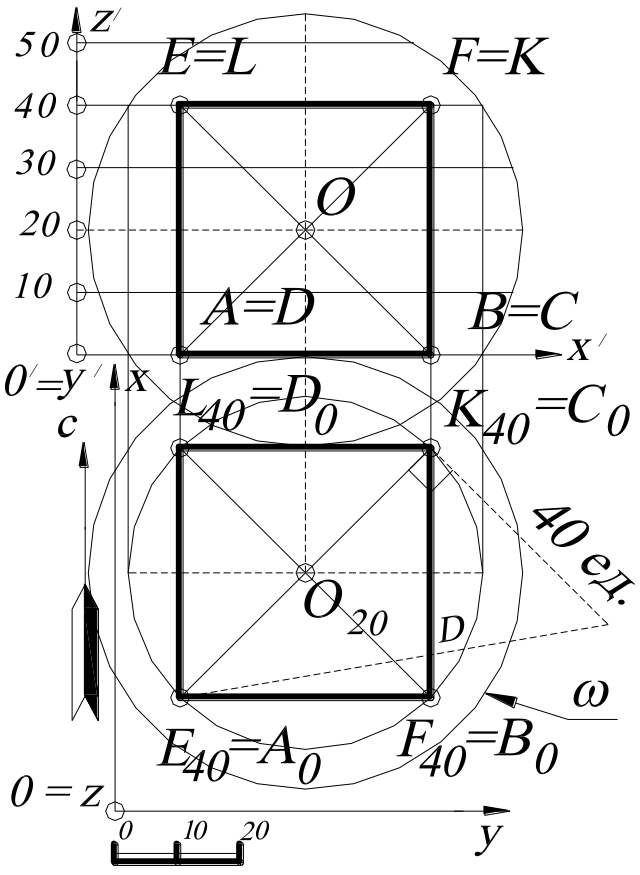


Рис. 44.

Центр описанной сферы ω будет находиться на пересечении диагоналей гексаэдра – точка O_{20}, а длина любой диагонали будет являться диаметром ***D*** описанной сферы. Все диагонали гексаэдра проецируются на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** с искажением, следовательно, на плане находят натуральную величину любой диагонали, например C_0E_{40}, методом прямоугольного треугольника. Полученная величина ***D*** является диаметром описанной сферы ω.

3.3. Построить октаэдр с величиной ребра ***42*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 45). Октаэдр состоит из восьми равносторонних треугольников, соединённых по четыре около каждой вершины. Отсюда видно, что октаэдр (правильный восьмигранник) может быть рассмотрен как две четырехугольные пирамиды – ***EABCD*** и ***FABCD*** (***E***, ***F*** – вершины этих пирамид), сложенные своими квадратными основаниями ***ABCD*** вместе. На этом основании построение октаэдра начинается с построения упомянутого выше квадрата со стороной ***42*** как основания пирамид.

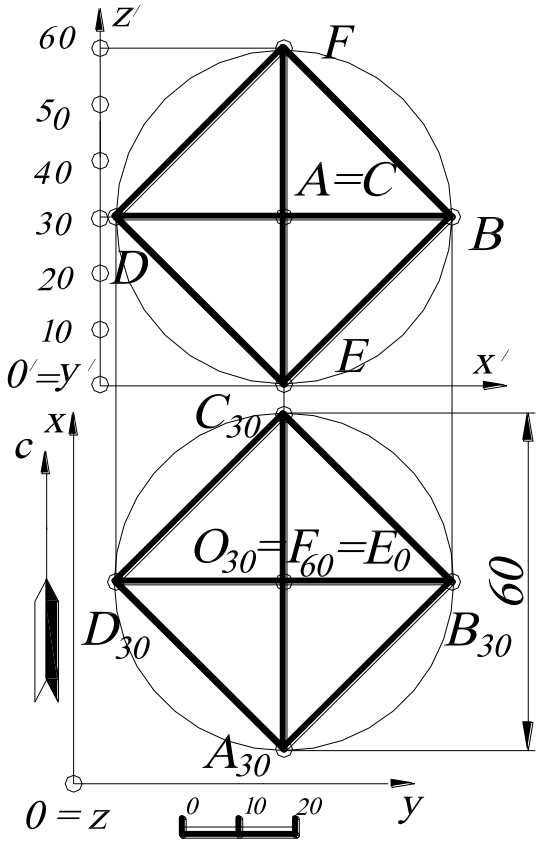


Рис. 45.

В простейшем случае, когда диагональ октаэдра, соединяющая обе вершины пирамид, вертикальна, плоскость квадрата параллельна горизонтальной плоскости проекций и, следовательно, проецируется на неё в натуральную величину, а на профиле – по прямой, параллельной оси z'. А потому, вычертив на горизонтальной плоскости квадрат $A_{30}B_{30}C_{30}D_{30}$, сторона которого равна ребру октаэдра, и соединив его центр O_{30}, в котором проецируются вершины ***E*** и ***F*** пирамид, с вершинами ***ABCD***, находят горизонтальную проекцию октаэдра. Для определения числовых отметок точек ***E*** и ***F*** заметим, что все диагонали октаэдра равны между собой и что квадрат ***ABCD*** делит вертикальную диагональ пополам. Поэтому, измерив длину диагонали, например $A_{30}C_{30}$, которая равна ***60***, получают числовые отметки точек E_0 и F_{60}. Причём длина диагонали (и её проекции в этом случае) равна диаметру сферы, описанной вокруг этого октаэдра.

3.4. Построить правильный пятиугольник со стороной ***50*** (по масштабу чертежа).

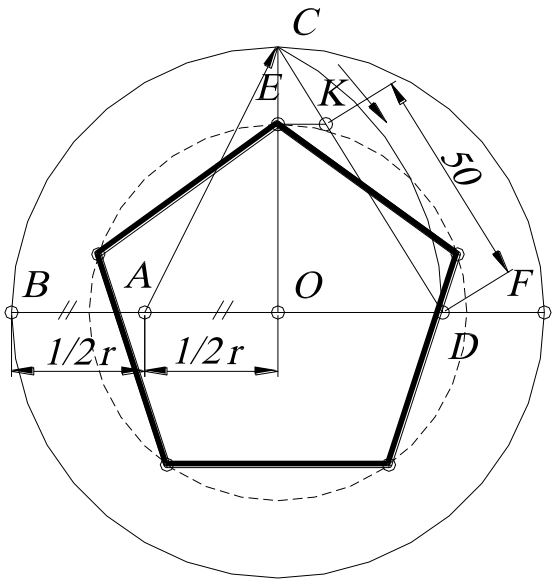


Рис. 46.

Решение (рис. 46). Для этого пользуются правилом «золотого сечения». Проводят произвольную окружность с радиусом, равным ***OB***, и делят этот радиус пополам, получая точку ***A***. Из точки ***A*** радиусом, равным ***AC***, проводят дугу окружности, которая пересечет горизонтальную прямую ***OF*** в точке ***D***. Таким образом, разделили отрезок ***BD*** в отношении «золотого сечения», где ***AD*** – «большая» часть, а ***BA*** – «меньшая». Точку ***D*** соединяют с точкой ***C*** прямой линией. Отрезок прямой ***DC*** будет являться шкалой, на которой откладывают заданную сторону правильного пятиугольника. В данной задаче на ***DC*** откладывают отрезок, равный ***50***, и получают точку ***K***. Из точки ***K*** проводят отрезок, параллельный отрезку ***OD***, который пересечёт вертикальную ось ***OC*** в точке ***E*** – вершине правильного пятиугольника. Отрезок ***OE*** будет являться радиусом описанной окружности искомого пятиугольника. Остальные вершины пятиугольника находят, откладывая циркулем по построенной окружности отрезки (хорды), равные ***50***.

3.5. Построить икосаэдр с величиной ребра ***47*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 47). Икосаэдр образован двадцатью равносторонними треугольниками, соединёнными по пяти около каждой вершины и, следовательно, расположенными так, что икосаэдр может быть рассматриваемым как многогранник, состоящий из двух пятиугольных пирамид ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** (где ***A*** и ***B*** – вершины этих пирамид) и промежуточного многогранника, ограниченного с боков десятью равными треугольниками. Пирамиды ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** имеют в основании два равных и параллельных пятиугольника ***CDEFG*** и

HJKLM. Причём вершины этих оснований расположены так, что вершины верхнего основания ***HJKLM*** находятся напротив середин сторон нижнего основания ***CDEFG***. Поэтому, чтобы построить по заданному ребру икосаэдр, где отрезок прямой ***AB*** соединяет вершины верхней и нижней пирамид, перпендикулярен основной плоскости проекций ***xOy***, и, следовательно, пятиугольные основания ***CDEFG*** и ***HJKLM*** параллельны этой плоскости проекций, а вершина ***A*** принадлежит этой плоскости проекций (то есть имеет отметку ***0***), поступают следующим образом.

На плане чертят по заданному ребру (см. рис. 46) два правильных пятиугольника ***CDEFG*** и ***HJKLM*** так, чтобы точки ***C, D, E, F, G***, ***H, J, K, L, M*** делили окружность, описанную около них, на десять равных частей. Тогда точки ***CDEFG*** и ***HJKLM*** представят горизонтальные проекции оснований как нижней пирамиды, так и верхней, а также промежуточного многоугольника, где центр ***O*** – это середина отрезка прямой ***AB***. Полученные точки последовательно соединяют между собой, как показано на рис. 47.

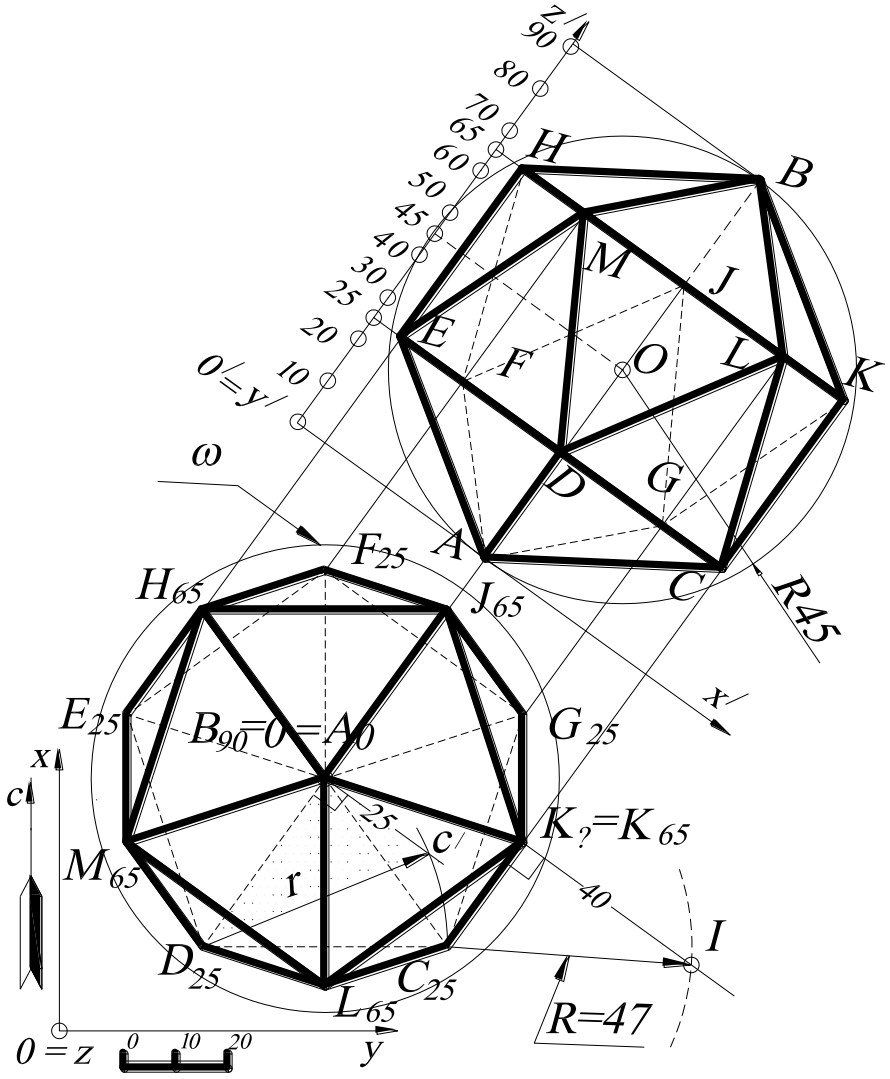


Рис. 47.

Чтобы найти числовые отметки полученных проекций вершин икосаэдра, достаточно найти высоту h обеих пирамид (они равны) и высоту h_1 промежуточного многогранника, так как основание нижней пирамиды $CDEFG$ параллельно основной плоскости проекций xOy и находится от неё на расстоянии высоты пирамиды h. Основание верхней пирамиды $HJKLM$ также параллельно основной плоскости проекций и находится от неё на расстоянии $h+h_1$, а вершина B – $h+h_1+h$. Высота h пирамиды равна катету прямоугольного треугольника, в котором гипотенузой является ребро пирамиды, а другим катетом – расстояние от основания высоты пирамиды до одной из вершин основания пирамиды. Поэтому строят прямоугольный треугольник, в котором один катет равен A_0D. Затем в точке A_0 восстанавливают перпендикуляр к A_0D, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – натуральной величине ребра пирамиды $r=47$. Катет прямоугольного треугольника A_0c' равен h. Измерив расстояние $A_0c'=25$ (по масштабу чертежа), получают числовые отметки точек C, D, E, F, G, равные 25.

Остаётся найти высоту h_1 промежуточного многогранника. Для этого достаточно найти высоту одной из вершин верхнего его основания $HJKLM$, например, вершины $K_?$, над плоскостью проекций xOy, так как это основание параллельно основной плоскости проекций. С этой целью используют метод прямоугольного треугольника, то есть определяют разность координат $\Delta z=h_1$ (числовых отметок) концов отрезка, например, отрезка (ребра) $C_{25}K_?$, а именно строят прямоугольный треугольник $C_{25}K_?I$, в котором один катет равен $C_{25}K_?$. Затем в точке $K_?$ восстанавливают перпендикуляр $K_?I$, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – ребру $R=47$ (по масштабу чертежа).

Искомая высота точки $K_?$ над основной плоскостью проекций определится как катет $K_?I$ прямоугольного треугольника $C_{25}K_?I$, построенного по катету $C_{25}K_?$ и гипотенузе $R=47$. А потому, измерив расстояние $K_?I=40=h_1$ (в соответствии с линейным масштабом), получают отметку точки $K_?$, равную $h_1+h=25+40=65$. Все точки основания верхней пирамиды $HJKLM$ также будут иметь числовые отмет-

ки, равные ***65***, так как это основание параллельно основной плоскости проекций ***xOy***.

Вершина ***B*** будет иметь числовую отметку $h+h_1+h=25+40+25=90$. Наконец, диаметр описанной сферы ω икосаэдра $|AB|=90$, центр ***O*** которой будет лежать на середине этого отрезка.

3.6. Построить додекаэдр с величиной ребра ***33***.

Решение (рис. 48). Додекаэдр (правильный двенадцатигранник) образован двенадцатью правильными пятиугольниками, соединёнными по три около каждой вершины, и расположены так, что противоположные грани многогранника лежат в плоскостях, параллельных друг другу, и симметричны относительно центра додекаэдра.

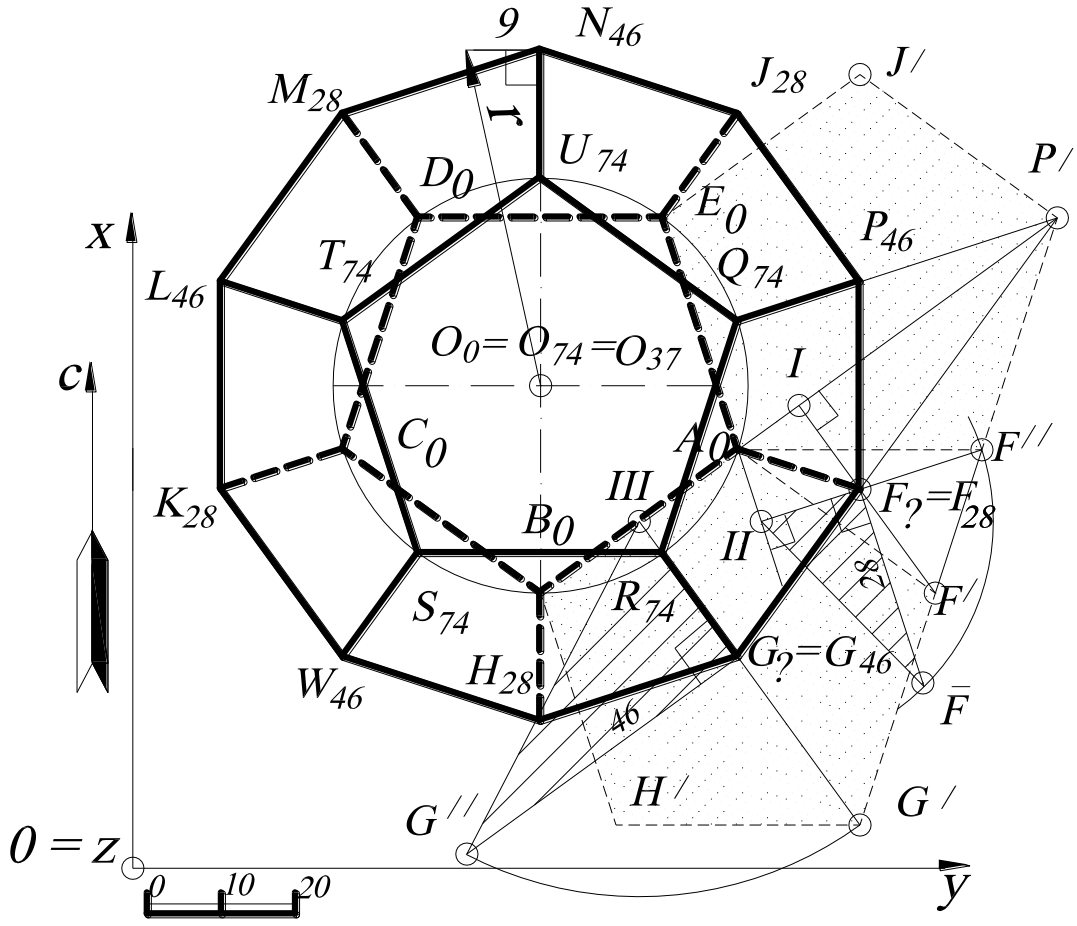


Рис. 48.

Построение выполняется следующим образом. Предположим, что додекаэдр одной из своих граней ***ABCDE*** поставлен на основную плоскость проекций ***xOy***. В таком случае вычерчивают на основной плоскости проекций правильный пятиугольник $A_0B_0C_0D_0E_0$ – основание додекаэдра. Чтобы определить проекции боковых вершин додекаэдра и их числовые отметки, совмещают с плоскостью проекций ***xOy*** две смежные грани, прилегающие к основанию $A_0B_0C_0D_0E_0$, вращая их около ребра A_0B_0 и A_0E_0. Совмещение этих граней представится в виде двух правильных пятиугольников – $B_0H'G'F'A_0$ и $A_0F''P'J'E_0$, причём легко видеть, что точки F' и F'' - это прообразы для совмещения одной и той же точки – вершины $F_?$. Вращая грани, поднимают их в первоначальное положение и находят проекции точек F', F'', G'. На плане проекции этих точек будут при восстановлении граней перемещаться по перпендикулярам к осям вращения A_0B_0 и A_0E_0. Следовательно, горизонтальная проекция вершины $F_?$ будет находиться на пересечении перпендикуляров IF' и IIF'', по которым перемещаются точки F' и F''.

Что касается числовой отметки точки $F_?$, то она будет находиться на высоте от основной плоскости проекций ***xOy***, которая определится по величине катета $F_?\overline{F}$ в прямоугольном треугольнике $IIIF_?\overline{F}$ (см. рис. 34). Другими словами, длина катета $F_?\overline{F}$ равна ***28*** (по построению), а ось вращения A_0E_0 занимает нулевую отметку, тогда точка $F_?= F_{0+28}=F_{28}$.

Чтобы найти числовую отметку точки $G_?$ по совмещению G', то можно увидеть на рис. 46, что прямая $F'G'$ пересекает ось вращения A_0B_0 в точке P', и, следовательно, горизонтальная проекция точки G' должна находиться одновременно и на горизонтальной проекции $P'F$ прямой $F'P'$ и на перпендикуляре $IIIG'$ к оси вращения A_0B_0, то есть в точке их пересечения $G_?$. По известным точкам $G_?$ и G' (см. рис. 34) определяют числовую отметку точки $G_?$, как катет $G_?G''$ прямоугольного треугольника $G_?G''III$, построенного по катету $IIIG_?$ и гипотенузе $IIIG''=G_?G'$. Поэтому, измерив расстояние $G_?G''$ (в соответствии с линейным масштабом), получают числовую отметку точки $G_?=G_{46}$.

Таким же образом можно было бы поступать для определения проекций всех остальных вершин додекаэдра. Однако вследствие правильности многогранника все его вершины, подобные ***F*** и ***G***, расположены одинаковым образом относительно основной плоскости проекций и симметрично относительно оси додекаэдра, проведённой через центры обоих оснований ***ABCDE*** и ***RSTUQ***. Следовательно, вершина ***F*** и точки ***H***, ***K***, ***M***, ***J*** лежат на одном и том же расстоянии от основной плоскости проекций и симметрично расположены относительно центра окружности, описанной около основания ***ABCDE***. На этом же основании горизонтальные проекции ***F, H***, ***K***, ***M***, ***J*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE***, и одну из вершин в точке ***F***. Числовые отметки точек ***H***, ***K***, ***M***, ***J*** равны числовой отметке точки ***F***, так как проекция пятиугольника ***FHKMJ*** параллельна основной плоскости проекций.

На этом же основании горизонтальные проекции ***G***, ***W***, ***L***, ***N***, ***P*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE***, и одну из вершин в точке ***G***. Следовательно, вершины ***W***, ***L***, ***N***, ***P*** имеют числовые отметки такие же, как у вершины ***G***, то есть ***46***.

Наконец, верхняя грань ***RSTUQ***, параллельная основной плоскости проекций, имеет горизонтальной проекцией правильный пятиугольник, вписанный в одинаковую окружность, что и пятиугольник ***ABCDE***, и притом так, что вершины обоих многоугольников разделяют окружность на десять равных частей. В силу симметричности додекаэдра числовые отметки грани ***RSTUQ*** определяются арифметическим прибавлением разности числовых отметок грани $F_{28}H_{28}K_{28}M_{28}J_{28}$ и грани $A_0B_0C_0D_0E_0$ к числовым отметкам грани $G_{46}W_{46}L_{46}N_{46}P_{46}$, то есть ***28-0=28***, ***28+46=74***, и получают грань с отметками $R_{74}S_{74}T_{74}U_{74}Q_{74}$.

Центр описанной вокруг додекаэдра сферы лежит на середине оси O_0O_{74}, то есть в точке O_{37}. Все вершины додекаэдра принадлежат поверхности сферы. Поэтому проекцией радиуса описанной сферы будет отрезок, соединяющий центр O_{37} с любой её вершиной, например N_{46}. Натуральную величину радиуса ***r*** опи-

санной сферы определяют методом прямоугольного треугольника, как показано на рис. 48 (проекция описанной сферы на чертеже не показана из-за множества линий основных построений додекаэдра).

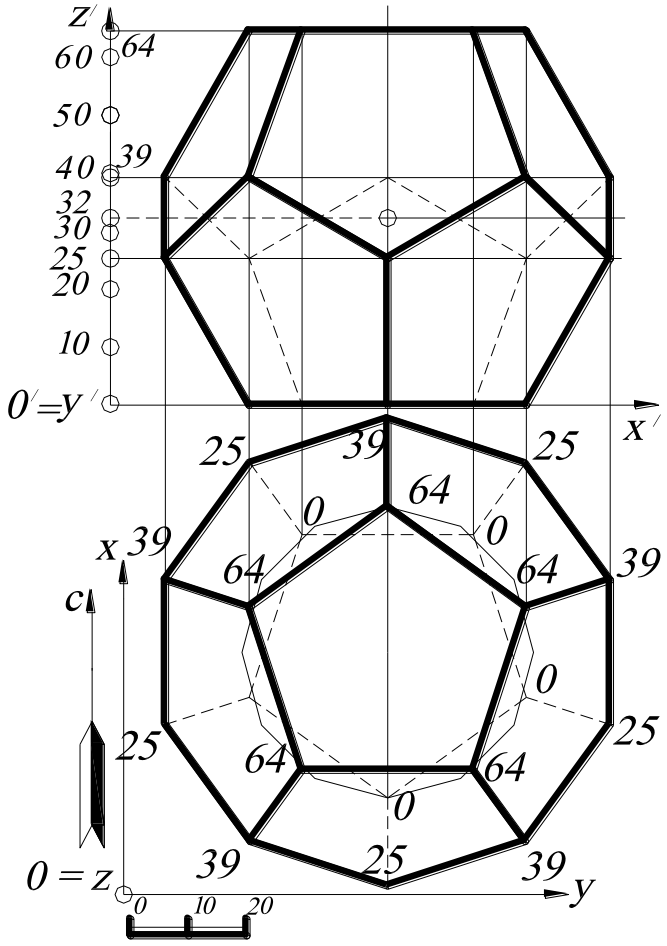


Рис. 49.

На рис. 49 показано построение профиля додекаэдра. Задаётся система координатных осей $O'x'y'z'$ (ось y' будет проецироваться в точку, совпадающую с O'), и по линиям проекционной связи строят вершины додекаэдра в соответствии с их числовыми отметками. Затем все полученные вершины соединяются отрезками прямых с учётом видимости рёбер додекаэдра.

3.7. Найти точки пересечения пирамиды ***ABCD*** с плоскостью ω_i.

Решение (рис. 50). Построение выполняется следующим образом. Градуируют сторону ***SA*** и строят горизонтали h_1, h_2, h_3, принадлежащие плоскости грани ***SAC***. Находят линию пересечения

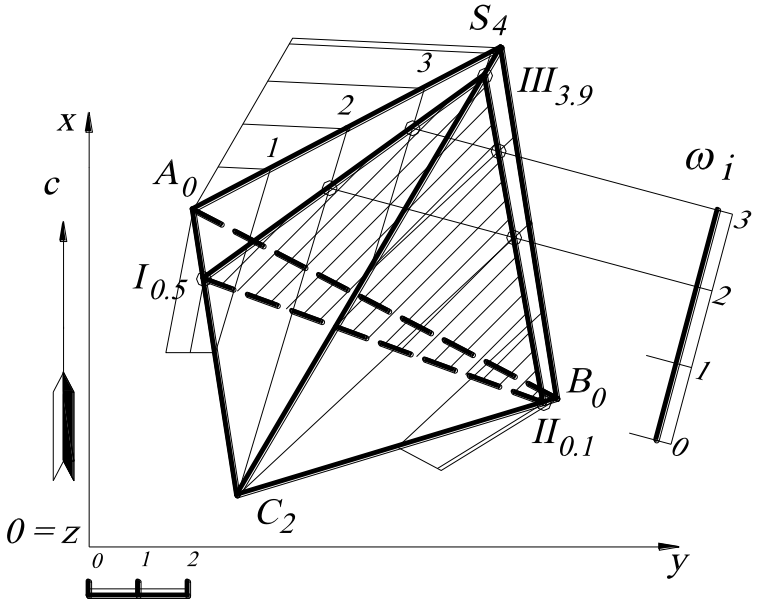


Рис. 50.

грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i, как пересечение пары горизонталей с одинаковыми числовыми отметками (см. задачу 2.8.). В пересечении пар горизонталей с отметками ***2*** и с отметками ***3*** получаются две точки, которые задают линию пересечения (***I, III***) грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i.

Аналогично строят линию пересечения грани ***SCB*** с заданной плоскостью ω_i, в результате имеют линию пересечения (***II***, ***III***). Грань ***ACB*** с заданной плоскостью ω_i пересекается по прямой (***I, II***), так как построенные точки ***I*** и ***II*** принадлежат рёбрам этой грани, и поэтому дополнительные построения здесь выполнять необязательно. Построенный треугольник является сечением пирамиды ***SABC*** заданной плоскостью ω_i. Определяют видимость этого треугольника и числовые отметки его вершин ***I***, ***II*** и ***III*** (с помощью градуирования).

3.8. Найти точки пересечения пирамиды ***SABC*** с прямой ***DE***.

Решение (рис. 51). Построение точек пересечения многогранника с прямой линией связано с основной позиционной задачей. ***Алгоритм*** выполняется в следующей последовательности.

1. Через заданную прямую проводится вспомогательная плоскость-посредник (таких плоскостей можно провести пучок ∞^1).
2. Строится фигура сечения (см. пример на рис. 50). Затем определяются точки пересечения (с числовыми отметками) заданной прямой со сторонами фигуры сечения.
3. Определяют видимость прямой.

Через заданную прямую D_3E_1 проводят вспомогательную плоскость-посредник ω_i, в сечении которой с заданным многогранником будет треугольник $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$. Полученное сечение $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$ пересечет заданную прямую D_3E_1 в точках ***F*** и ***K***, отметки которых определяются градуированием отрезка прямой D_3E_1.

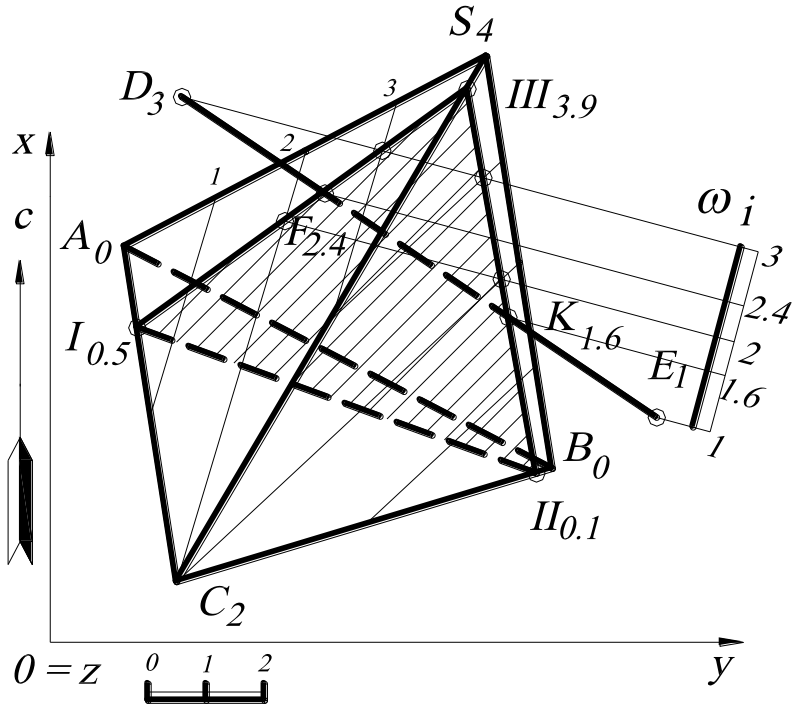


Рис. 51.

Видимость отрезка прямой D_3E_1 определяется по конкурирующим точкам. Другими словами, находят точки, принадлежащие поверхности многогранника и прямой D_3E_1, проекции которых совпадают, и определяют их числовые отметки с помощью градуирования. Точка будет видимой, числовая отметка которой больше (в зависимости от этого, определяется видимость многогранника или прямой). На рис. 51 проекция прямой D_3E_1 и проекция ребра S_4C_2 пересекаются. Однако ребро S_4C_2 находится выше, чем прямая D_3E_1, значит, прямая D_3E_1 является невидимой, а в точках пересечения с многогранником $F_{2.4}$ и $K_{1.6}$ видимость её меняется на противоположную.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

3.1. Построить пересечение прямой ***EF*** с пирамидой ***ABCD***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(140, 120, 40)***, ***B(90, 30, 0)***, ***C(40, 20, 20)***, ***D(20, 130, 0)***; ***E(70, 15, 10)***, ***F(100, 150, 40)***.

3.2. Построить сечение поверхности пирамиды ***SABCD*** плоскостью ***MLN***. Проекции точек заданы координатами: ***S(135***, ***120***, ***150) A(55***, ***15***, ***20)***, ***B(95***, ***180***, ***70)***, ***C(20***, ***160***, ***30)***, ***D(20***, ***25***, ***0) M(160***, ***55***, ***110)***, ***L(145***, ***30***, ***90)***, ***N(145***, ***55***, ***100)***.

3.3. Построить проекцию прямой призмы, нижнее основание которой $A_{20}B_{20}C_{50}$, а высота равна ***60 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(65***, ***55***, ***20)***, ***B(35***, ***90***, ***20)***, ***C(80***, ***90***, ***50)***.

3.4. Поставить на плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ треугольную пирамиду ***SABC***, в основании которой лежит правильный треугольник $A_?B_?C_?$, если известен центр ***O(35***, ***?***, ***40)*** и радиус описанной окружности основания ***R=25 мм***, высота пирамиды ***h=70 мм***. Вершины $A_?$ и $C_?$ принадлежат горизонтали плоскости $K_0L_{60}M_{30}$. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65***, ***15***, ***0)***, ***L(65***, ***105***, ***60)***, ***M(5***, ***60***, ***30)***.

3.5. Построить проекцию пирамиды, нижнее основание которой $A_{20}B_{20}C_{50}$, вершина $S_?$ лежит на прямой, перпендикулярной основанию, проходящей через точку C_{50} и $S_?C_{50}$=***60 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(65***, ***55***, ***20)***, ***B(35***, ***90***, ***20)***, ***C(80***, ***90***, ***50)***.

3.6. Поставить на плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ прямую треугольную призму, в основании которой лежит правильный треугольник $A_?B_?C_?$, если известен центр ***O(35***, ***?***, ***40)*** и радиус описанной окружности основания ***R=25 мм***, высота призмы OO'=***70 мм***. Верхнее основание параллельно нижнему и проходит через точку ***O'(35***, ***40***, ***?)***. Вершины $A_?$ и $C_?$ принадлежат горизонтали плоскости $K_0L_{60}M_{30}$. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65***, ***15***, ***0)***, ***L(65***, ***105***, ***60)***, ***M(5***, ***60***, ***30)***.

3.7. Поставить на плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ треугольную пирамиду ***SADC***, в основании которой лежит правильный треугольник $A_{35}B_?C_?$, если известен центр описанной окружности основания ***O(35***, ***?***, ***40)*** и точка ***A(55***, ***?***, ***35)***. Высота пирамиды $S_?O_{40}$=***70 мм***. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65***, ***15***, ***0)***, ***L(65***, ***105***, ***60)***, ***M(5***, ***60***, ***30)***.

3.8. Построить прямую призму, основания которой – параллельные треугольники $A_{55}B_{50}C_{30}$ и $A'_?B'_?C'_?$, а высота призмы ***h=70 мм***. Призма стоит на плоскости $K_0L_{60}M_{30}$. Проекции вершин нижнего основания призмы заданы следующими координатами: ***A(60***, ***?***, ***55)***, ***B(15***, ***?***, ***50)***, ***C(50***, ***?***, ***30)***. Плоскость $K_0L_{60}M_{30}$ задана координатами точек: ***K(65***, ***15***, ***0)***, ***L(65***, ***105***, ***60)***, ***M(5***, ***60***, ***30)***.

3.9. Построить проекции пирамиды по заданному основанию $A_0B_0C_0$ и натуральным величинам трёх её рёбер: ***SA=60 мм***, ***SB=50 мм***, ***SC=70 мм***. Основание пирамиды задано координатами точек: ***A(70***, ***20***, ***0)***, ***B(40***, ***50***, ***0)***, ***C(75***, ***70***, ***0)***.

3.10. Построить сечение пирамиды $S_{70}A_0B_0C_0D_0E_0$ плоскостью $K_0M_{60}L_{40}$ и найти натуральную величину фигуры сечения. Плоскость $K_0M_{60}L_{40}$ задана координатами точек ***K(55***, ***5***, ***0)***, ***M(20***, ***55***, ***60)***, ***L(5***, ***25***, ***40)*** Пирамида задана координатами точек: ***S(60***, ***60***, ***70)***, ***A(50***, ***35***, ***0)***, ***B(80***, ***35***, ***0)***, ***C(90***, ***60***, ***0)***, ***D(70***, ***75***, ***0)***, ***E(35***, ***70***, ***0)***.

4. ПОВЕРХНОСТИ

4.1. Построить наклонный эллиптический цилиндр, заданный осью (отрезок прямой M_1K_{-3}) и вертикальным сечением (окружность с радиусом ***r=25***).

Решение (рис. 52). Наклонный эллиптический цилиндр на чертеже в проекциях с числовыми отметками может задаваться однопараметрическим семейством эллипсов с числовыми отметками, а также этот цилиндр может определяться осью и вертикальным сечением, являющимся окружностью.

Ось наклонного цилиндра задается отрезком прямой M_1K_{-3}. Через точку M_1 строят вертикальное сечение, перпендикулярное на плане к оси цилиндра, и вводят новую систему координат $O'x'y'z'$ для профиля. На профиле строят окружность заданного радиуса ***r=25*** (в соответствии с линейным масштабом), которая является вертикальным сечением наклонного эллиптического цилиндра.

На профиле (вертикальном сечении) проводят горизонтальные линии, расстояние между которыми в масштабе равно единичным высотным превышениям. Другими словами, на профиле находят верхнюю образующую цилиндра, высот-

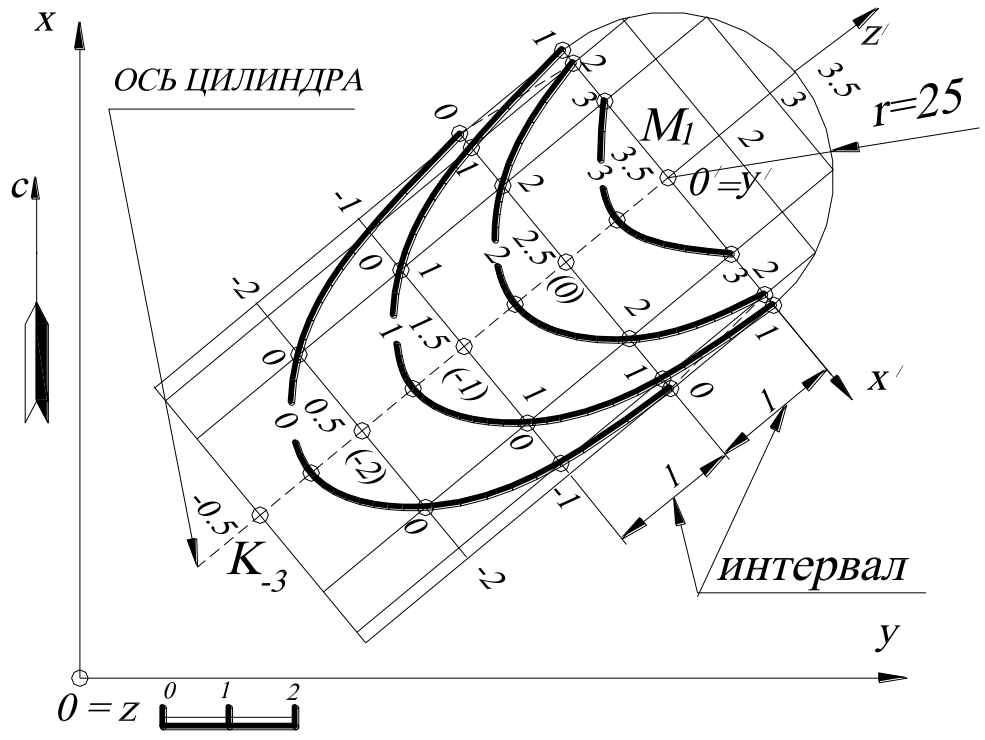


Рис. 52.

ная отметка которой равна ***3.5***, и ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***3*** и ***2***. На плане масштабы заложения этих образующих будут такими же, как и масштабы заложения оси цилиндра ***l***, так как по условию задания они параллельны друг другу, а их высотные отметки будут определяться пропорционально с помощью профиля.

Крайние очерковые образующие будут иметь высотные отметки, одинаковые с высотными отметками оси, так как они лежат в одной плоскости и, как было уже сказано, параллельны друг другу. Для точности построения эллипсов градуируют ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***2***.

Для построения эллипса с высотной отметкой, например ***1***, необходимо на всех проградуированных образующих цилиндра найти точки с высотной отметкой ***1*** и соединить их плавной кривой. Семейство (однопараметрическое) построенных эллипсов задаст на плане наклонный эллиптический цилиндр, а эллипс с высотной отметкой ***0*** – сечение этого цилиндра горизонтальной плоскостью проекций ***H***.

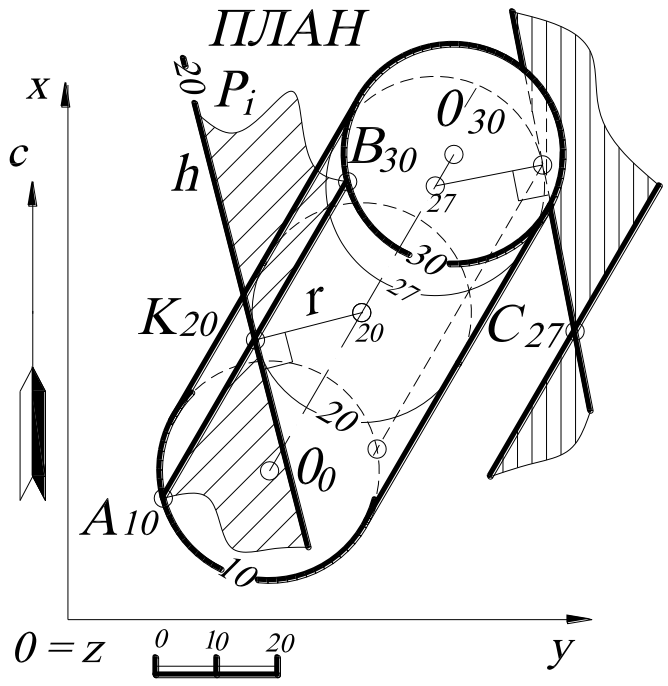


Рис. 53.

4.2. Построить касательную плоскость P_i к поверхности наклонного цилиндра, проходящую через точку K_{20}. Точка K_{20} принадлежит поверхности цилиндра.

Решение (рис. 53). Касательная плоскость в обыкновенной (регулярной) точке ***K*** определена однозначно касательными в этой точке к любым двум кривым, расположенным на поверхности и пересекающимся в этой точке ***K***. Следовательно, через точку K_{20} проводят образующую цилиндра $A_{10}B_{30}$, которая будет являться общей для цилиндра и

искомой касательной плоскости P_i. Известно, что радиус основания (параллели) цилиндра r, проведённый в точке касания, является нормалью к поверхности цилиндра, и задача сводится к построению плоскости, перпендикулярной к радиусу параллели цилиндра, проходящей через точку K_{20}. Поэтому проводят через точку K_{20} горизонталь h_{20}, перпендикулярную к радиусу цилиндра r, так как эта горизонталь проходит через точку с числовой отметкой 20, то она будет иметь числовую отметку 20. Таким образом, построив две пересекающиеся прямые h_{20} и $A_{10}B_{30}$, задают плоскость, касательную к цилиндру.

В том случае, если точка не принадлежит поверхности цилиндра, – C_{27}, то построения выполняют следующим образом. Строят параллель цилиндра с той же числовой отметкой, что и у заданной точки C_{27}, проградуировав ось цилиндра (на рис. 53 градуирование не показано), строят из точки C_{27} касательную к этой параллели и прямую, параллельную оси цилиндра.

4.3. Построить точки пересечения прямой $A_{10}B_{40}$ с поверхностью цилиндра.

Решение (рис. 54). Построение точек пересечения прямой линии с поверхностью

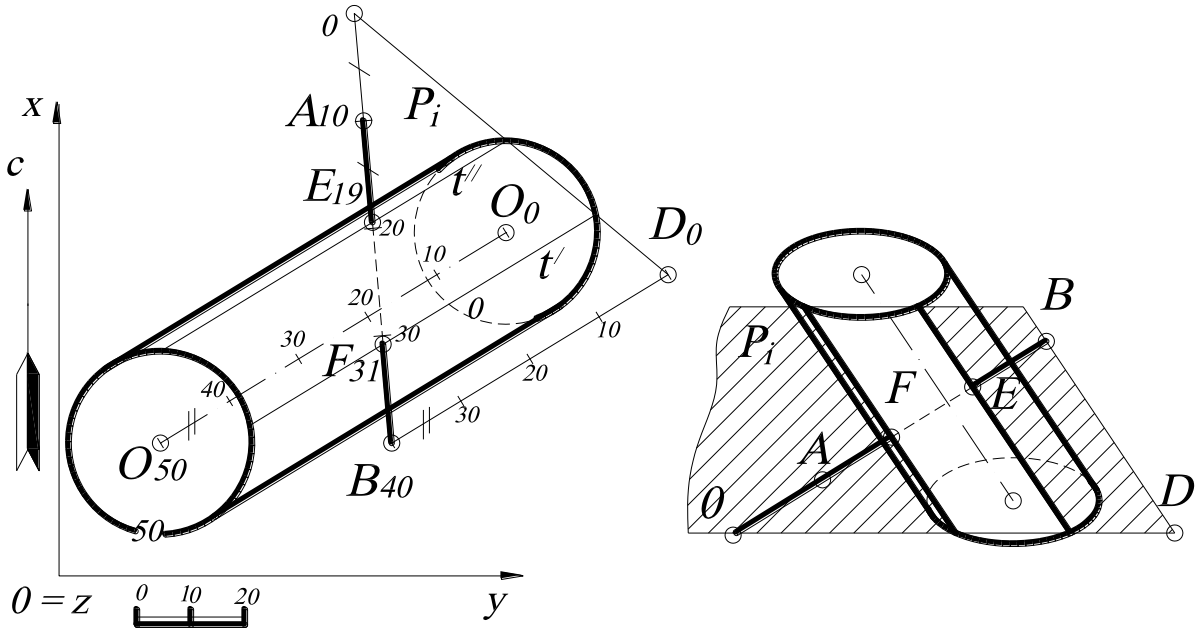


Рис. 54.

цилиндра осуществляется при помощи вспомогательной плоскости. При этом вспомогательную плоскость нужно выбирать так, чтобы она, проходя через дан-

ную прямую, пересекала бы поверхность цилиндра по прямым линиям, то есть эта плоскость должна быть параллельна образующим цилиндра (в том случае, если задан конус, то плоскость должна проходить через его вершину).

Таким образом, через прямую $A_{10}B_{40}$ проводят плоскость P_i, которая пересекала бы поверхность цилиндра по его образующим. Плоскость P_i будет являться плоскостью общего положения, так как образующие цилиндра – это прямые общего положения. Для построения плоскости P_i на прямой $A_{10}B_{40}$ выбирают произвольную точку, например B_{40}, и строят прямую $B_{40}D_0$, параллельную оси O_0O_{50} цилиндра. На основании свойства параллельности прямых интервал прямой $B_{40}D_0$ равен интервалу оси цилиндра (или интервалу образующей). Затем на прямой $A_{10}B_{40}$ находят точку с отметкой 0, определив интервал прямой $A_{10}B_{40}$ (на чертеже градуирование $A_{10}B_{40}$ не показано). Пересекающиеся прямые $A_{10}B_{40}$ и $B_{40}D_0$ будут определять плоскость P_i, параллельную оси цилиндра и пересекающую его поверхность по образующим t' и t''. Точки пересечения E_{19} и F_{31} прямой $A_{10}B_{40}$ с этими образующими будут искомыми точками встречи прямой с поверхностью цилиндра. Числовые отметки точек E_{19} и F_{31} определяются градуированием отрезка прямой $A_{10}B_{40}$ (на чертеже градуирование не показано).

4.4. Построить сечение сферы плоскостью общего положения ω_i.

Решение (рис. 55). Для нахождения сечения сферы плоскостью общего положения строится профиль $O'x'y'z'$, плоскость $O'x'z'$ которого перпендикулярна горизонталям заданной плоскости ω_i. В этом случае заданная плоскость общего положения на этом профиле будет проецирующей. Поэтому вводится новая декартова система координат, причем ось x' перпендикулярна горизонталям плоскости ω_i, ось z' выбирается вертикально и перпендикулярно к оси x', а ось y' совпадает с началом отсчета O'. Для решения этой задачи профиль удобнее строить в проекционной связи, как показано на рис. 55. На профиле плоскость ω_i будет изображаться в виде прямой, совпадающей с линией падения плоскости, сфера –

в виде окружности. На профиле находят общие точки плоскости и сферы и с помощью линий проекционной связи переносят на план (точка c_{26} – это точка пересечения осей эллипса, построение которой показано на рис. 55). Большая ось эллипса, проходящая через точку c_{26}, пересекает очерк сферы в двух точках. Точки, принадлежащие экватору сферы, будут являться точками изменения видимости сечения.

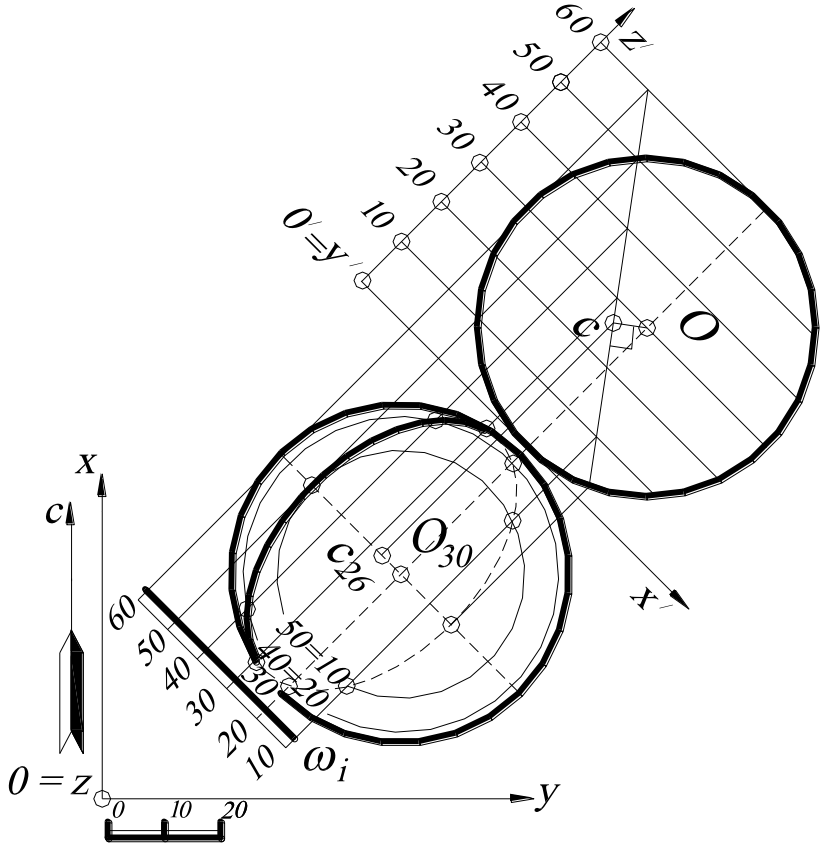


Рис. 55.

4.5. Найти точки (точку) пересечения прямой $F_{10}E_{60}$ общего положения с поверхностью сферы.

Решение (рис. 56). ***Алгоритм*** этой задачи связан с основной позиционной задачей (нахождение точки пересечения прямой с плоскостью):

1. Через прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник.

2. Находят пересечение вспомогательной плоскости-посредника со сферой (окружность).

3. Определяют точки пересечения (вместе с их высотными отметками) полученного сечения с заданной прямой.

4. Определяют видимость заданной прямой.

На чертеже в проекциях с числовыми отметками этот алгоритм реализуется следующим образом. Через прямую $E_{60}F_{10}$ проводят вертикальную плоскость-

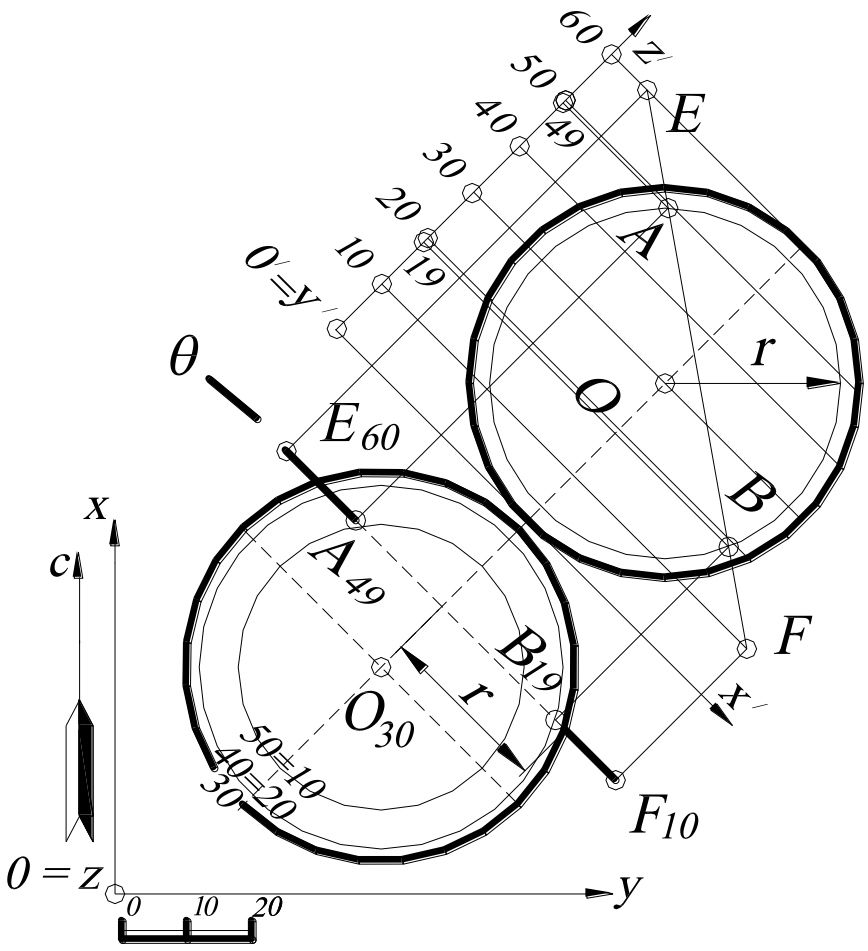


Рис. 56.

посредник θ. Затем строится профиль $O'x'y'z'$ (новая декартова система координат) так, чтобы ось x' была параллельна проекции (заложению) прямой $E_{60}F_{10}$, так как в этом случае сечение сферы радиуса r на этот профиль спроецируется без искажения, а прямая изобразится в виде прямой AB. На профиле определяются общие точки сечения и заданной прямой – A_{49} и B_{10}, которые потом с помощью линий проекционной связи переносятся на план. Видимость прямой $E_{60}F_{10}$ определяют относительно поверхности сферы, то есть если поверхность сферы видима, то прямая невидима (и наоборот).

4.6. Построить сечение прямого кругового конуса плоскостью общего положения θ_i, не проходящей через вершину конуса.

Решение (рис. 57, 58, 59, 60). Прямой круговой конус задаётся на плане горизонтальными сечениями (или параллелями), расстояния между которыми определяется расстоянием – интервалом конуса l_K. При пересечении конуса плоскостью общего положения θ_i, не проходящей через вершину конуса, возможны четыре варианта.

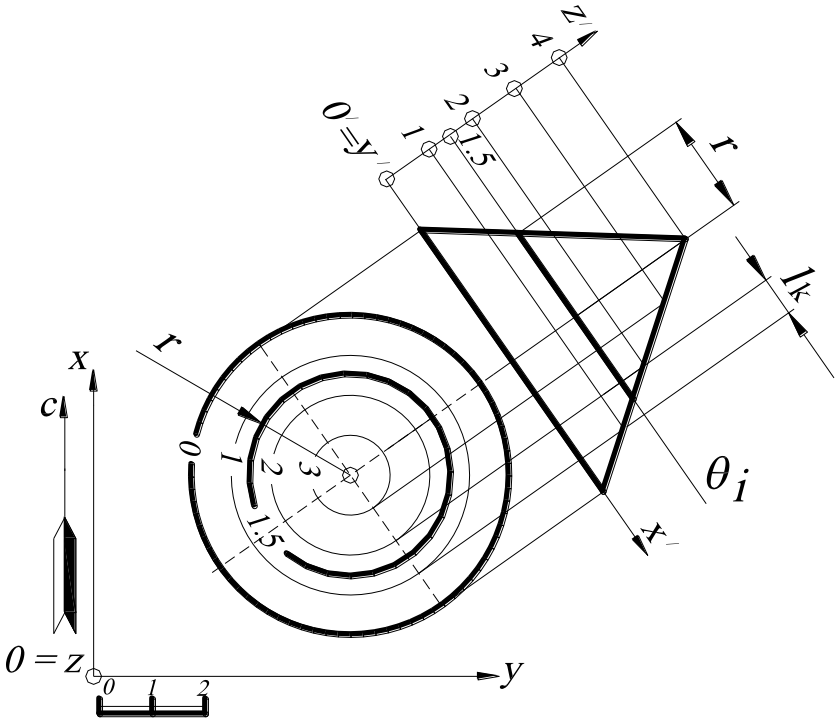


Рис. 57.

1. Окружность, когда секущая плоскость перпендикулярна оси вращения конуса. Если на чертеже интервал (масштаб заложения) секущей плоскости равен бесконечности, то есть секущая плоскость θ_i параллельна основной плоскости проекций H, то в сечении получается окружность (все точки окружности имеют одну и ту же высотную отметку, например ***1,5*** (см. рис. 57).

2. Эллипс (***или его часть***)***,*** когда секущая плоскость θ_i пересекает все образующие одной полы конуса (или могут пересекать), но не перпендикулярна оси конуса. На чертеже в проекциях с числовыми отметками если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ будет больше интервала (масштаба заложения) образующей поверхности заданного конуса l_k, $l_\theta > l_k$, то в сечении получается эллипс или его часть (см. рис. 58). Для построения эллипса на плане используют

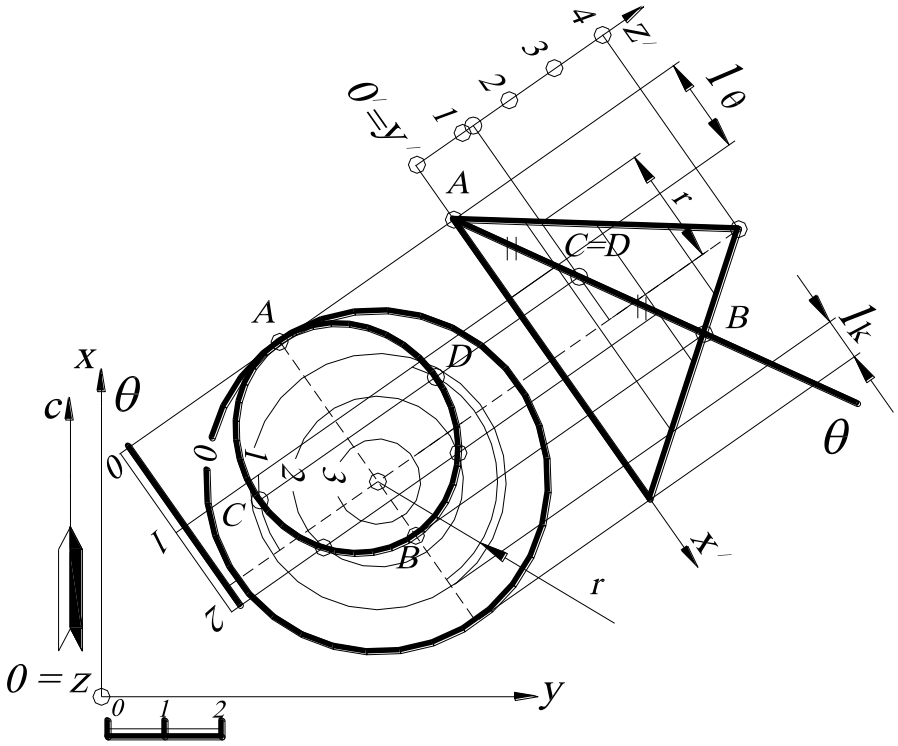


Рис. 58.

профиль, плоскость которого выбирают так, чтобы плоскость θ_i стала проецирующей, то есть перпендикулярной горизонталям плоскости θ_i.

3. Гипербола, когда секущая плоскость θ параллельна двум образующим. (Гипербола имеет две бесконечно удаленные точки). Если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ меньше интервала (масштаба заложения) образующей конуса l_k (см. рис. 59) или секущая плоскость перпендикулярна основанию конуса, то в сечении получается гипербола $l_\theta < l_k$, $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$.

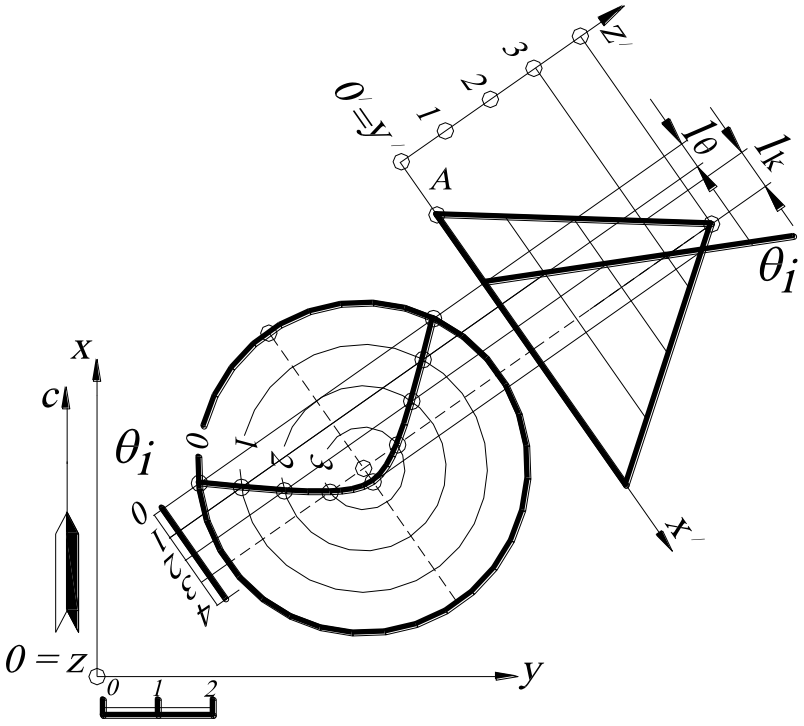


Рис. 59.

Если $l_\theta = 0$, гипербола на основную плоскость проекций H будет проецироваться в виде прямой, совпавшей с этой вертикальной плоскостью θ_i.

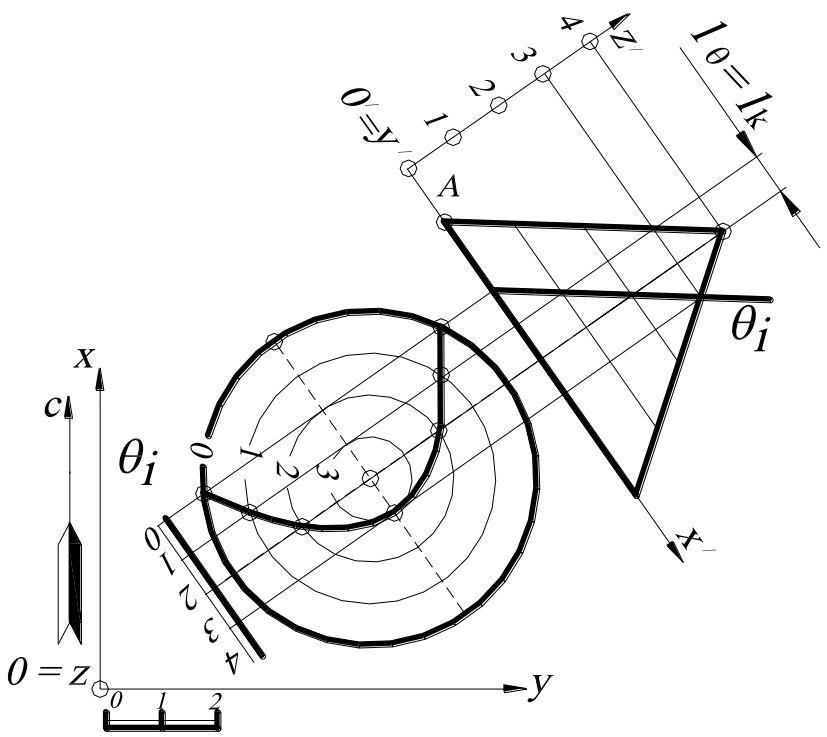


Рис. 60.

4. Парабола, когда секущая плоскость θ_i параллельна одной образующей конуса вращения (парабола имеет одну бесконечно удаленную точку). На чертеже в проекциях с числовыми отметками, если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ равен интервалу (масштабу заложения) образующей конуса l_k, то в сечении получается парабола $l_\theta = l_k$, $y^2 = 2px$ (см. рис. 60).

Если *секущая плоскость проходит через вершину конуса*, то в сечении может получиться (рис. 61):

а) *две изотропные (мнимые) прямые,* в пересечении которых появляется действительная точка – вершина конуса *S*, при этом интервал секущей плоскости l_θ будет больше интервала образующей конуса вращения l_k: $l_\theta > l_k$;

б) *две совпавшие прямые*, интервал секущей плоскости l_θ будет равен интервалу образующей конуса l_k: $l_\theta = l_k$;

в) *две пересекающиеся прямые*, интервал секущей плоскости l_θ меньше интервала образующей конуса l_k: $l_\theta < l_k$ (а также если секущая плоскость проходит через ось конуса).

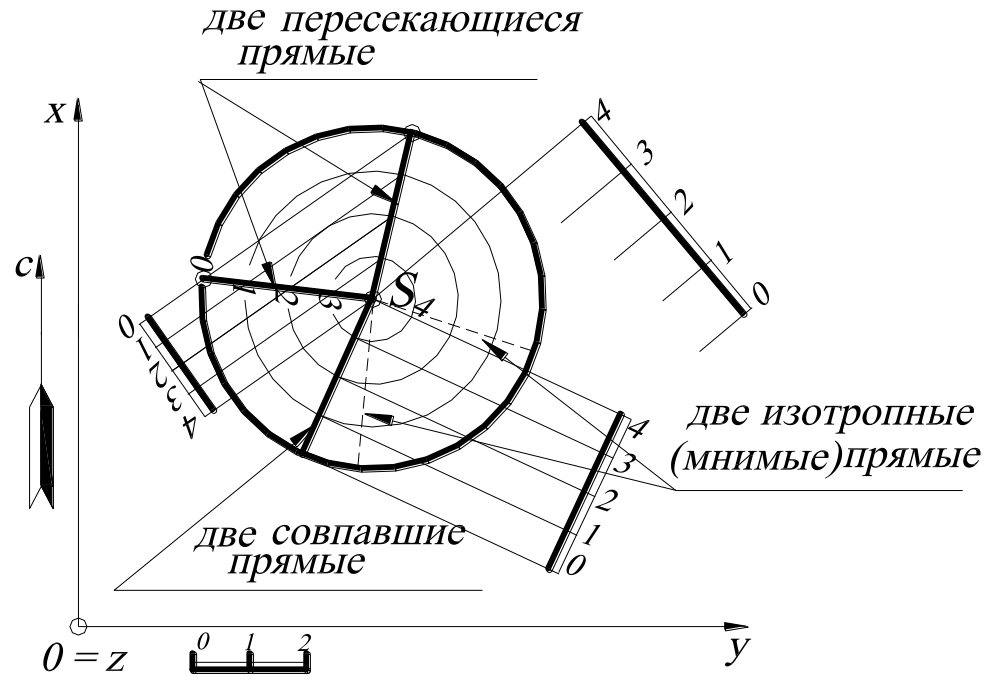


Рис. 61.

4.7. Найти точки пересечения прямой $A_{10}B_{40}$ и прямого кругового конуса, заданного вершиной S_{60} и основанием заданного радиуса с отметкой ***10***.

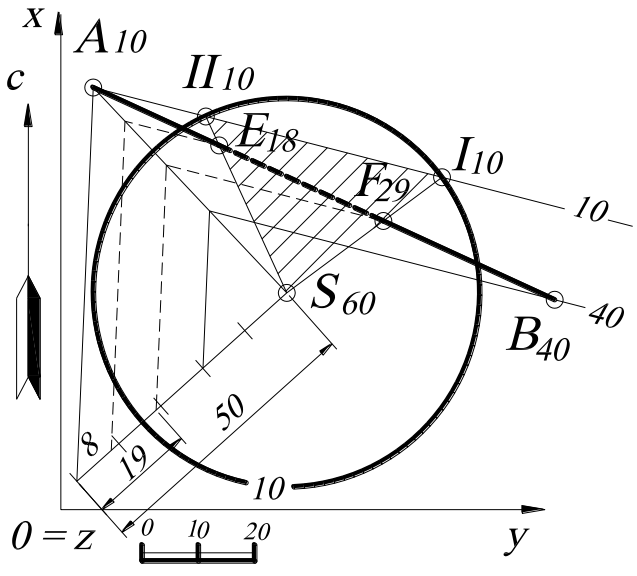


Рис. 62.

Решение (рис. 62). Алгоритм решения этой задачи см. в задаче 4.5. Через вершину конуса S_{60} (см. задачу 4.3) и прямую $A_{10}B_{40}$ задают плоскость $S_{60}A_{10}B_{40}$ – это плоскость общего положения. Строят горизонтали этой плоскости (например, ***40***-ю и ***10***-ю), проградуировав отрезок $S_{60}A_{10}$. Находят пересечение плоскости $S_{60}A_{10}B_{40}$ с поверхностью заданного

конуса – это две образующие $S_{60}I_{10}$ и $S_{60}II_{10}$. Затем определяют точки пересечения заданной прямой $A_{10}B_{40}$ и полученных образующих $S_{60}I_{10}$ и $S_{60}II_{10}$ – E_{18} и F_{29}, числовые отметки которых определяются градуированием отрезка прямой $A_{10}B_{40}$ (см. построение на рис. 62).

4.8. Найти расстояние от точки A_{30} до поверхности прямого кругового конуса, заданного вершиной S_{40} и основанием – окружностью заданного радиуса с отметкой ***0***.

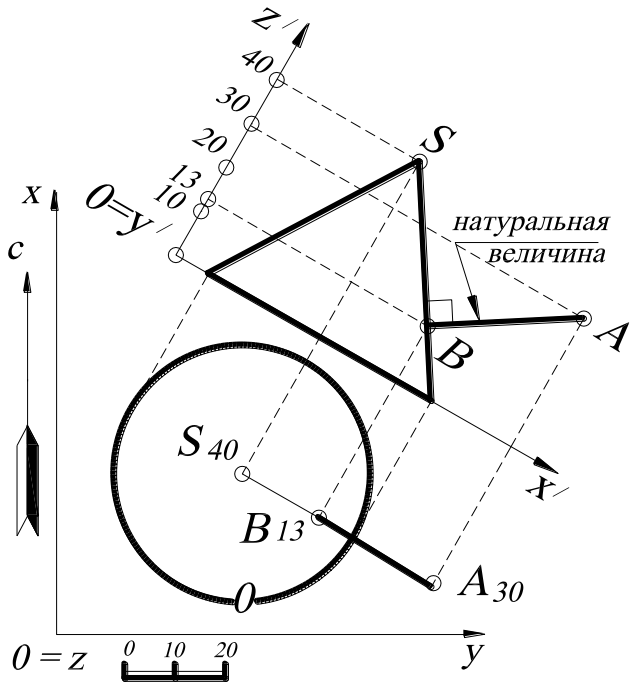


Рис. 63.

Решение (рис. 63). Расстоянием до поверхности конуса является перпендикуляр, опущенный из точки A_{30} к ближайшей образующей конуса. Проекция этого перпендикуляра на плане будет находиться в плоскости, задаваемой точкой A_{30} и осью конуса. Для нахождения точки пересечения этого перпендикуляра с поверхностью конуса строится профиль, параллельный этой плоскости. На профиле определяется точка пересечения перпендикуляра с поверхностью конуса ***B*** и её числовая отметка – ***13***, а также натуральная величина расстояния $A_{30}B_{13}$ (так как отрезок прямой $A_{30}B_{13}$ параллелен плоскости профиля).

4.9. Построить касательную плоскость к поверхности прямого кругового конуса, проходящую через точку K_{20}. Конус задан вершиной S_{30} и основанием ***n*** – окружностью заданного радиуса с числовой отметкой ***0***.

Решение (рис. 64). Известно, что касательная плоскость к поверхности в точке определяется двумя касательными, проведёнными к кривым поверхности,

проходящими через эту точку. Вершина конуса является особой точкой, и через неё проходят множество касательных – образующих конуса. Следовательно, касательная плоскость в этом случае задается прямой $K_{20}S_{30}$ и любой касательной прямой, проведённой к поверхности конуса, например к его параллели.

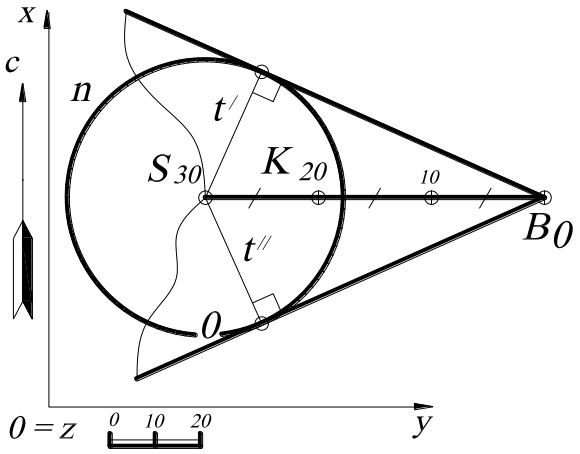


Рис. 64.

Точка K_{20} не принадлежит поверхности конуса. Для построения касательной к основанию конуса определяют точку B_0 – пересечение прямой $S_{30}K_{20}$ с основной плоскостью проекций H. Из точки B_0 строят касательные прямые к основанию конуса n, и в точках касания с основанием конуса определяют образующие конуса t' и t''. Касательные к основанию конуса и образующие t' и t'' будут задавать две касательные плоскости. Решение задачи не изменилось бы, если строить горизонталь конуса с числовой отметкой 20 и проводить к ней касательные из точки K_{20}.

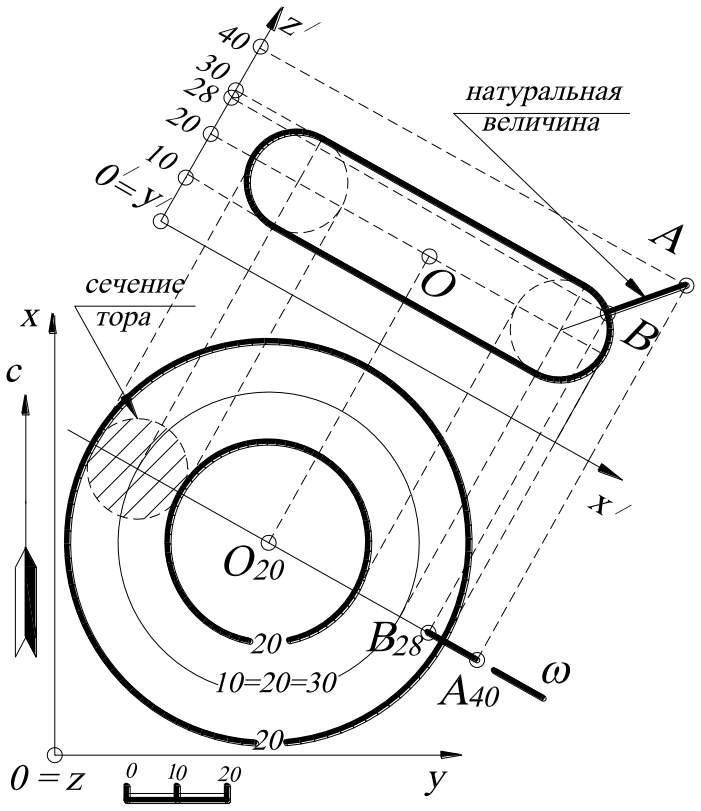


Рис. 65.

4.10. Найти расстояние от точки A_{40} до поверхности тора (круговое кольцо, «бублик»).

Решение. Тор образован вращением окружности вокруг оси, принадлежащей плоскости этой окружности

(эта окружность показана на рис. 65). Расстоянием является прямая, соединяющая заданную точку A_{40} с центром этой окружности – сечением тора, и будет находиться в плоскости, проходящей через центр тора ω. Для нахождения точки пересечения прямой и тора строится профиль параллельно проецирующей плоскости ω.

На профиле определяется искомая точка ***B*** и её числовая отметка ***28***. На плане точка B_{28} находится с помощью линии проекционной связи. Натуральная величина расстояния определяется на профиле (по построению).

4.11. Построить линейчатую поверхность, направляющие ***p, q, r*** которой – скрещивающиеся прямые (рис. 66).

Решение. Образующая ***l***, проходящая через точку ***P***, принадлежащую направляющей ***p***, пересекает прямые ***q*** и ***r*** и при движении точки ***P*** по прямой ***p*** описывает поверхность, называемую ***однополостным (линейчатым) гиперболоидом***. В этом случае необходимо найти образующую ***l***, проходящую через точку ***P*** и две скрещивающиеся прямые ***q*** и ***r***.

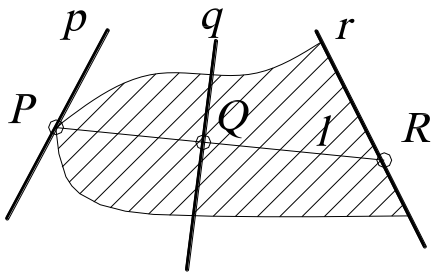


Рис. 66.

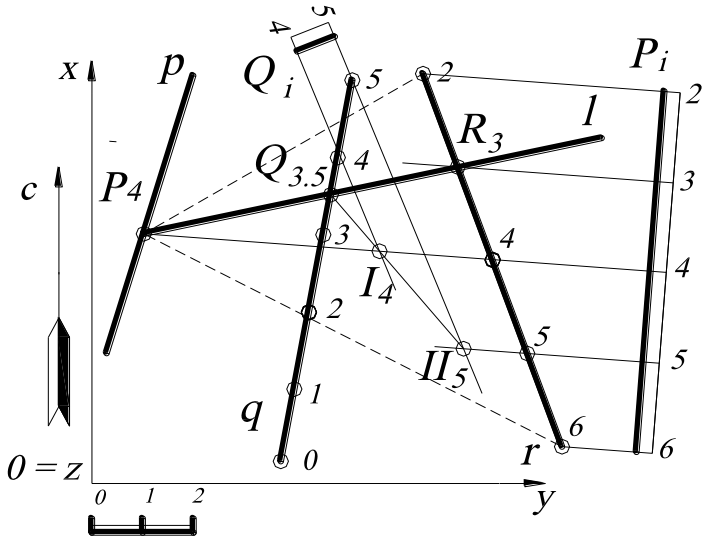


Рис. 67.

Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости, рис. 67).

Алгоритм.

1. На прямую ***r*** (можно выбрать и другую прямую, то есть ***q***) и точку ***P*** «натягивают»

плоскость (на чертеже эта плоскость показана штриховыми линиями). Затем эту плоскость задают горизонталями P_i.

2. Находят точку пересечения прямой q с плоскостью P_i:

   а) через прямую q проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i;

   б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_4II_5;

   в) находят точку пересечения прямой I_4II_5 и прямой q – точка $Q_{3,5}$.

3. Прямая, соединяющая заданную точку P_4 и построенную точку $Q_{3,5}$, будет искомой прямой l.

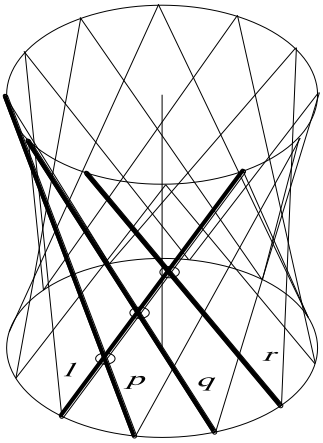


Рис. 68.

Форма поверхности показана на рис. 68.

На рис. 69 построен однополостный гиперболоид в проекциях с числовыми отметками. На профиле очерк гиперболоида – гипербола, которая строится по точкам пересечения параллелей с плоскостью главного меридиана или может быть построена на профиле как огибающая вращающейся образующей l в разных её положениях; на плане очерк однополостного гиперболоида – горловая окружность (горловая параллель) – огибающая горизонтальных проекций прямолинейных образующих l. Однополостный гиперболоид является поверхностью второго порядка.

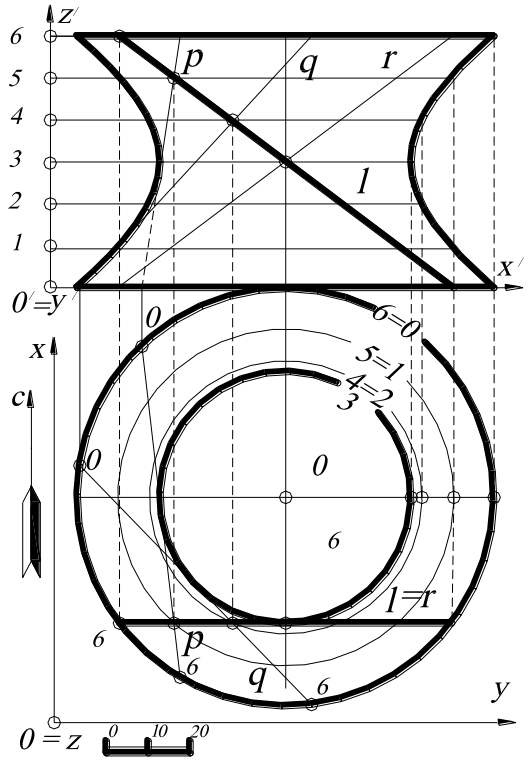


Рис. 69.

Множество прямых, с которыми совпадает при вращении образующая l, называют 1-м семейством на гиперболоиде. Из симметрии поверхности вращения относительно меридиональной плоскости следует существование на гиперболоиде 2-го семейства

прямых. Прямые 1-го семейства закручены влево, прямые 2-го – вправо. Любые две прямые одного семейства скрещиваются, любые две прямые из разных семейств пересекаются (или параллельны). Через каждую точку однополостного гиперболоида проходят одна правая и одна левая прямые.

4.12. Построить к заданной кривой $A_3B_2C_1D_0$ поверхность одинакового ската с углом наклона поверхности к основной плоскости проекций H, равным $\alpha=70^0$.

Решение (рис. 70). Построения выполняются следующим образом:

1. В соответствии с масштабом чертежа строится профиль, в котором проводится прямая под углом α. Получаемый при этом отрезок l характеризует интервал образующих конусов.

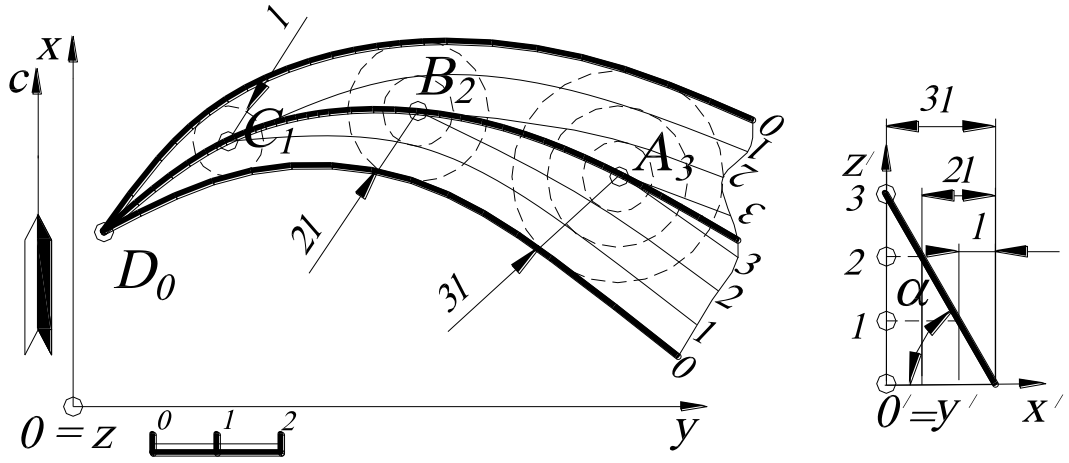


Рис. 70.

2. В соответствии с интервалом l строятся образующие конусов с центрами в точках $C_1B_2A_3$.

3. По касательным к горизонталям конусов с одинаковыми высотными отметками проводятся лекальные кривые горизонталей поверхности одинакового ската.

Наглядное изображение этой поверхности представлено на рис. 71.

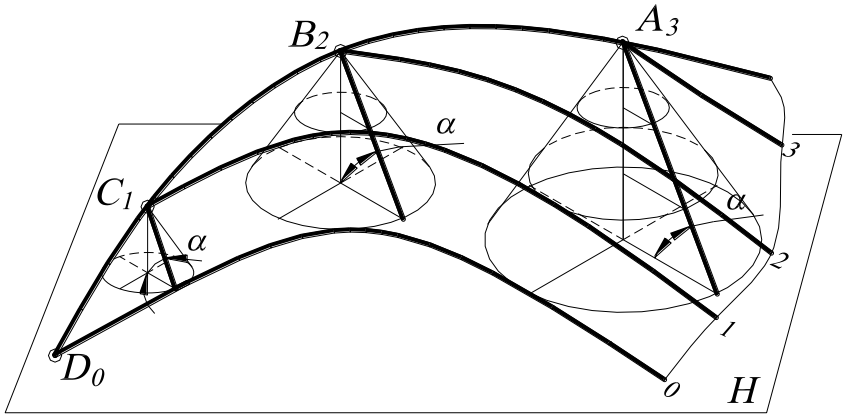
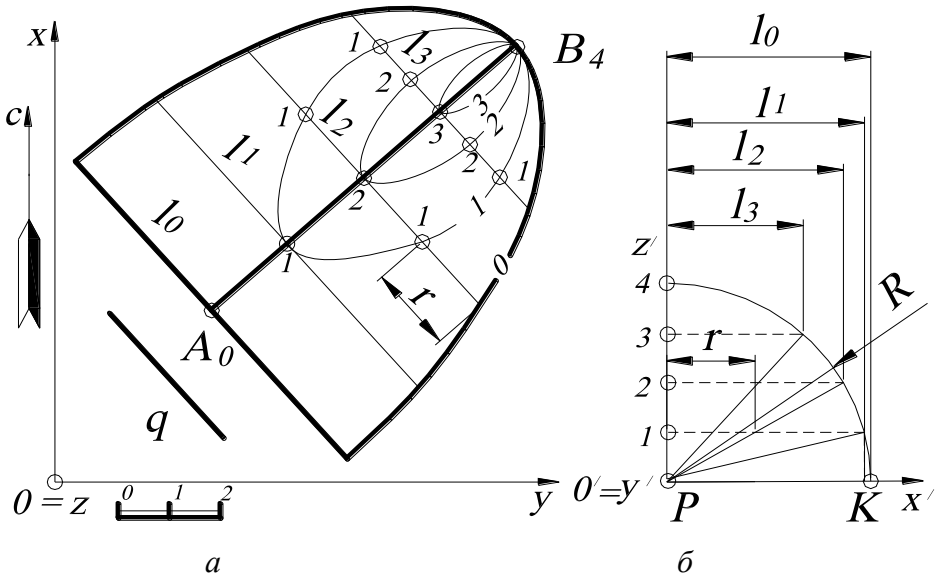


Рис. 71.

4.13. Построить поверхность равнодлинного откоса (частный случай коноида), образующая которой – прямая ***l***, параллельная плоскости параллелизма ***q***. Образующая постоянной длины ***|l|=4*** (по масштабу чертежа) этой поверхности одним концом скользит по направляющей прямой A_0B_4, а другим по горизонтальной плоскости проекций ***H***. Натуральная величина образующей определяется расстоянием от точки B_4 до горизонтальной плоскости проекций ***H***.

Решение (рис. 72). В общем случае поверхность равнодлинного откоса можно представить как поверхность, соприкасающуюся с однопараметрическим множеством прямых круговых конусов с вертикальной осью (вершины этих конусов лежат на направляющей (прямой) A_0B_4, а основания – на горизонтальной плоскости проекций ***H***). Тогда образующую конуса можно



а *б*

Рис. 72.

рассматривать как постоянную образующую поверхности равнодлинного откоса, параллельную плоскости $q \perp H$ (рис. 72, *а*).

Для определения горизонтальных проекций образующих части поверхности равнодлинного откоса проводят окружность (на рис.72, *б* показана часть этой окружности) радиуса $R=4$, равного длине отрезка образующей $PK=l_0$. Рассекают эту окружность отрезками горизонтальных прямых, расстояния между которыми в масштабе чертежа равны единице (линейный масштаб). Длину отрезка PK можно рассматривать как постоянную образующую конусов.

Затем строятся образующие поверхности равнодлинного откоса, проходящие через отметки 0, 1, 2, 3, причём горизонтальные проекции этих образующих на плане перпендикулярны направляющей A_0B_4. В точке с отметкой «4» образующая поверхности будет проецирующей.

Построенные образующие на плане градуируют с интервалом, равным единице, то есть определяют промежуточные высотные отметки, расположенные между концами отрезка образующей. Градуировка осуществляется с помощью переноса соответствующих высотных отметок. Для этого используется сетка горизонтальных сечений на профиле (рис. 72, *б*) (например, расстояние r на образующей l_2 соответствует точке с высотной отметкой 1). Точки с одинаковыми высотными отметками соединяют плавными кривыми линиями, которые являются горизонталями поверхности равнодлинного откоса.

Наглядное изображение этой поверхности представлено на рис. 73.

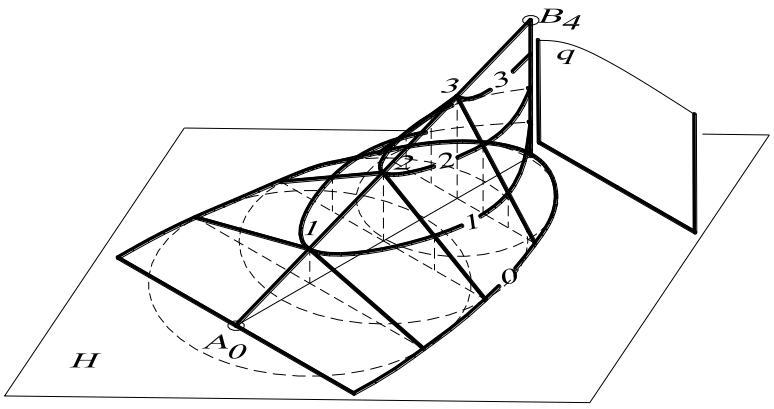


Рис. 73.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

4.1. Определить расстояние от поверхности сферы до прямого кругового конуса. Сфера с центром ***O(50, 60, 70)***, $R_{сферы}$***=25 мм***. Конус с вершиной ***S(20, 30, 80)*** и основанием конуса – окружностью ***R=20 мм***, принадлежащей плоскости проекций ***xOy***.

4.2. Найти на поверхности наклонного конуса с круглым основанием образующие, наклонённые к основной плоскости проекций ***xOy*** под углом 30^0. Конус задан вершиной ***S(110***, ***10***, ***60)*** и основанием – окружностью с центром ***O(35***, ***55***, ***0)*** и радиусом ***R=30 мм***.

4.3. Построить проекцию сферы радиусом ***30 мм***, касательной к горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, к плоскости общего положения $A_{60}B_0C_{30}$ и к вертикальной плоскости, проходящей через *а)* ось ***Ox***, *б)* ось ***Oy***. Проекции точек заданы координатами: ***A(50***, ***45***, ***60)***, ***B(50***, ***105***, ***0)***, ***C(10***, ***75***, ***30)***.

4.4. На отрезке прямой $A_{40}B_{20}$ построить точку $C_?$, удалённую от начала системы координат ***O*** на ***60 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(20***, ***10***, ***40)***, ***B(40***, ***50***, ***20)***.

4.5. Построить проекции конуса вращения с вершиной в точке S_{60}. Отрезок прямой $S_{60}K_{45}$ – одна из образующих конуса. Окружность основания лежит в плоскости $A_{50}B_{30}C_0$. Проекции точек заданы координатами: ***A(10***, ***10***, ***50)***, ***B(65***, ***30***, ***30)***, ***C(10***, ***60***, ***0)***, ***S(35***, ***75***, ***60)***, ***K(55***, ***25***, ***45)***.

4.6. Построить проекцию конуса вращения, лежащего на горизонтальной плоскости проекций и касающегося её по прямой $O_?S_?$. Точка $S_?$ – вершина конуса; угол, который образующая составляет с осью конуса, - 30^0. Радиус окружности основания – ***30 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***O(35***, ***15***, ***?)***, ***S(35***, ***75***, ***?)***.

4.7. Через прямую $A_{45}B_{65}$ провести плоскость ω, касательную к сфере с центром ***O(30***, ***65***, ***35)*** и радиусом ***R=25 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(30***, ***10***, ***45)***, ***B(30***, ***45***, ***65)***.

4.8. Построить проекцию конуса вращения, основание которого принадлежит плоскости $A_{50}B_{30}C_0$, высота ***h=60 мм*** и радиус основания ***R=25 мм***. Центр основания – точка ***O(35***, ***40***, ***20)***. Проекции точек заданы координатами: ***A(10***, ***10***, ***50)***, ***B(65***, ***30***, ***30)***, ***C(10***, ***60***, ***0)***.

4.9. Построить проекцию прямого цилиндра вращения, основание которого принадлежит плоскости $A_{50}B_{30}C_0$, высота ***h=60 мм*** и радиус основания ***R=25 мм***. Центр основания – точка ***O(35***, ***40***, ***20)***. Проекции точек плоскости заданы координатами: ***A(10***, ***10***, ***50)***, ***B(65***, ***30***, ***30)***, ***C(10***, ***60***, ***0)***.

4.10. Построить проекции точек пересечения прямой со сферой, заданной центром ***O(35***, ***55***, ***30)*** и радиусом ***R= 30 мм***. Прямая задана проекциями точек: *а)* ***A(15***, ***20***, ***15)***, ***B(15***, ***90***, ***15)***, *б)* ***C(20***, ***40***, ***70)***, ***D(20***, ***40***, ***0)***, *в)* ***F(70***, ***45***, ***60)***, ***E(25***, ***95***, ***20)***.

4.11. Построить проекции точек пересечения прямой с прямым конусом вращения, заданным вершиной ***S(35***, ***50***, ***50)***, окружностью основания с центром ***O(35***, ***50***, ***0)*** и радиусом ***R=30 мм***, лежащей в горизонтальной плоскости проекций ***xOy***. Прямая задана проекциями точек: *а)* ***A(15***, ***20***, ***15)***, ***B(15***, ***90***, ***15)***, *б)* ***C(20***, ***40***, ***70)***, ***D(20***, ***40***, ***0)***, *в)* ***F(65***, ***20***, ***40)***, ***E(35***, ***85***, ***10)***.

4.12. Через прямую $A_{40}B_{60}$ провести плоскость ω, пересекающую прямой конус вращения по параболе. Конус вращения задан вершиной ***S(55***, ***60***, ***60)*** и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(55***, ***60***, ***0)*** и радиусом ***R=45 мм***. Прямая задана проекциями точек: ***A(10***, ***5***, ***40)***, ***B(55***, ***30***, ***60)***.

4.13. Построить сечение прямого конуса вращения плоскостью, которая проходит через прямую ***KM*** и перпендикулярна к образующим этого конуса. Конус вращения задан вершиной ***S(55***, ***60***, ***60)*** и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(55***, ***60***, ***0)*** и радиусом ***R=45 мм***. Найти натуральную величину сечения. Координаты точек – ***K(80***, ***35***, ***40)***, ***M(20***, ***15***, ***40)***.

4.14. Построить сечение прямого конуса вращения плоскостью, которая проходит через прямую ***KM*** и параллельна образующим этого конуса. Конус вращения задан вершиной ***S(55***, ***60***, ***60)*** и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(55***, ***60***, ***0)*** и радиусом ***R=45 мм***. Найти натуральную величину сечения. Координаты точек – ***K(65***, ***50***, ***0)***, ***M(0***, ***50***, ***0)***.

4.15. Построить сечение прямого конуса вращения плоскостью, проходящей через отрезок прямой ***KE*** и наклонённой к горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** под углом 75^0. Конус вращения задан вершиной ***S(55***, ***60***, ***60)*** и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(55***, ***60***, ***0)*** и радиусом ***R=45 мм***. Найти натуральную величину сечения. Координаты точек – ***K(65***, ***50***, ***55)***, ***E(0***, ***50***, ***55)***.

4.16. Построить сечение наклонного цилиндра плоскостью, проходящей через точку ***A(35***, ***85***, ***80)*** и перпендикулярной к образующим данного цилиндра. Цилиндр задан осью $O_0O'_{80}$ и основанием – окружностью, лежащей в горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(35***, ***105***, ***0)*** и радиусом ***R=25 мм***. Проекция точки $O'(35, 25, 80)$. Найти натуральную величину сечения.

5. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

5.1. Найти высотную отметку точки $A_?$, принадлежащую топографической поверхности.

Решение (рис. 74). Через точку $A_?$ на плане проводят линию ската $I_{90}II_{80}$, являющуюся прямой перепада высот, которую затем градуируют. Для этого из точки I_{90} проводят отрезок прямой $I_{90}II'$ под произвольным углом α и откладывают на нём от точки I_{90} разницу высотных отметок, выбрав единичный масштаб (см. задачу 1.1). Произвольный отрезок $I_{90}II'$, на котором откладывают разницу числовых отметок точек, называют шкалой масштабов. Соединяют полученную точку II' с точкой II_{80} . Затем с помощью подобных треугольников находят точку A', то есть проводят прямую из искомой точки A, параллельную отрезку прямой $II_{80}II'$. Далее по шкале масштабов определяют высотную отметку точки A на прямой $I_{90}II'$. Таким образом, высотная отметка точки A соответствует 84. С помощью вышеописанного построения можно строить промежуточные изогипсы.

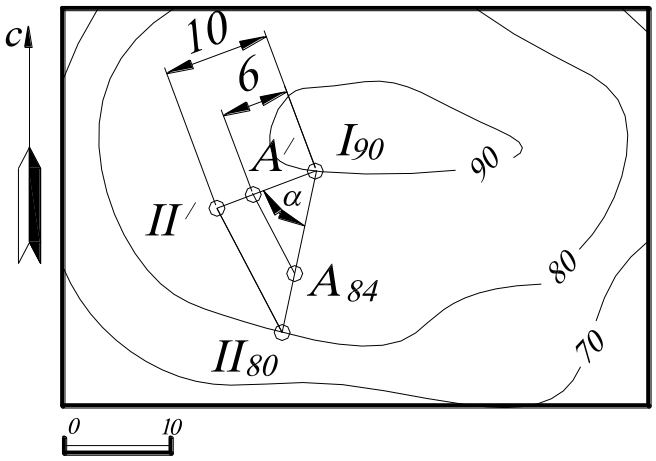


Рис. 74.

5.2. Построить линию пересечения топографической поверхности и плоскости.

Решение. При пересечении топографической поверхности плоскостью возможны три варианта.

1. Плоскость занимает проецирующее положение.

В этом случае проекция линии пересечения совпадает со следом плоскости (так как плоскость проецирующая), а линия пересечения будет иметь высотные

отметки, совпадающие с высотными отметками изогипс. Линию пересечения строят на профиле (в геологии такие сечения называют геологическими вертикальными разрезами). На рис. 75 показано построение линии пересечения проецирующей плоскости с топографической поверхностью.

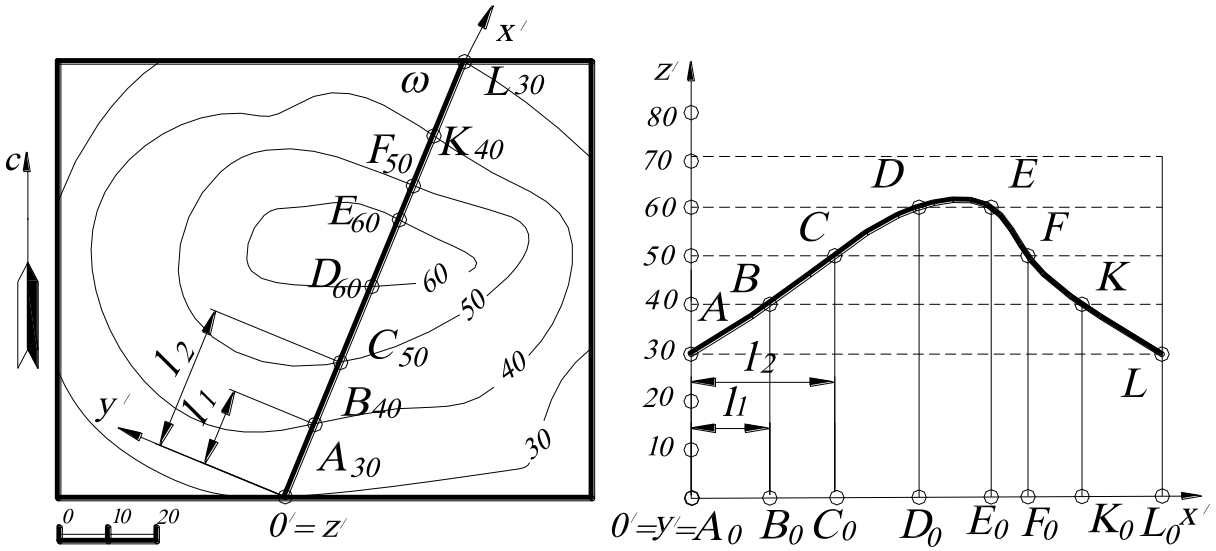


Рис. 75.

Построение осуществляется следующим образом. На плане задают новую систему координат $O'x'y'z'$, совпадающую с проекцией проецирующей плоскости ω, и находят точки пересечения с изогипсами A_{30}, B_{40}, C_{50}, D_{60}, E_{60}, F_{50}, K_{40}, L_{30}, имеющие одинаковые высотные отметки. На профиле по оси x' откладывают заложения этих точек l_1, l_2,… (на рис.75 показаны только два, остальные строятся аналогично) и получают основания точек A_0, B_0, C_0, D_0, E_0, F_0, K_0, L_0 (или проекции на основную плоскость проекций), которые затем поднимают по перпендикулярам на соответствующие высотные отметки и соединяют плавной кривой линией.

2. Плоскость занимает горизонтальное положение.

Найти линию пересечения заданной топографической поверхности горизонтальной плоскостью H_{82} (рис. 76). Нахождение линии пересечения топографической поверхности с горизонтальной плоскостью сводится к нахождению изогипсы, так как все изогипсы получаются в результате пересечения заданного

рельефа горизонтальными плоскостями. Однако если горизонтальная плоскость имеет числовую отметку, отличную от высоты заданного сечения топографической поверхности, то в этом случае необходимо найти изогипсу с промежуточной числовой отметкой.

Для определения на плане горизонтальной плоскости, проходящей через высотную отметку ***82***, необходимо построить изогипсу с отметкой ***82***. Для этого между изогипсами ***80*** и ***90*** строят ряд линий ската, считая, что перепад высот носит линейный характер. С помощью градуирования находят на этих линиях ската числовые отметки ***82*** (см. задачу 5.1) и, соединив последовательно полученные точки кривой линией, получают искомую изогипсу, которая называется промежуточной. Эта изогипса будет определять линию пересечения горизонтальной плоскости H_{82} с заданной топографической поверхностью.

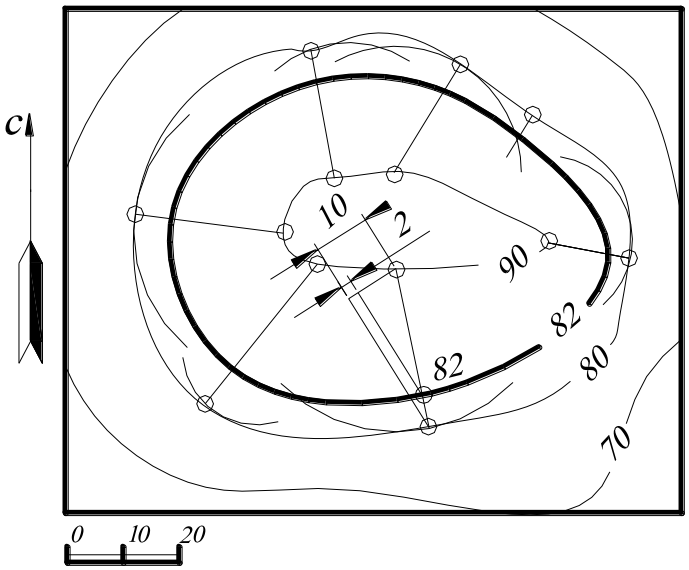


Рис. 76.

3. Плоскость занимает общее положение.

Для искомой линии пересечения заданных поверхностей (топографической поверхности и плоскости) необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежали бы заданным поверхностям.

Для нахождения общих точек необходимо в заданной плоскости построить горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс заданной топографической поверхности (рис. 77). Линии (горизонтали плоскости и изогипсы топографической поверхности) с одинаковыми высотными отметками в пересечении дадут общие точки, так как они лежат в одних горизонтальных

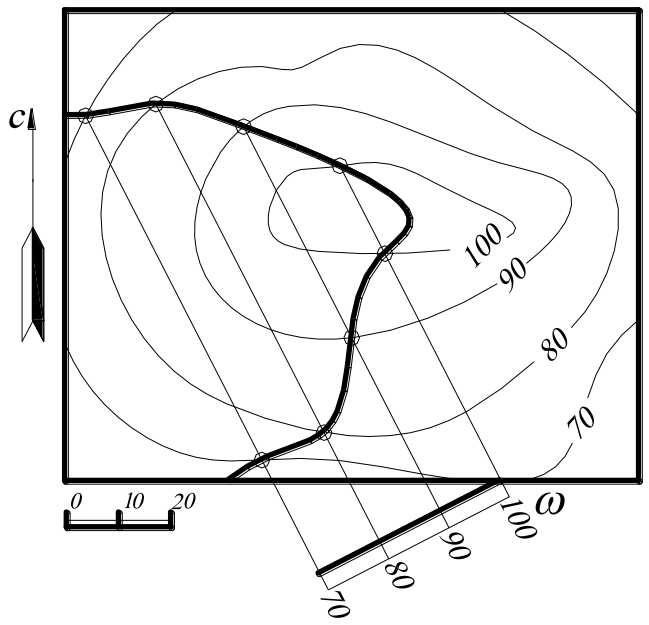


Рис. 77.

наковые высотные отметки, то есть с помощью горизонтальных вспомогательных плоскостей.

Однако иногда приходится применять и другие вспомогательные плоскости. Так, в случае рис. 78 точки ***A***, ***B*** и ***D*** построены с помощью горизонтальных плоскостей с отметками ***55*** и ***65*** (то есть промежуточных горизонталей плоскости P_i и промежуточных изогипс топографической поверхности). Горизонтали плоскости и поверхности с этими отметками начерчены штриховыми линиями. На плоскости их можно построить точно, а на поверхности их строят приближенно.

плоскостях. Затем найденные точки соединяют плавной кривой линией, которая будет являться пересечением плоскости с топографической поверхностью.

Линия пересечения топографической поверхности с плоскостью и любой другой поверхностью строится, вообще говоря, по точкам пересечения их одноимённых горизонталей, имеющих оди-

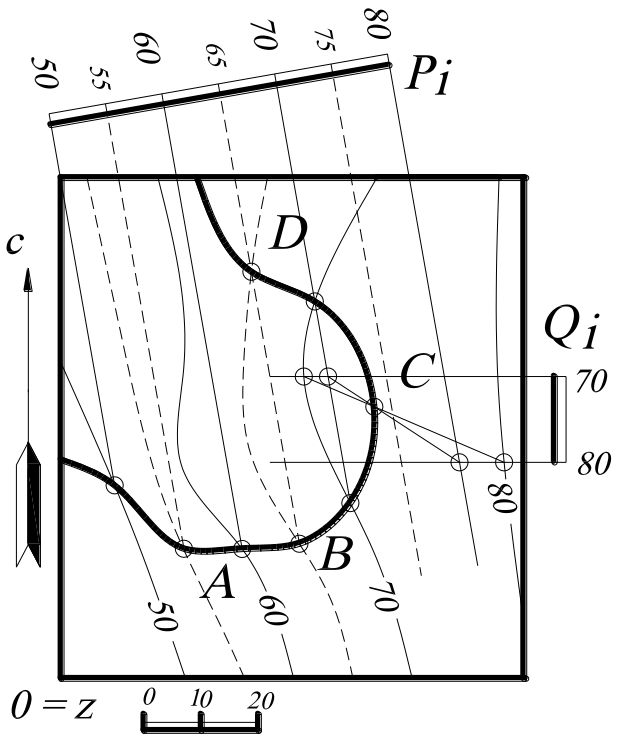


Рис. 78.

Точка ***C*** построена с помощью плоскости общего положения Q_i. Топографическую поверхность в окрестности этих точек считают плоскостью, а её горизонтали – параллельными прямыми; при этом линии её пересечения со вспомога-

тельными плоскостями – прямые. Другими словами, находят сначала пересечение плоскости Q_i с топографической поверхностью и с заданной плоскостью P_i (отрезки прямых), а затем пересечение этих отрезков – точка D.

5.3. Найти точки пересечения заданной топографической поверхности с прямой $A_{70}B_{40}$.

Решение. Для нахождения точек (точки) пересечения топографической поверхности и прямой пользуются следующим ***алгоритмом***.

1. Через заданную прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник. Таких плоскостей можно провести пучок ∞^1.

2. Находят линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника с заданной топографической поверхностью.

3. Искомые точки будут находиться на пересечении заданной прямой с найденной линией пересечения.

4. Определяется видимость на чертеже.

Рассмотрим применение этого алгоритма на конкретном примере (рис. 79).

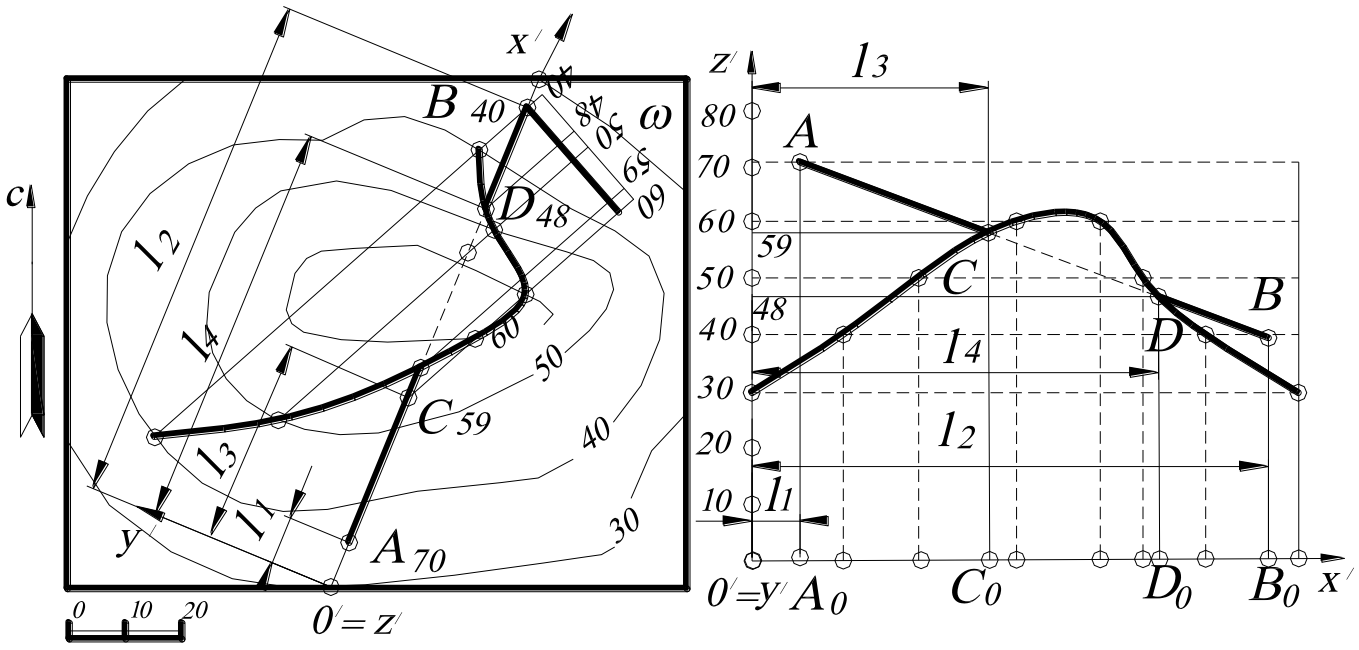


Рис. 79.

1. Через отрезок прямой $A_{70}B_{40}$ на плане проводят вспомогательную плоскость-посредник ω.

2. Находят линию пересечения этой плоскости-посредника ω с топографической поверхностью. Для этого градуируют прямую $A_{70}B_{40}$ и проводят горизонтали вспомогательной плоскости-посредника. Затем находят общие точки горизонталей ω и изогипс топографической поверхности, соединяя их последовательно плавной линией.

3. Находят точки пересечения C и D прямой $A_{70}B_{40}$ и построенной кривой линии и определяют их высотные отметки C_{59}, D_{48}.

4. Определяют видимость прямой $A_{70}B_{40}$ по конкурирующим точкам.

5.4. Построить линию пересечения топографической поверхности с усечённой пирамидой (в реальной ситуации с котлованом), уклоны боковых граней которой к горизонтальному основанию с числовой отметкой ***3***: ***i=1:1*** – с севера и юга и ***i=1:1,5*** – запада и востока.

Решение (рис. 80). Строят горизонтали западной и восточной граней пирамиды с интервалом ***1,5 м***, то есть полторы единицы линейного масштаба (см. п. 2.4), а севера и юга – ***1 м*** (одна единица линейного масштаба). Прямые пересечения смежных граней (рёбра пирамиды) проходят через точки пересечения одноимённых горизонталей этих граней. Линия пересечения поверхностей определяется как линия, соединяющая точки пересечения изогипс топографической поверхности и горизонталей граней пирамиды с одинаковыми высотными отметками. Видимость определяется по конкурирующим точкам, принадлежащим рёбру пирамиды и изогипсе. Например, точки A_5 и B_4 принадлежат обеим поверхностям, проекции которых совпадают. Если точка A_5 принадлежит топографической поверхности, а точка B_4 – поверхности пирамиды, при этом точка A_5 находится выше, то это означает, что топографическая поверхность является видимой. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

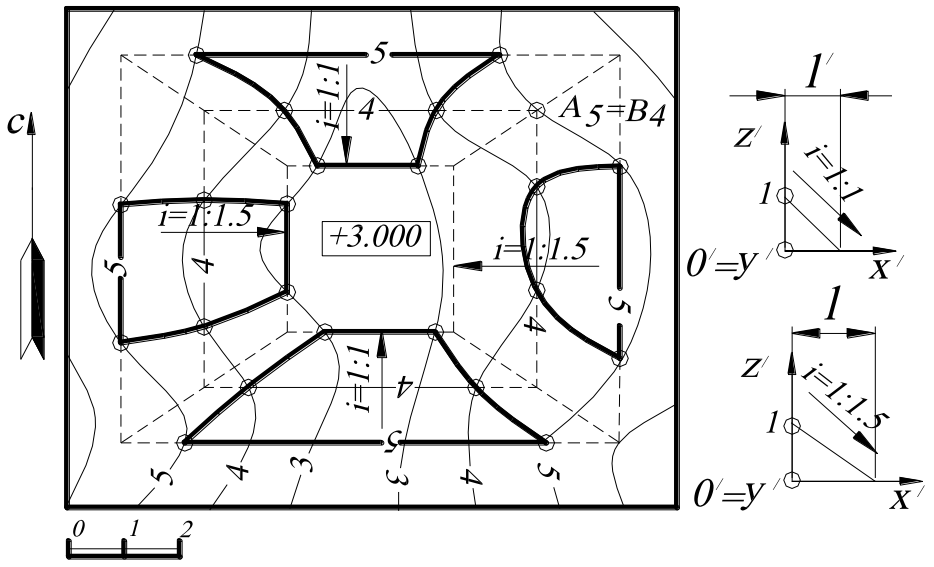


Рис. 80.

5.5. Найти линию пересечения топографической поверхности с коническим котлованом, угол падения образующих которого равен 45^0. Дно котлована - окружность с числовой отметкой ***3***.

Решение (рис. 81). На конической поверхности (котловане) строят горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс топографической поверхности. Для этого на профиле определяют интервал горизонталей конуса ***l***. Находят точки пересечения линий, имеющих одинаковые высотные отметки и, последовательно соединив эти точки плавной кривой, получают искомую линию пересечения. Видимость поверхностей определяется исходя из условия конкурирующих точек, принадлежащих обеим поверхностям, проекции которых совпадают,

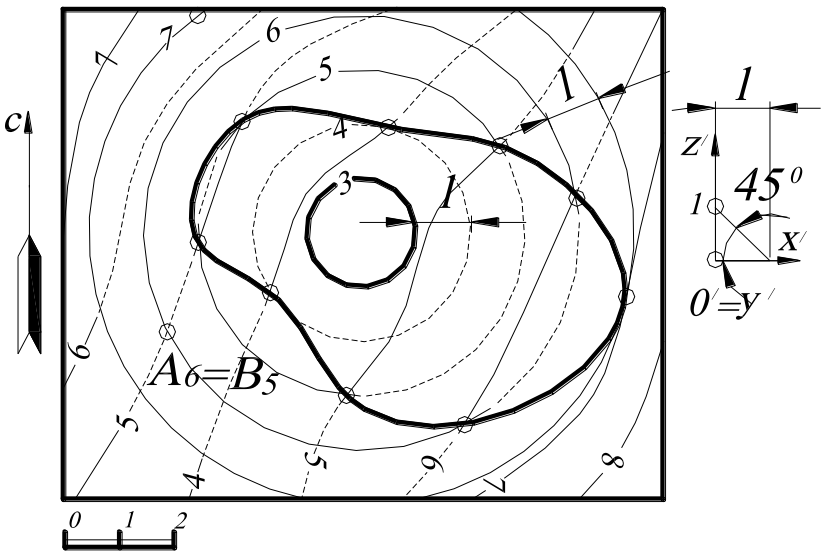
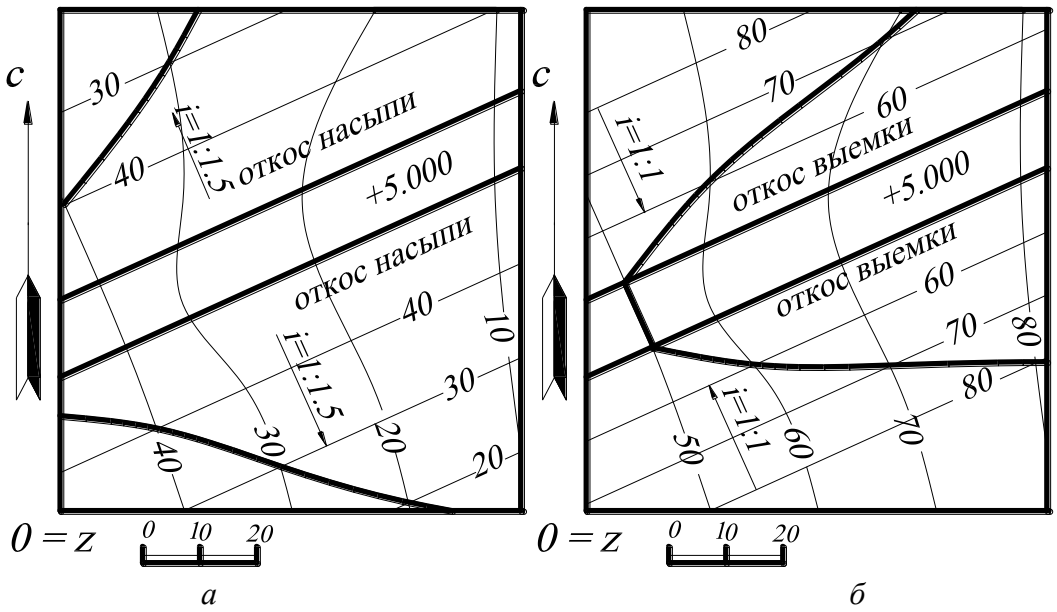


Рис. 81.

например A_6 и B_5. Другими словами, если точка A_6 принадлежит поверхности конуса, а точка B_5 - топографической поверхности, при этом точка A_6 находится выше, то это означает, что конус является видимым. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

5.6. Построить откосы и найти их пересечение с топографической поверхностью: а) насыпи прямолинейного горизонтального участка дороги с отметкой ***5***; уклон насыпи ***i=1:1,5***; б) выемки прямолинейного участка дороги с отметкой ***5***; уклон выемки ***i=1:1*** (рис. 82, *а*, *б*).

Решение. Сначала строят плоскости откосов (построение уклона, см. задачу 1.9), которые задаются горизонталями: а) интервал горизонталей на откосах насыпи – ***1,5*** (то есть полторы единицы линейного масштаба); б) интервал на откосах выемки – ***1*** (одна единица линейного масштаба. Затем находят общие точки построенных горизонталей и изогипс топографической поверхности.

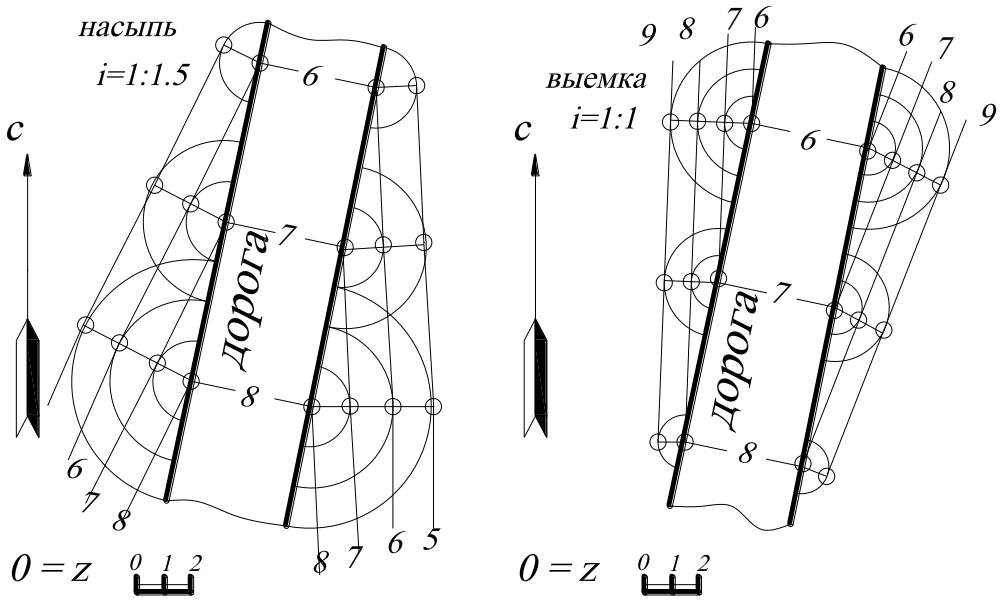


а *б*

Рис. 82.

5.7. Построить: а) откосы насыпи прямолинейного наклонного участка дороги. Уклон насыпи ***i=1:1.5***; б) откосы выемки прямолинейного наклонного участка дороги. Уклон выемки ***i=1:1***.

Решение (рис. 83, *а*, *б*). Каждую точку на бровке дороги с целой отметкой (можно и с дробной) принимают за вершину конуса, уклон образующих которого равен заданному уклону откоса. Искомая плоскость откоса касается всех этих конусов (достаточно построить только один из них). Интервал на откосах насыпи –***1,5*** (полторы единицы линейного масштаба), выемки – ***1*** (единица линейного масштаба).



а *б*

Рис. 83.

5.8. Построить откосы: а) насыпи криволинейного горизонтального участка дороги с отметкой ***5***. Ось дороги и её бровки – концентрические окружности. Уклон насыпи ***i=1:1.5***; б) выемки криволинейного горизонтального участка дороги с отметкой ***5***. Ось дороги и её бровки – концентрические окружности. Уклон выемки ***i = 1:1***.

Решение (рис. 84, *а*, *б*). Горизонтали откосов – концентрические окружности. Разность радиусов соседних горизонталей равна ***1,5*** на откосах насыпи (полторы единицы линейного масштаба) и ***1*** (единица линейного масштаба) – на откосах выемки. Поверхности откосов – конусы вращения с общей осью, но различными вершинами. На насыпи вершина западного откоса выше дороги, а во-

сточного ниже, а в выемке – наоборот. В том случае, если ось дороги и её бровки не являются концентрическими окружностями, то построения выполняются иначе.

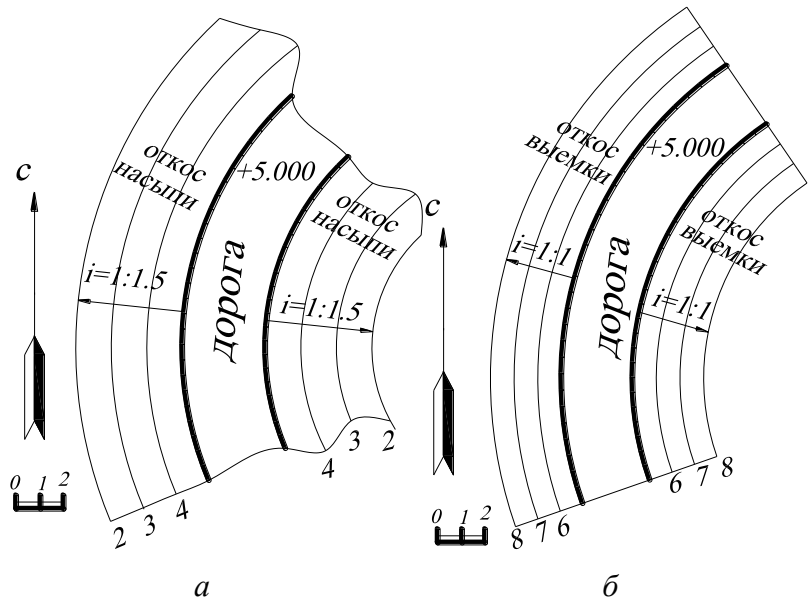


Рис. 84.

Строят конусы с вершинами на бровке дороги и с заданным уклоном образующих, а затем проводят касательные к одноимённым горизонталям этих конусов. Другими словами, поверхность откоса касается всех этих конусов, то есть является их огибающей. Здесь недостаточно построить только один из этих конусов, как в задаче 5.7, наоборот, чем больше построено конусов, тем точнее можно построить огибающие.

5.9. Задана часть топографической поверхности и градуированная ось - дорога заданной ширины. Построить границы откосов насыпи с уклоном ***i=1:1***.

Решение (рис. 85). Плоскость дороги состоит из двух участков: слева - прямолинейного участка с отметкой *7*, а справа - наклонного ***7-10***, имеющего уклон ***1:4*** (то есть интервал между горизонталями равен четыре единицы линейного масштаба).

Вначале строят плоскости откосов дороги, задавая их горизонталями. Горизонтали откосов левого участка дороги расположены на расстоянии интервала - ***1*** (то есть одна единица линейного масштаба). Для построения горизонталей откосов правого участка дороги каждую точку на бровке дороги с целой отметкой (можно и с дробной) принимают за вершину конуса, уклон образующих ко-

торого равен заданному уклону откоса ***1:1***. Следовательно, интервал конуса равен ***1*** (то есть единице линейного масштаба). Искомая плоскость откоса касается всех этих конусов (достаточно построить только один из них), то есть горизонтали этой плоскости касаются горизонталей конусов – концентрических окружностей.

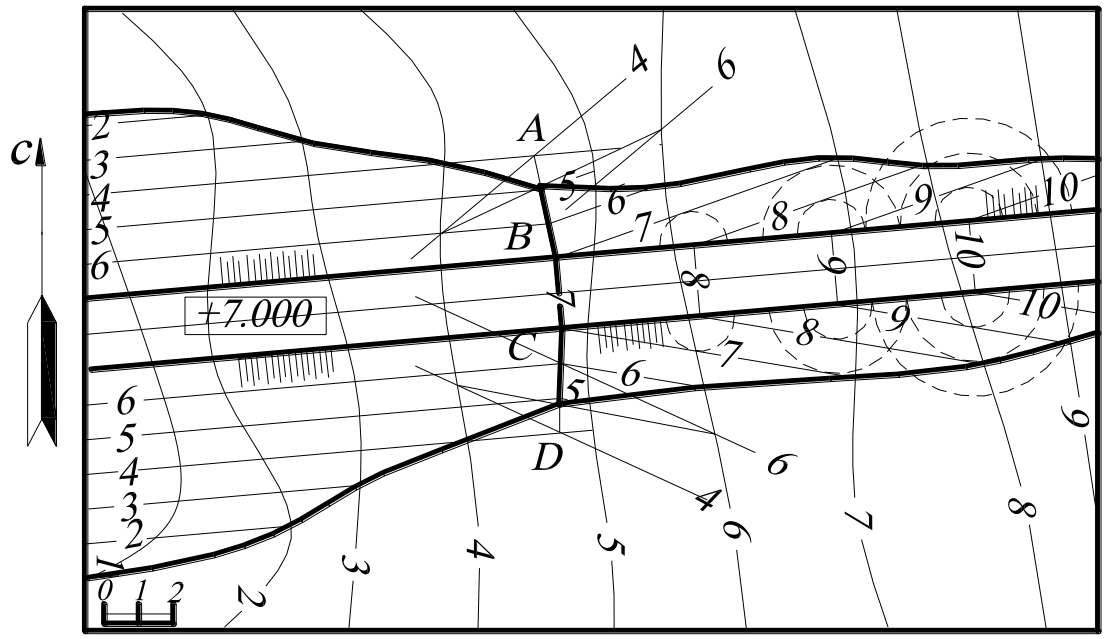


Рис. 85.

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом, которые пересекаются по прямым ***AB*** и ***CD*** (точки ***A*** и ***D*** – точки пересечения этих прямых с топографической поверхностью). Точки пересечения прямых ***AB*** и ***CD*** с топографической поверхностью определяются с помощью вспомогательных плоскостей общего положения, а именно, например, через прямую ***AB*** проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_4 и h_6) и находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***AB*** будет являться искомой точкой – точкой пересечения прямой ***AB*** и топографической поверхности. Затем по точкам пересечения одноимённых горизонталей находят границы всех откосов.

После определения границ всех откосов на каждом из них чертят так называемые *берг-штрихи* (параллельные длинные и короткие черточки), которые показывают направление стока воды по откосу. Они начинаются от верхнего края откоса и направлены по линиям наибольшего ската, то есть перпендикулярно его горизонталям; на коническом откосе они проходят через вершину конуса (см. ГОСТ 21.108 – 78 «Условные графические изображения и обозначения на чертежах генеральных планов и транспорта»).

5.10. Задан план местности в горизонталях и проектируемой на этом участке местности горизонтальной площадки на отметке ***7 м*** и прямолинейного плоского въезда на неё (рис. 86). Площадка имеет форму прямоугольника с примыкающим к нему полукругом. Уклоны всех откосов ***i=1:1***. В зоне выемки к площадке должна примыкать канава для стока воды (кювет) шириной ***1 м***; отметка внешнего края канавы равна отметке её внутреннего края, то есть ***7 м***.

Выделенную на чертеже ***7***-ю горизонталь топографической поверхности называют линией нулевых работ – она отделяет зону выемки (на востоке) от зоны насыпи (на западе).

Вначале строятся горизонтали откосов насыпи и выемки. Откосы насыпи, примыкающие к прямолинейным краям площадки, и откосы выемки, примыкающие к прямолинейным внешним краям канавы, – это плоскости, горизонтали которых параллельны этим краям (которые являются ***7***-ми горизонталями этих откосов и идут через ***1 м***).

Откосы насыпи и выемки, граничащие с круглыми краями площадки и канавы, имеют форму конусов вращения, а их горизонтали на плане - концентрические окружности, разность радиусов (интервал) которых ***1 м*** (так как уклон равен ***1:1***).

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом и всех откосов с землёй – в основном по точкам пересечения одноимённых горизонталей. Для точного определения точек ***A***, ***D***, ***C***, ***E*** применяют вспомогательные

плоскости общего положения. Например, для нахождения точки ***A*** через прямую ***m*** проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_2 и h_3), находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***m*** будет

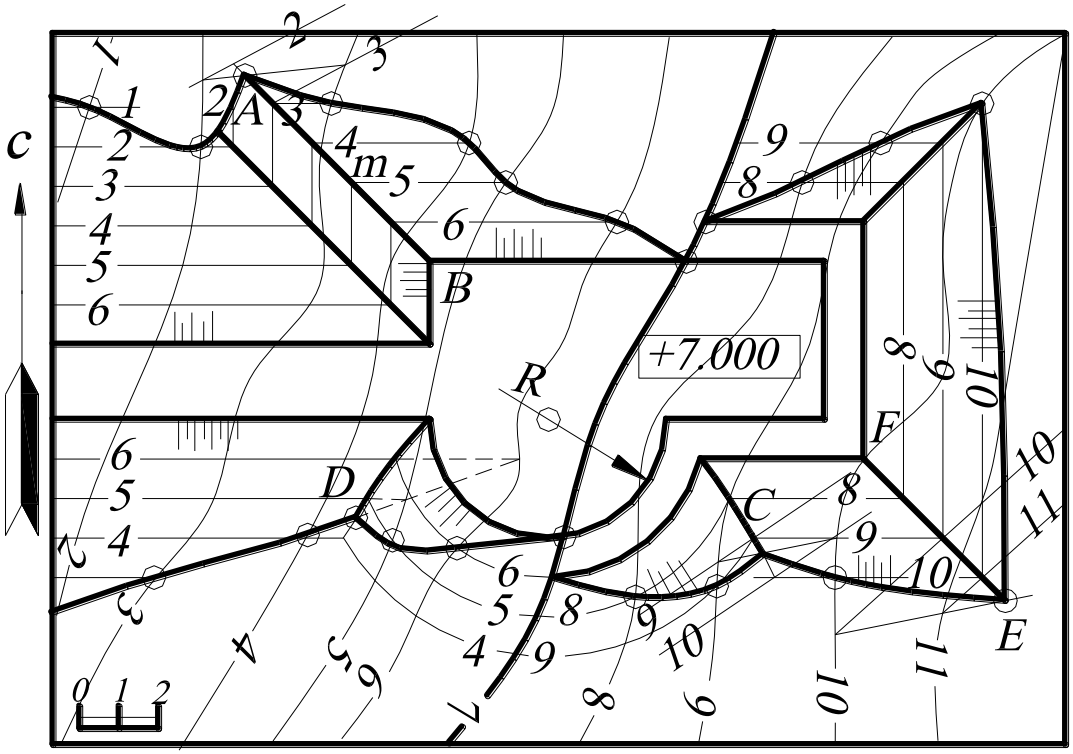


Рис. 86.

являться искомой точкой ***A*** – точкой пересечения прямой ***m*** и топографической поверхности.

Линия пересечения плоского и конического откосов насыпи и выемки - парабола, поскольку плоскость и конус имеют одинаковый уклон (интервал), то есть плоскость параллельна одной образующей конуса (см. «Конические сечения»).

Линия пересечения двух откосов друг с другом и две линии пересечения этих откосов с землёй сходятся в одной точке – общей точке этих трёх поверхностей. После определения границ всех откосов на каждом из них чертят берг-штрихи.

На рис. 87 коническая поверхность задана уклоном ***i=1:2***, а плоскость P_i - уклоном ***i=1:3.5***, то есть плоскость P_i имеет меньший уклон, чем коническая поверхность. В этом случае плоскость P_i пересекает все образующие конической поверхности, следовательно, в сечении получается эллипс.

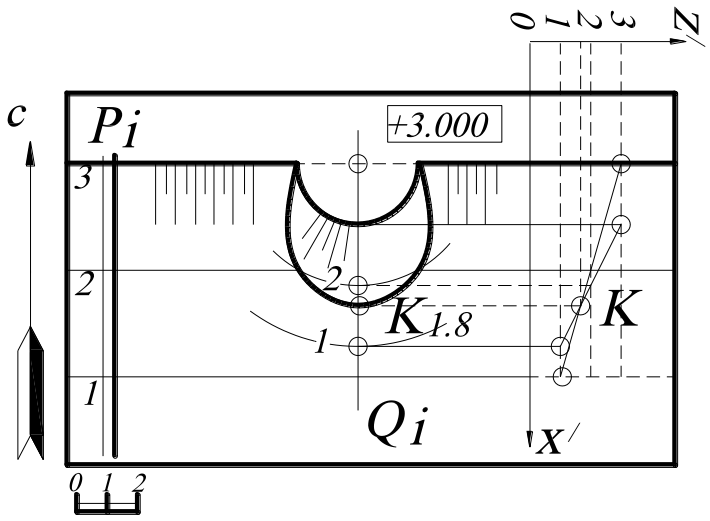


Рис. 87.

Линию пересечения конической поверхности с плоскостью P_i определяют точки пересечения их горизонталей с одинаковыми числовыми отметками. Нижняя точка эллипса $K_{1.8}$ (точка принадлежащая оси эллипса) определена с помощью сечения горизонтально проецирующей плоскости Q_i. В сечении этой плоскостью показаны профиль плоскости P_i и конической поверхности. Точка их пересечения K определяет положение и числовую отметку точки $K_{1.8}$.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

5.1. Построить пересечение топографической поверхности с двумя параллельными плоскостями $\omega(A_{10}B_{70}C_{40})$ и θ, кратчайшее расстояние между которыми равно ***15 мм***. Плоскость $\omega(A_{10}B_{70}C_{40})$ находится выше плоскости θ. Построить вертикальный разрез в крест

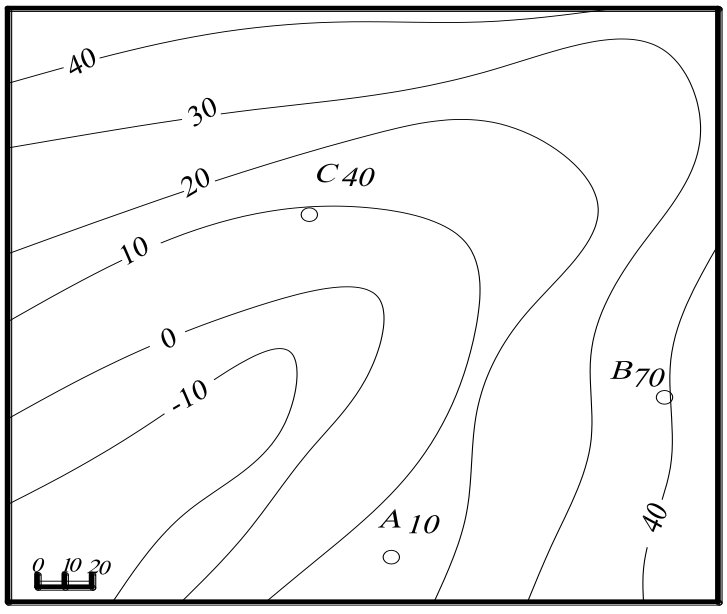


Рис. 88.

простирания, проходящий через точку C_{40}, и построить срез по горизонту ***13*** (рис. 88).

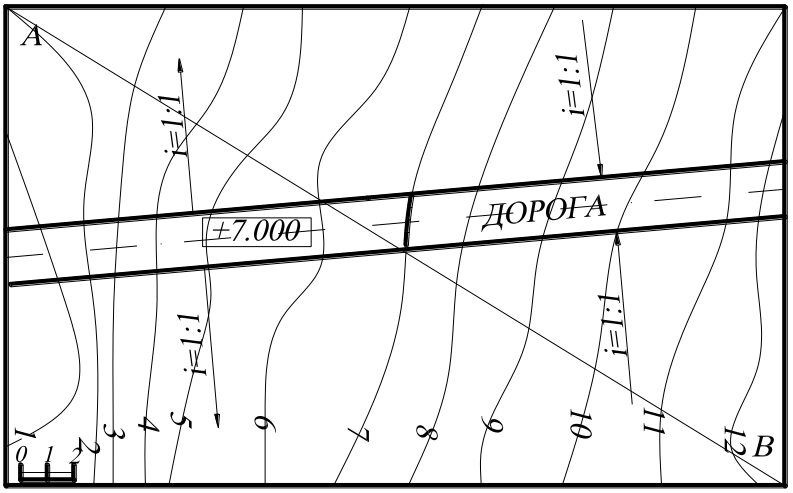


Рис. 89.

5.2. Определить линию пересечения откосов дороги (плоскости) с топографической поверхностью. Построить вертикальный разрез по линии ***A*** – ***B*** (рис. 89).

5.3. Найти линию пересечения топографической и конической поверхностей. Построить вертикальный разрез, проходящий по линии ***A*** – ***B*** (рис. 90).

5.4. Построить линию пересечения топографической и цилиндрической поверхностей (рис. 91).

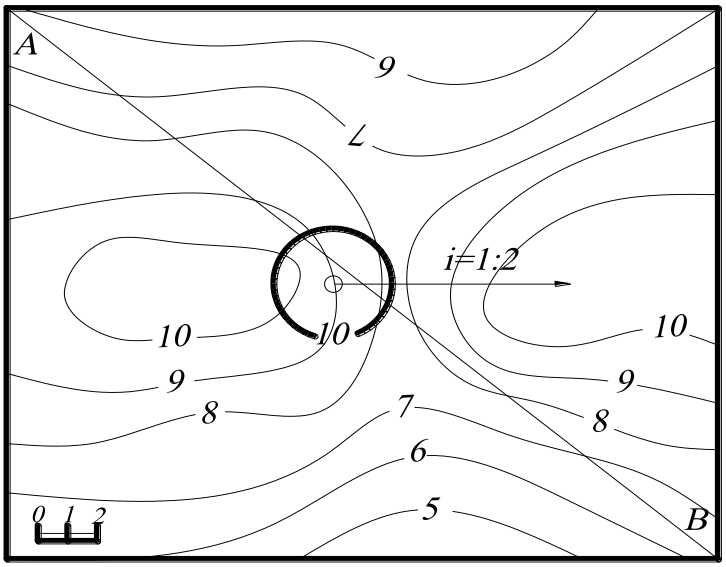
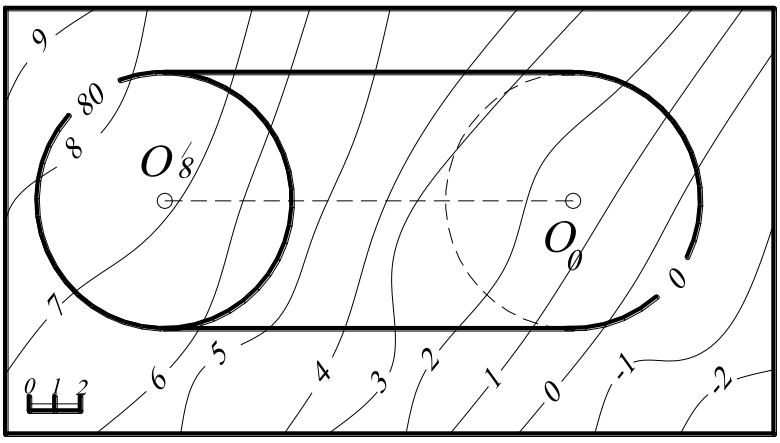


Рис. 90.



5.5. Задан план участка местности и проектируемой на этом участке горизонтальной площадки с отметкой ***8***. Построить границы откосов с заданными уклонами (рис. 92).

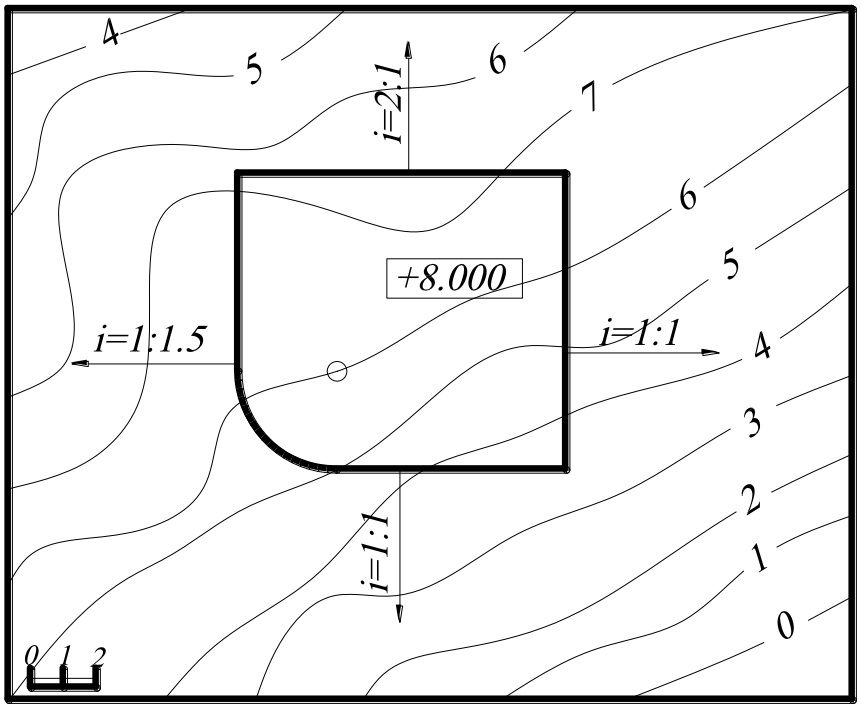


Рис. 92.

6. РАЗВЁРТКИ

6.1. Построить развертку поверхности треугольной призмы способом нормального сечения.

Решение (рис. 93). Проводят плоскость ***n*** перпендикулярно к боковым ребрам призмы в любом удобном месте. Для этого используют метод замены плоскостей проекций.

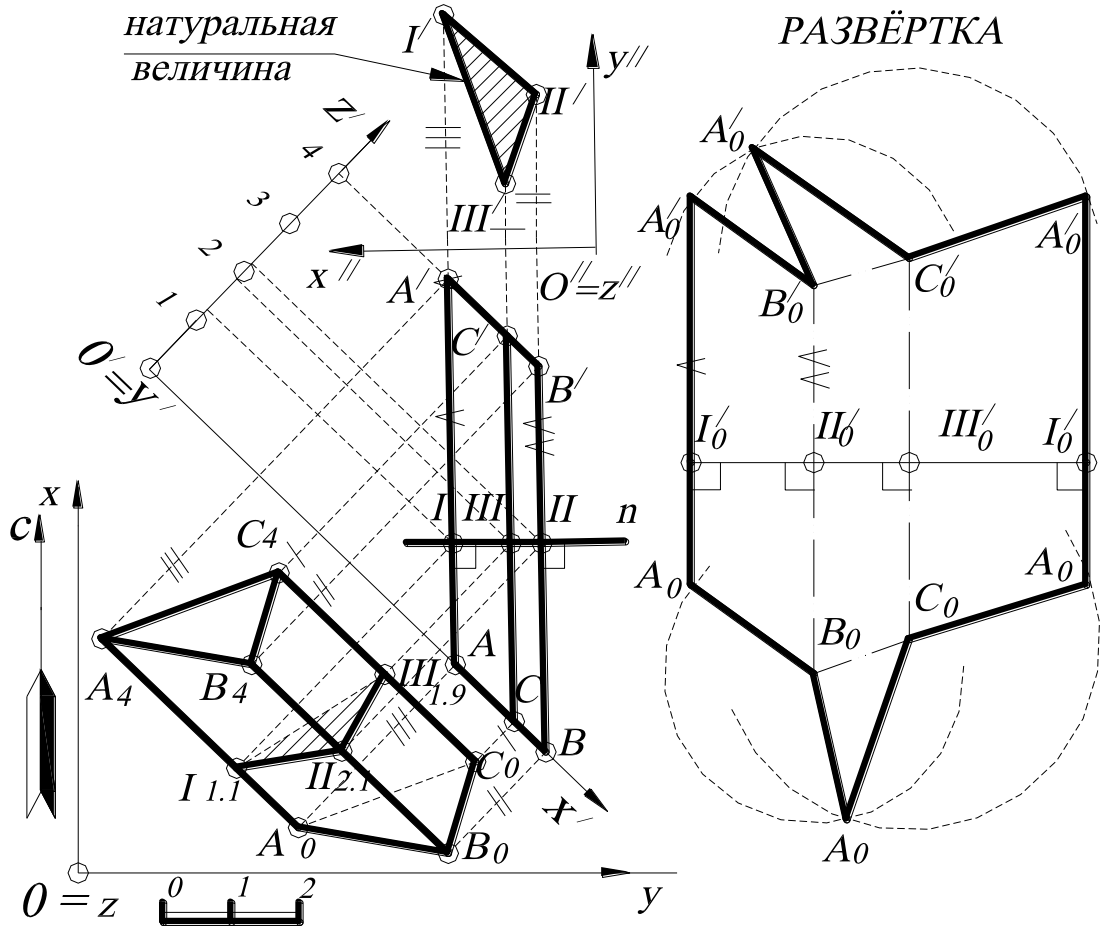


Рис. 93.

Находят натуральную величину нормального сечения методом двойной замены плоскостей проекций (***I′ II′ III′*** – натуральная величина нормального сечения). Полученную ломаную линию натуральной величины нормального сечения ***I′ II′ III′ I′*** разворачивают в прямую линию, которая на рис. 93 обозначена ***I′0 II′0 III′0***. Через точки ***I′0***, ***II′0***, ***III′0***, и ***I′0*** проводят вертикальные линии и откладывают

на них натуральную величину рёбер (перпендикулярно вверх и вниз от нормального сечения) до верхнего и нижнего оснований призмы соответственно, в данном случае взятые с профиля (так как плоскость профиля параллельна проекциям рёбер). Получают точки A_0, B_0, C_0 и A'_0, B'_0 и C'_0, при этом длины рёбер $IA=I'_0A_0$, $IA'=I'_0A'_0$; $IIB=II'_0B_0$, $IIB'=II'_0B'_0$; $IIIC=III'_0C_0$, $IIIC'=III'_0C'_0$. Найденные точки A_0, B_0, C_0 (снизу) и A'_0, B'_0 и C'_0 (сверху) последовательно соединяют ломаной линией и получают развертку боковой поверхности призмы. Затем пристраивают натуральные величины фигур верхнего и нижнего оснований методом засечек. В данном примере основания призмы являются натуральными величинами, так как нижнее основание призмы принадлежит горизонтальной плоскости проекций xOy, а верхнее основание параллельно ей. Линии сгиба на развертке изображаем штрихпунктирной линией с двумя точками.

6.2. Построить развёртку призмы способом раскатки

Решение (рис. 94). В данном случае ребра призмы занимают положение горизонталей. Вращаем призму последовательно вокруг прямых C_0D_0, B_2E_2, A_0F_0. При этом точки – вершины призмы перемещаются в плоскостях, перпендикулярных боковым ребрам.

Определив натуральную величину отрезков A_0B_2, B_2C_0, F_0E_2, E_2D_0 способом прямоугольного треугольника (для того чтобы не затемнять чертеж, построение натуральной величины выполнено на отдельном поле чертежа), находят положение точек B, A, C, D, F, E. Натуральные величины оснований были построены для проверки точности решения задачи, так как боковые ребра параллельны между собой. Последовательно соединив найденные точки, получаем развертку боковой поверхности призмы. На рис. 94 показано также построение на развёртке точки $K_{0.5}$, лежащей на видимой грани призмы $B_2C_0D_0E_2$, основанное на свойстве принадлежности точки плоскости. Следовательно, через точку $K_{0.5}$ проводят прямую, принадлежащую грани $B_2C_0D_0E_2$, и переносят эту прямую на развёртку, перемещая точку $K_{0.5}$.

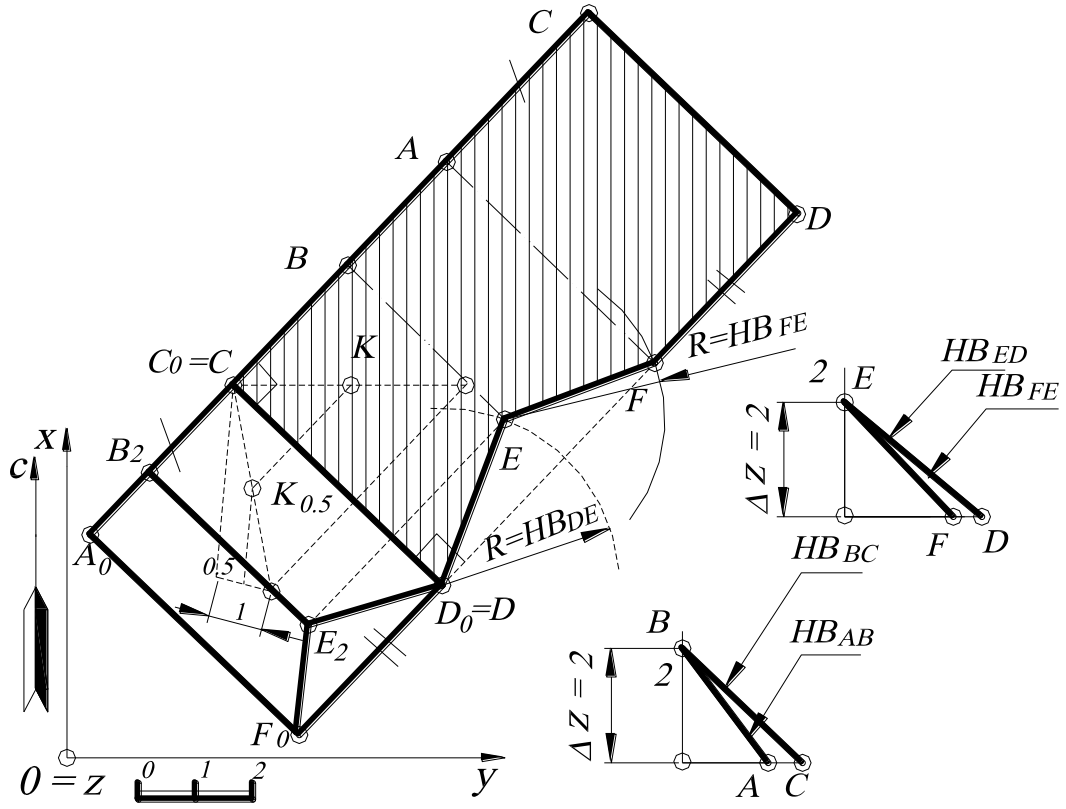


Рис. 94.

6.3. Построить развертку пирамиды $S_4A_0B_0C_0D_0$.

Решение (рис. 95). Разбивают диагональю A_0C_0 основание пирамиды $A_0B_0C_0D_0$. Определяют натуральные величины граней пирамиды. Натуральная величина основания пирамиды $A_0B_0C_0D_0$ совпадает с ее проекцией, так как принадлежит плоскости ***xOy***. Для нахождения натуральных величин боковых рёбер пирамиды используют способ вращения вокруг проецирующей прямой (на рис. 93 это отрезок прямой S_0O_0). Поворачивая все боковые рёбра пирамиды и совмещая их с проецирующей плоскостью ω, строят профиль, плоскость которого параллельна плоскости ω. Натуральные величины рёбер - $|SA|$, $|SB|$, $|SC|$, $|SD|$ - находят на профиле, откладывая соответствующие числовые отметки.

На свободном поле чертежа последовательно совмещают все натуральные величины треугольников методом засечек, получая развертку пирамиды. Линии сгиба вычерчивают штрихпунктирной линией с двумя точками.

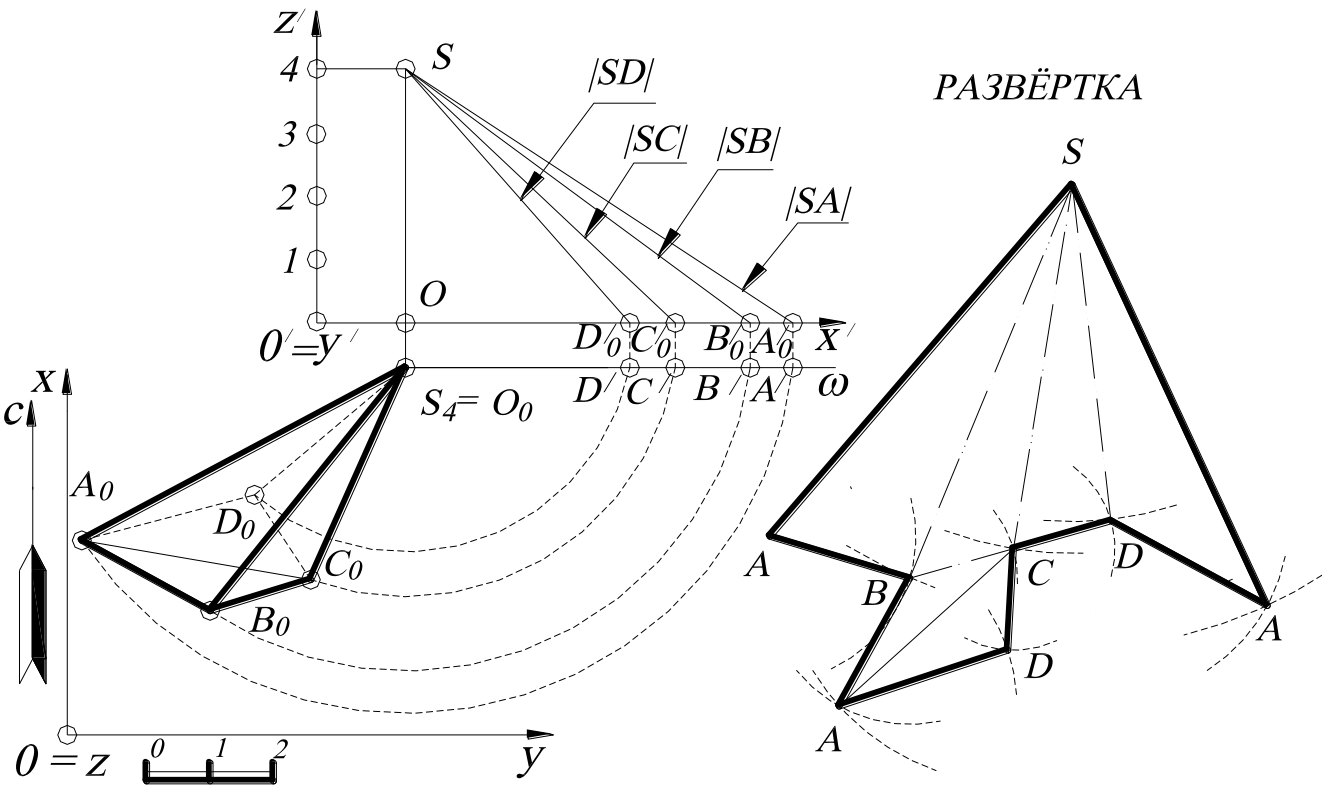


Рис. 95.

6.4. Дана пирамида $S_{30}A_0B_0C_0D_0$. Соединить две точки F_{10} и E_{19}, принадлежащие боковой поверхности пирамиды, кратчайшей линией на поверхности (такая линия на поверхности называется *геодезической*). Точка E_{19} принадлежит ребру $S_{30}C_0$, точка F_{10} принадлежит грани $S_{30}C_0B_0$.

Решение (рис. 96). На плоскости кратчайшей линией между двумя точками является отрезок прямой. Поэтому для решения этой задачи строят развёртку двух смежных граней пирамиды $S_{30}A_0B_0$ и $S_{30}B_0C_0$. Натуральная величина рёбер основания A_0B_0 и A_0C_0 совпадает с их проекцией, а натуральные величины боковых рёбер определяют методом прямоугольного треугольника (напоминаем, что развёртка строится только по натуральным величинам рёбер). На свободном поле чертежа последовательно выстраивают две грани (или два треугольника в натуральную величину) с помощью засечек циркуля. Линию сгиба показывают штрихпунктирной линией с двумя точками.

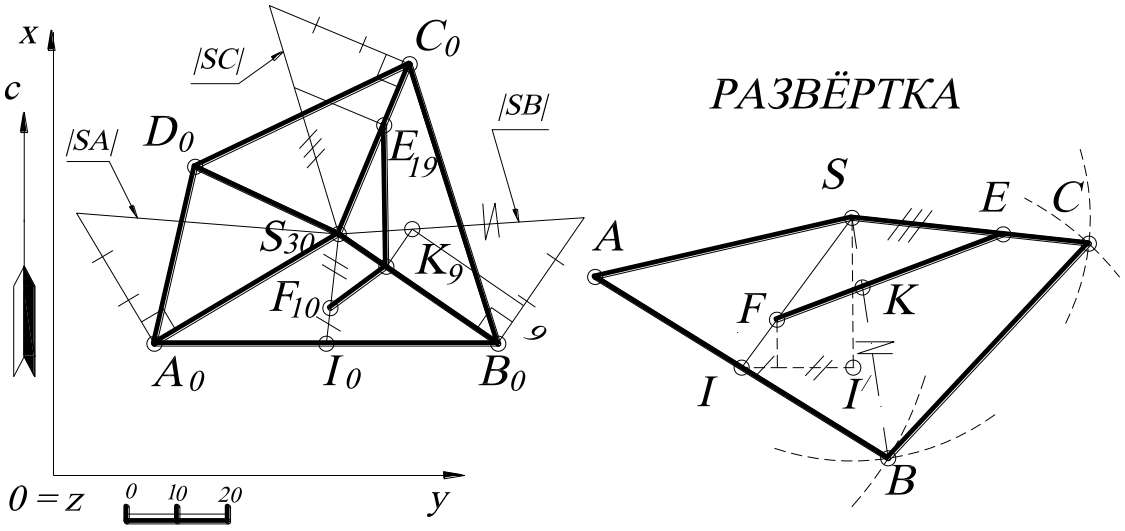


Рис. 96.

На развёртке строят точки ***F*** и ***E***. Чтобы построить точку ***E*** на развёртке, на плане проекцию точки E_{19} переносят на натуральную величину ребра |***SC***| (с помощью подобных треугольников). Чтобы построить точку F_{10} на развёртке, проводят через неё прямую (на плане) $S_{30}I$ (так как известно, что точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой, лежащей в этой плоскости). На развёртке строят прямую ***SI*** (точка ***I*** находится на натуральной величине ***AB***). Затем с помощью пропорционального деления отрезка ***SI*** (на развёртке) находят точку ***F*** (известно, что если точка делит отрезок прямой в заданном отношении, то и проекция этого отрезка делится в том же отношении). На развёртке строят прямую ***FE***. Точка пересечения с ребром ***SB*** – точка ***K***. Для построения точки ***K*** на плане переносят отрезок ***KB*** (можно и отрезок ***SK***) на натуральную величину |***SB***| и с помощью подобных треугольников определяют точку K_9 на ребре $S_{30}B_0$. Числовую отметку точки ***K*** находят, как показано на рис. 96. Ломаная $F_{10}K_9E_{19}$ – проекция кратчайшего расстояния между точками $F_{10}E_{19}$ на поверхности пирамиды.

6.5. Соединить две точки A_1 и B_3, принадлежащие конической поверхности ***Ф*** кратчайшей линией ***n***. Такая линия на поверхности называется *геодезической* (форму геодезической линии принимает нить, туго натянутая на поверхности).

Решение (рис. 97). На плоскости кратчайшей линией между двумя точками является отрезок прямой. Поэтому для решения этой задачи строят развертку данной поверхности ***Ф***. Построение развертки выполняют по способу треугольников, заключающемуся в том, что поверхность конуса заменяется вписанной многогранной с треугольными гранями, которая и развертывается.

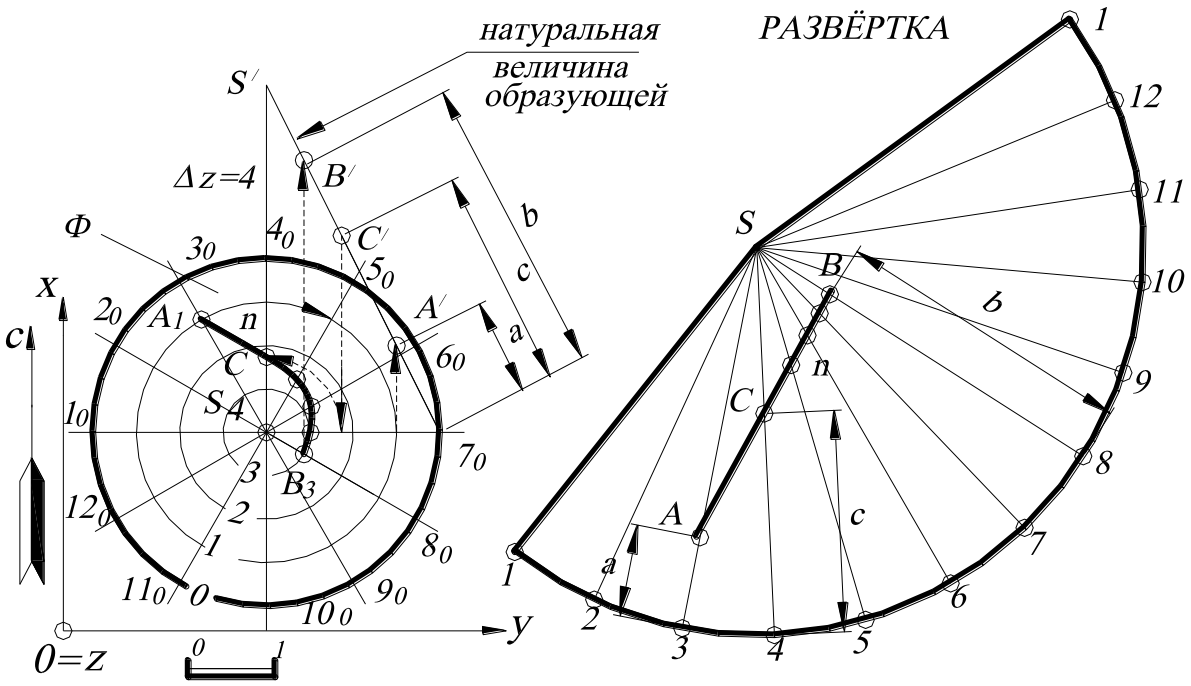


Рис. 97.

В данную коническую поверхность вписывают пирамиду. Для этого основание конуса разбивают на двенадцать равных частей. (Развертка является более точной при наименьшей разности длины дуги и ее хорды).Затем находят натуральную величину ребра правильной пирамиды, которая равна образующей заданного конуса (методом прямоугольного треугольника).

На случайной прямой от точки ***S*** откладывают отрезок ***Sl***, равный натуральной величине образующей конуса. Затем проводят дугу с центром в точке ***S*** и радиусом, равным длине ***Sl***, так как все ребра пирамиды равны между собой. На

построенной дуге засечками отмечают точки ***2***, ***3***…***12***, ***1***, равные длинам хорд $1_0 2_0$; $2_0 3_0 \ldots 12_0 1_0$. Таким образом, построили приближенную развертку конуса.

Далее пропорциональным делением отрезка в заданном отношении (как показано на чертеже) находят образы ***A***, ***B*** данных точек поверхности на развёртке. Затем построенную прямую ***AB*** на развертке переносят в обратном отображении на поверхность ***Ф***, получая геодезическую линию ***n***.

Частный случай. Развертка поверхности прямого кругового конуса является сектором круга радиуса, равного длине ***l*** образующей. Центральный угол φ этого сектора вычисляется по формуле

$$\varphi^0 = \frac{r \cdot 360^0}{l}$$, где r - радиус основания конуса.

6.6. Построить развёртку цилиндрической винтовой линии.

Решение (рис. 98). Построение проекций винтовой линии определяется характером ее образования в пространстве.

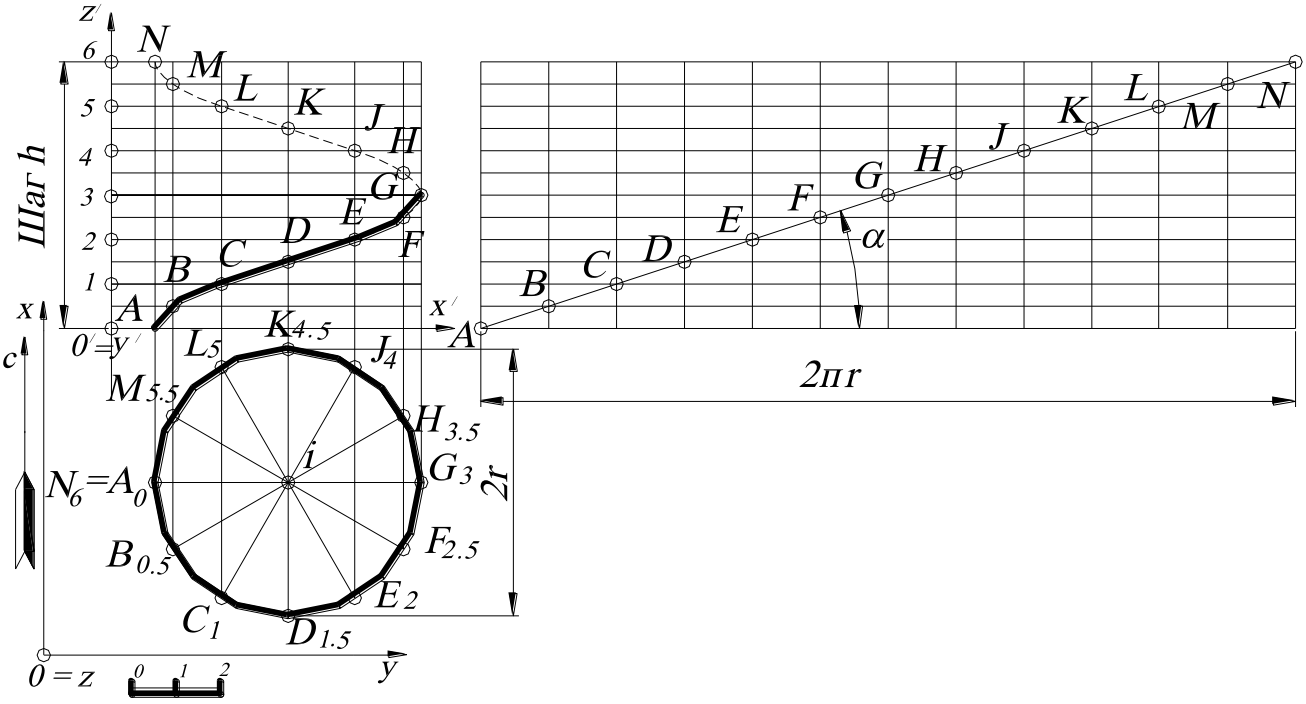


Рис. 98.

Горизонтальная проекция цилиндра и винтовой линии – окружность, совпадающая с проекцией окружности основания цилиндра. Если цилиндр разрезать по его прямолинейной образующей AN и, разгибая, разгладить по плоскости, получится развёртка цилиндра – прямоугольник с высотой h и основанием $2\pi r$, в которое развернётся окружность основания цилиндра. Винтовая линия в результате развёртывания превратится в прямую – диагональ прямоугольника. Это означает, что винтовая линия пересекает все образующие под одним и тем же углом α.

Для построения развёртки винтовой линии делят окружность основания цилиндра, являющуюся горизонтальной проекцией винтовой линии, и отрезок, равный шагу h, отложенный на оси цилиндра, на одинаковое число равных частей. На рассматриваемом чертеже взято 12 частей. Тогда точки на профиле винтовой линии будут лежать на пересечении соответствующих горизонтальных и вертикальных прямых, проведенных через одноименные точки деления. Полученные точки соединяют плавной кривой. Как следует из способа построения, данная кривая является гелисой.

При развертывании цилиндрической поверхности на плоскость винтовая линия на развертке превращается в прямую, наклоненную под углом α к горизонтальной прямой – развертке основания цилиндра. Это следует из закона образования винтовой линии, по которому равным угловым перемещениям точки по окружности соответствуют равные прямолинейные перемещения, перпендикулярные плоскости окружности. На развертке равным отрезкам горизонтальной прямой будут соответствовать равные перемещения точки в вертикальном направлении. Итак, траектория точки на развертке представляет собой линию, у которой ординаты точек пропорциональны абсциссам, то есть прямую. Угол α равен углу подъема винтовой линии и определяется по формуле $tg\alpha = \dfrac{h}{2\pi r} = \dfrac{p}{r}$.

Тот факт, что на развёртке винтовая линия перешла в прямую, означает также, что винтовая линия является одной из *геодезических линий* на цилиндре.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

6.1. Дана пирамида ***ABCD*** и две точки ***F*** и ***E***, принадлежащие видимым граням пирамиды. Соединить точки ***F*** и ***E*** кратчайшей линией по поверхности пирамиды. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(140, 120, 40)***, ***B(90, 30, 0)***, ***C(40, 20, 20)***, ***D(20, 130, 0)***; ***E(80, ?, 20)***, ***F(?, 90, 30)***.

6.2. Построить развёртку наклонного цилиндра. Цилиндр задан осью $O_0O'_{80}$ и основанием – окружностью, лежащей в горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(35***, ***105***, ***0)*** и радиусом ***R=25 мм***. Проекция точки O'***(35***, ***25***, ***80)***.

6.3. Построить развёртку додекаэдра (правильного двенадцатигранника) со стороной ***30 мм***.

6.4. Построить полную развёртку усечённого куба $ABCDA'B'C'D'$ плоскостью $K_{50}L_{25}M_0$. Куб задан следующими координатами: ***A(15***, ***45***, ***0)***, ***B(15***, ***85***, ***0)***, ***D(55***, ***45***, ***0)***, A'***(15***, ***45***, ***40)***; плоскость – ***K(10***, ***45***, ***50)***, ***L(70***, ***75***, ***25)***, ***M(10***, ***105***, ***0)***.

6.5. Построить полную развёртку прямого цилиндра вращения, усечённого плоскостью $K_{50}L_{25}M_0$. Цилиндр вращения задан осью $O_{90}O'_0$, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, и основанием – окружностью, принадлежащей горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, с центром ***O(35***, ***65***, ***0)*** и радиусом ***R=25 мм***. Проекция плоскости задана следующими координатами точек: ***K(10***, ***45***, ***50)***, ***L(70***, ***75***, ***25)***, ***M(10***, ***105***, ***0)***.

6.6. Построить полную развёртку прямой правильной шестигранной призмы, стоящей на горизонтальной плоскости проекций и усечённой плоскостью $K_{50}L_{25}M_0$. Призма задана точкой ***A(10***, ***65***, ***0)***, принадлежащей основанию ***ABCDEF***, с центром описанной окружности вокруг основания ***O(35***, ***65***, ***0)*** и высотой ***h=40***. Проекция плоскости задана следующими координатами точек: ***K(10***, ***45***, ***50)***, ***L(70***, ***75***, ***25)***, ***M(10***, ***105***, ***0)***.

6.7. По данной развёртке построить проекцию призмы, поставив её основанием на плоскость ***xOy***. Показать на её поверхности точку $A_?$. Ребро C_0D_0 параллельно оси ***Oy***, ***C(40, 20, 0)*** (рис. 99).

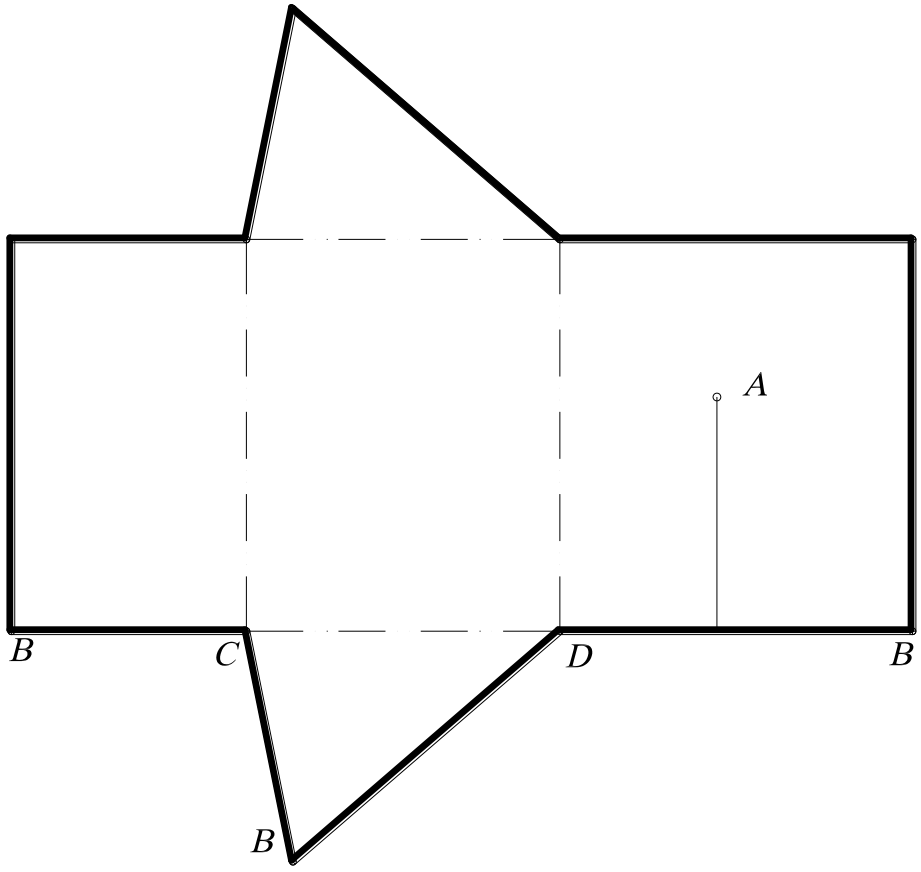


Рис. 99.

6.8. Построить полную развёртку пирамиды ***SABC***, усечённой плоскостью $K_0L_{20}M_{40}$. Проекция плоскости задана следующими координатами точек: ***K(10, 0, 0)***, ***L(50, 20, 20)***, ***M(10, 40, 40)***; координаты вершин пирамиды – ***S(30, 20, 80)***, ***A(10, 45, 0)***, ***B(70, 75, 0)***, ***C(10, 105, 0)***

6.9. Построить полную развёртку призмы $ABCA'B'C'$, усечённой плоскостью $K_0L_{20}M_{40}$. Проекция плоскости задана следующими координатами точек: ***K(10, 0, 0)***, ***L(50, 20, 20)***, ***M(10, 40, 40)***; координаты вершин призмы – ***A(10, 45, 0)***, ***B(70, 75, 0)***, ***C(40, 105, 0)***, $A'(10, 0, 50)$, $B'(70, 30, 50)$, $C'(40, 60, 50)$.

6.10. По данной развёртке построить проекцию пирамиды, поставив её основанием на плоскость ***xOy***. Показать на её поверхности точку $A_?$. Ребро C_0D_0 параллельно оси ***Oy***, ***C(80, 70, 0)*** (рис. 100).

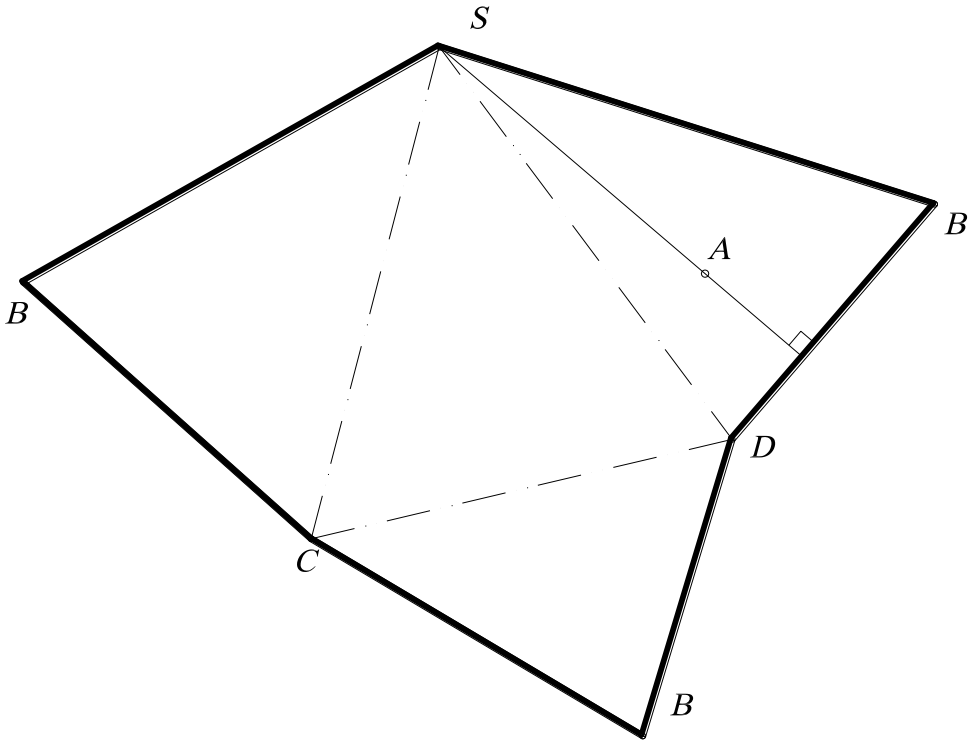


Рис. 100.

6.11. Построить полную развёртку поверхности конуса с вершиной S_{45} и радиусом основания ***R=30 мм*** (рис. 101)

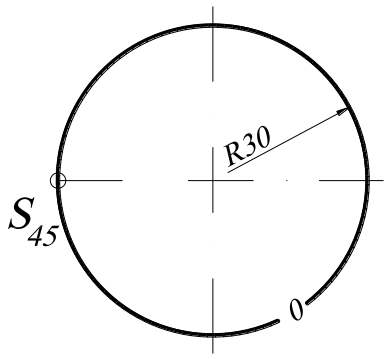


Рис. 101.

6.12. Построить на поверхности цилиндра линию кратчайшего расстояния (геодезическую) между точками ***A*** и ***B***. Точки ***A*** и ***B*** принадлежат видимой части поверхности цилиндра (рис. 102).

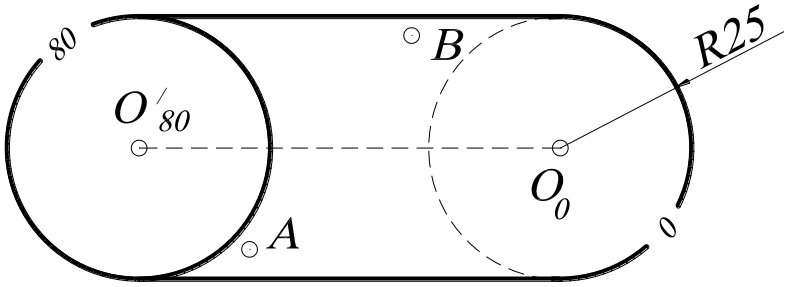


Рис. 102.

7. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ

Для решения комплексных задач необходимо обобщить информацию предыдущих частей данного задачника, сформулировав использованные ранее алгоритмы, а также дать определение понятию «геометрическое место».

Под позиционными понимают задачи по определению общих элементов геометрических многообразий. Позиционные задачи подразделяют:

1) по признаку принадлежности двух геометрических множеств, т. е. если одно множество является подмножеством другого, содержится в последнем (например, прямая принадлежит плоскости);

2) по признаку параллельности, т. е. если одно множество не имеет общих элементов с другим множеством (например, прямая параллельна плоскости);

3) по признаку пересечения двух множеств, т. е. одно множество имеет общие элементы с другим множеством (например, прямая и плоскость при пересечении имеет общий элемент – точку, а при пересечении со сферой может иметь одну общую точку, две или не иметь вообще точки пересечения). Обычно выделяется частный случай пересечения – перпендикулярность геометрических элементов. Кроме этого, имеется частный случай для скрещивающихся прямых, когда они не параллельны, не пересекаются. Мы предлагаем классифицировать задачи исходя из основных фигур пространства. Основными элементами пространства являются точка, кривая (прямая) линия, поверхность (плоскость). Тогда (исходя из комбинаторики) будем иметь 6 типов задач:

1. Взаимное положение двух точек.
2. Взаимное положение точки и прямой (кривой) линии.
3. Взаимное положение двух линий.
4. Взаимное положение точки и поверхности.
5. Взаимное положение линии и поверхности.
6. Взаимное положение двух поверхностей.

Однако мы будем рассматривать эти геометрические фигуры как геометрические места (совокупность точек, положение которых удовлетворяет некоторым геометрическим условиям) трехмерного пространства, так как решение геометрических задач часто сводится к построению геометрических мест. Метод геометрических мест при решении задач на построение известен еще со времен Платона и состоит в следующем: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям 1, 2 …». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи. Элементы множества M, удовлетворяющие условию 1, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие 2 выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, …, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\} = M_1 \cap M_2 \cap \ldots$. Ниже перечисляются основные геометрические места, к нахождению которых приводится решение многих задач.

Однако вначале введем условные обозначения, которыми воспользуемся для символической записи.

- $A_1, A_2, \ldots$ - точки;
- $a_1, a_2, \ldots$ - прямые (кривые) линии;
- $\alpha_1, \alpha_2, \ldots$ - плоскости;
- $\Phi_1, \Phi_2, \ldots$ - поверхности;
- $\wedge$ - конъюнкция – логическая операция, служащая для образования высказывания «A и B», то есть обозначающая союз «и».
- $\bigcap$ – пересечение геометрических многообразий;
- $\perp$ - перпендикулярность геометрических многообразий;
- $||$ - параллельность геометрических многообразий;
- $\dot{-}$ - обозначение скрещивающихся прямых линий.

Итак, следующие геометрические места рассматриваем, исходя из основных фигур и их частных положений.

1. Геометрическое место точек, равноудаленных от некоторой точки, есть сфера с центром в этой точке. Всякая плоскость, касательная к сфере, будет удалена от его центра на расстояние, равное радиусу сферы, и перпендикулярна к этому радиусу (***A***).
2. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух данных точек, есть плоскость, проходящая через середину отрезка, соединяющего данные точки, и перпендикулярная ему ($A_1 \wedge A_2$).

Примечание. Около пары сфер одинакового радиуса можно описать цилиндр, а если сферы разного радиуса – два конуса.

3. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех данных точек A_1, A_2 и A_3, не лежащих на одной прямой, есть прямая, перпендикулярная к плоскости, определяемой тремя данными точками, и проходящая через центр окружности, описанной через эти три точки, так как окружность однозначно определяется заданием трех точек ($A_1 \wedge A_2 \wedge A_3$).

Это геометрическое место точек может быть построено как линия пересечения двух плоскостей, проходящих через середины отрезков A_1A_2 и A_2A_3 и соответственно к ним перпендикулярных.

4. Геометрическое место точек, равноудаленных от четырех данных точек A_1, A_2, A_3 и A_4, не лежащих в одной плоскости (и определяющих сферу, что подтверждается подсчетом параметров), есть только одна точка – центр сферы, поверхность которой проходит через эти точки. Этот центр находится как точка пересечения плоскостей, проведенных через середины отрезков A_1A_2, A_2A_3 и A_3A_4 и соответственно перпендикулярных им ($A_1 \wedge A_2 \wedge A_3 \wedge A_4$).

Для того чтобы найти пересечение этих трех плоскостей, можно найти прямую пересечения двух плоскостей, а затем найти пересечение этой прямой с третьей плоскостью.

5. Геометрическое место точек, равноудаленных от данной прямой, есть поверхность прямого кругового цилиндра. Всякая плоскость, касательная к этому цилиндру, будет параллельна оси цилиндра и удалена от нее на данное расстояние (***a***).
6. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданных прямой и точки, есть линия пересечения прямого кругового цилиндра и сферы. Эта линия может быть построена решением задачи на нахождение общих элементов двух поверхностей ($A \wedge a$).
7. Геометрическое место прямых, проходящих через определенную точку на данной прямой и наклоненной к последней под заданным углом ω, есть поверхность прямого кругового конуса ($A \wedge a$).

Примечание. Если провести плоскость, пересекающую конус перпендикулярно к его оси, то поверхность конуса будет служить геометрическим местом прямых, проходящих через вершину и наклоненных к этой плоскости под углом $90^0-\omega$. Всякая плоскость, касательная к такому конусу, будет наклонена под углом $90^0-\omega$ к этой плоскости нормального сечения.

8. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданной точки и плоскости, есть линия (две линии) пересечения плоскости со сферой ($A\wedge\alpha$).

Примечание. В частном случае может получиться, что эта плоскость (или две плоскости, или одна из них) будет касательной плоскостью.

9. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданных точки и поверхности на заданное расстояние, есть линия (или две линии, в частном случае ни одной) пересечения сферы с эквидистантой заданной поверхности. Например, эквидистантой сферы будут две сферы с тем же центром, расположенные по разные стороны от ее поверхности на данном расстоянии ($A\wedge\Phi$).

Примечание. В частном случае сфера и эквидистанта поверхности могут быть касательными или не иметь действительных точек пересечения.

10. Геометрическое место точек, равноудаленных от данных двух параллельных прямых, есть плоскость, перпендикулярная к отрезку, определяющему кратчайшее расстояние между данными прямыми, и проходящими через его середину ($a_1 \mid\mid a_2$).

11. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех параллельных прямых a_1, a_2, и a_3, не лежащих в одной плоскости, есть прямая, параллельная данным прямым ($a_1 \mid\mid a_2 \mid\mid a_3$).

Примечание. Если через произвольную точку A_1 на прямой a_1 провести перпендикулярную плоскость α, то последняя пересечет две другие в точках A_2 и A_3. Искомое геометрическое место может быть построено как перпендикуляр к плоскости α, проходящий через центр окружности, описанной в этой плоскости около треугольника $A_1A_2A_3$. Три параллельные прямые однозначно определяют прямой круговой цилиндр (подтверждается подсчетом параметров).

12. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух пересекающихся прямых, есть пара плоскостей, перпендикулярных к плоскости, содержащей данные прямые, проходящие через биссектрисы углов между ними ($a_1 \cap a_2$).

Примечание. Искомые плоскости будут совпадать с плоскостями двух ветвей плоской кривой, на которые распадается линия пересечения двух прямых круговых цилиндров.

13. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух перпендикулярных прямых, есть пара плоскостей (так же как и в п.12), перпендикулярных к плоскости, содержащей данные прямые, проходящие через биссектрисы углов между ними ($a_1 \perp a_2$).

14. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух скрещивающихся прямых, есть линия пересечения двух прямых круговых цилиндров ($a_1 \overline{\cdot} a_2$) или плоскость параллелизма, расположенная на одинаковом расстоянии от заданных скрещивающихся прямых.

Примечание. В частном случае эти цилиндры могут быть касательными или вообще не иметь общих элементов. Тогда геометрическим местом точек будет являться плоскость, параллельная касательным плоскостям к этим цилиндрам.

15. Геометрическое место точек, равноудаленных от данной плоскости, есть пара плоскостей, параллельных данной и расположенных от нее по разные стороны на данном расстоянии ($\underline{\alpha}$).

16. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и плоскости, есть линия пересечения прямого кругового цилиндра с одной или двумя плоскостями ($\boldsymbol{a} \wedge \boldsymbol{\alpha}$). Могут быть случаи касания и пустого множества общих элементов.

Примечание. В том случае, если расстояние удаления равно нулю, то решается задача на нахождение точки пересечения прямой и плоскости. Это замечание справедливо и для случая прямой и плоскости, ей перпендикулярной ($\boldsymbol{\alpha} \perp \boldsymbol{a}$) и плоскости и пересекающей ее прямой ($\boldsymbol{\alpha} \cap \boldsymbol{a}$).

17. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и параллельной ей плоскости, есть в общем случае прямые пересечения прямого кругового цилиндра и двух плоскостей ($\boldsymbol{a} \parallel \boldsymbol{\alpha}$).

Примечание. Эти прямые в общем случае будут являться образующими данного цилиндра, а в частном – две совпавшие образующие, которые получаются в результате касания плоскости этого цилиндра, а также мнимое пересечение элементов.

18. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и поверхности, есть линия пересечения прямого кругового цилиндра с эквидистантой заданной поверхности ($\boldsymbol{a} \wedge \boldsymbol{\Phi}$)

Примечание. Если расстояние равно нулю, то строится точка пересечения прямой и поверхности.

19. Геометрическое место точек, равноудаленных от плоскости и точки, есть линия пересечения плоскости (двух плоскостей) со сферой ($\alpha \wedge A$).

Примечание. В частном случае может получиться так, что плоскость будет касательной к поверхности сферы, а также пустое множество общих элементов.

20. При определении взаимного положения плоскостей ($\alpha_1 \wedge \alpha_2$) обычно выделяют следующие варианты: параллельные плоскости ($\alpha_1 \,||\, \alpha_2$); пересекающиеся плоскости ($\alpha_1 \cap \alpha_2$) и их частный случай – перпендикулярные плоскости ($\alpha_1 \perp \alpha_2$). Мы будем рассматривать только два последних случая, объединяя их в единый блок, так как в первом случае получается однопараметрическое множество параллельных плоскостей.

Итак, геометрическое место точек, равноудаленных от двух пересекающихся плоскостей, есть две биссекторные плоскости двугранных углов, образованных этими пересекающимися плоскостями. Каждая биссекторная плоскость проходит через линию пересечения плоскостей и делит пополам соответствующую пару углов между этими плоскостями ($\alpha_1 \cap \alpha_2$), ($\alpha_1 \perp \alpha_2$).

Примечание. Если расстояние удаления равно нулю, то решается задача на нахождение линии пересечения этих плоскостей, которая будет являться геометрическим местом точек, равноудаленных от этих плоскостей.

21. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех пересекающихся плоскостей α_1, α_2 и α_3, есть прямая - линия пересечения плоскостей биссектора, равноделящих двугранные углы между плоскостями α_1и α_2 и α_2 и α_3 ($\alpha_1 \cap \alpha_2 \cap \alpha_3$).

Примечание. Поверхность, касательная к трем пересекающимся плоскостям, является поверхностью прямого кругового конуса с вершиной в точке пересечения этих плоскостей.

22. Геометрическое место точек, равноудаленных от трех плоскостей, параллельных одной прямой, есть прямая – ось цилиндра, касательного к этим трем плоскостям (($\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \alpha_3$) $||$ a).

23. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданной поверхности и плоскости, есть, в общем случае, линия пересечения эквидистантной плоскости и эквидистантной поверхности ($\Phi \wedge \alpha$).

Примечание. В частном случае эта плоскость будет касательной или вообще не иметь ни одной общей точки с заданной поверхностью.

24. Геометрическое место точек, равноудаленных от двух поверхностей, есть линия пересечения эквидистант этих поверхностей ($\Phi_1 \wedge \Phi_2$).

Примечание. Если расстояние равно нулю, то строится линия пересечения заданных поверхностей. Имеют место случаи касания этих поверхностей и отсутствия общих элементов.

Анализ основных геометрических мест позволяет сделать вывод о том, что для решения позиционных алгоритмических задач необходимы следующие алгоритмы:

1. Нахождение общего элемента прямой и плоскости – точки (табл. 1).
2. Нахождение общего элемента двух плоскостей (табл. 2, 3).
3. Нахождение общих элементов прямой (кривой) линии с поверхностью (табл. 4).
4. Нахождение общих элементов плоскости и поверхности (табл. 5).
5. Нахождение общих элементов двух поверхностей (табл. 6).
6. Построение касательных плоскостей к заданным поверхностям (табл. 7).

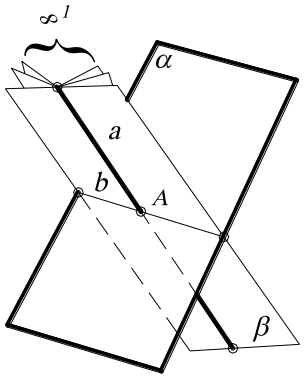
Кроме этих алгоритмов решения позиционных задач в табл. 8 представлен алгоритм основной метрической задачи.

Составим перечисленные алгоритмы.

Таблица 1

Алгоритм построения точки пересечения прямой и плоскости

(основная или первая позиционная задача)

<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 1</td></tr>
<tr><td>1. Через заданную прямую a проводят вспомогательную плоскость-посредник β.* В общем случае таких плоскостей может быть ∞¹.</td><td rowspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Находят прямую b пересечения заданной плоскости α и плоскости посредника β.</td></tr>
<tr><td>3. Искомая точка A определяется в результате пересечения заданной прямой a и полученной прямой b.</td></tr>
<tr><td>4. Определяют видимость прямой методом конкурирующих точек.</td></tr>
<tr><td colspan="2">*Плоскость-посредник выбирается частного положения, однако в проекциях с числовыми отметками она может быть и общего положения.</td></tr>
</table>

Алгоритм А2 – решение задачи на пересечение двух плоскостей общего положения – может быть осуществлен двумя способами:

1. Построить точки пересечения двух прямых одной плоскости с другой плоскостью, то есть использовать два раза алгоритм А1 (табл. 1).
2. Ввести две вспомогательные секущие плоскости частного положения, построить их линии пересечения с заданными плоскостями. Две соответствующие точки пересечения определят искомую линию пересечения данных плоскостей. Другими словами, для нахождения линии пересечения двух плоскостей необходимо найти две общие точки.

Таким образом, для нахождения линии пересечения двух плоскостей сформируем два алгоритма А2.1, А2.2. Эта задача называется второй позиционной задачей начертательной геометрии (табл. 2, 3).

Таблица 2

Построение линии пересечения двух плоскостей

(вторая позиционная задача)

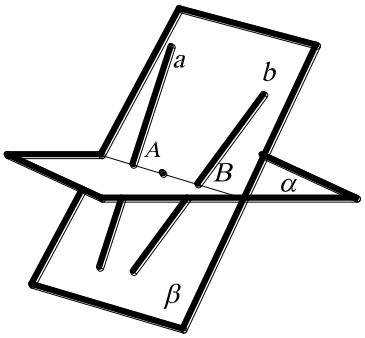
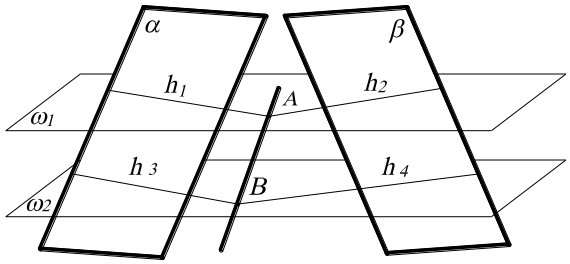
Алгоритм А 2.1	
1. Находят точку ***A*** пересечения прямой а с плоскостью α, используя алгоритм А1.	
2. Находят точку ***B*** пересечения прямой ***b*** с плоскость α, используя алгоритм А1.	
3. Строят прямую ***AB*** – линию пересечения заданных плоскостей α и β.	
4. Определяют видимость плоскостей методом конкурирующих точек.	
Примечание. В проекциях с числовыми отметками линию пересечения плоскостей строят как пересечение двух прямых-горизонталей с одинаковыми числовыми отметками.	

Таблица 3

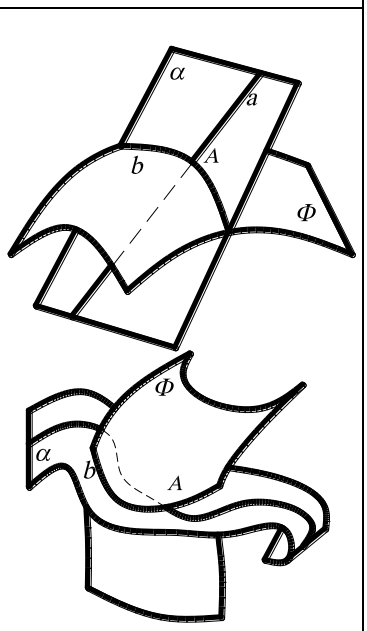
Построение линии пересечения двух плоскостей

Алгоритм А 2.2	
1. Проводят плоскость уровня ω_1 и находят линии пересечения h_1 и h_2 с заданными плоскостями α и β.	
2. Строят точку ***A*** пересечения прямых h_1 и h_2.	
3. Проводят плоскость уровня ω_2 и находят линии пересечения h_3 и h_4 с заданными плоскостями α и β.	
4. Строят точку ***B*** пересечения прямых h_3 и h_4.	
5. Определяют видимость плоскостей методом конкурирующих точек.	
Примечание. 1. Если плоскость задана следами, то нужно найти две общие точки. 2. В проекциях с числовыми отметками линию пересечения плоскостей строят как пересечение двух прямых-горизонталей с одинаковыми числовыми отметками.	

Все машины, приборы, любые изделия состоят из отдельных деталей, соединенных между собой. Форму деталей машин образуют, главным образом, сочетание плоскостей и кривых поверхностей (цилиндрической, конической, сферической, торовой), расположенных в пространстве так, что они находятся друг относительно друга в определенном соотношении. Чаще всего они пересекаются, образуя общую для них линию. Поэтому главным этапом конструирования таких деталей является определение границ элементарных исходных поверхностей, которыми и являются линии их взаимного пересечения. Таким образом, задача построения линии пересечения двух поверхностей, достаточно часто встречающаяся в начертательной геометрии, имеет широкое практическое применение в конструкциях технических деталей. Рассмотрим эти алгоритмы (табл. 4-6).

Таблица 4

Нахождение общих элементов кривой (прямой) линии

Алгоритм А 3	
1.Выбирают посредник α так, чтобы заданная кривая (прямая) смогла принадлежать этому посреднику (вспомогательная плоскость или поверхность).	
2. Строят посредник α, в который заключают заданную кривую (прямую) линию ***a***.	
3. Находят линию ***b*** пересечения посредника α с заданной поверхностью ***Ф***.	
4. Искомая точка ***A*** определяется при пересечении построенной кривой ***b*** и заданной а.	
5. Определяют видимость плоскостей методом конкурирующих точек.	
Примечание. Если задача решается не на компьютере, то нужно иметь в виду то, чтобы линия пересечения ***b*** была линией, которую на проекциях можно построить циркулем и линейкой (прямая или окружность). В противном случае посредник необходимо заменить.	

Линия пересечения двух поверхностей в общем виде представляет собой пространственную кривую, которая может распадаться на две части и более. Строится линия пересечения при помощи вспомогательных плоскостей или кри-

вых поверхностей, которые называются посредниками. Выбор вспомогательной поверхности (посредника) определяется формой и положением пересекающихся поверхностей. В качестве посредников могут использоваться проецирующие плоскости, плоскости общего положения, цилиндрические, конические и сферические поверхности. Следует по возможности подбирать такие вспомогательные поверхности, которые в пересечении с данными поверхностями дают простые для построения линии (прямые или окружности). Каждый из посредников пересекает данные поверхности в общем случае по некоторым кривым, которые как лежащие в одной и той же плоскости или на одной и той же поверхности, могут пересекаться между собой и тогда определяют одну или несколько точек, лежащих на линии пересечения поверхностей.

Таблица 5

Построение линии пересечения плоскости и поверхности

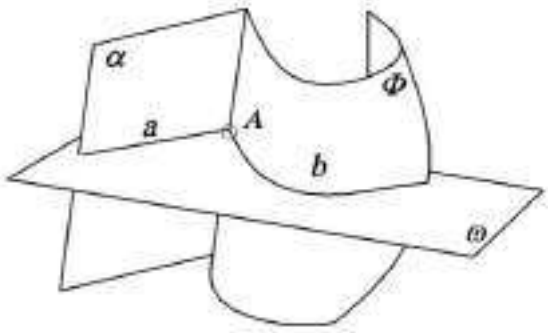
<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 4</td></tr>
<tr><td>1. Выбирают вспомогательную плоскость-посредник ω.</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Строят посредник ω (построение обычно начинают с нахождения опорных (характерных) точек, к которым относятся экстремальные точки (низшие или высшие), точки видимости относительно плоскостей проекций).</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Находят линии a и b, по которым посредник ω пересекает заданную плоскость α и поверхность Φ.</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. Отмечают точку A пересечения построенных линий a и b.</td></tr>
<tr><td colspan="2">5. Операции 1, 2, 3, 4 повторяют нужное число раз (посредники задаются в пределах экстремальных точек). Полученные точки последовательно соединяют линией.</td></tr>
<tr><td colspan="2">6. Определяют видимость полученной линии (если часть поверхности видима, то и линия видимая).</td></tr>
<tr><td colspan="2">*Примечание*. При решении задачи с помощью циркуля и линейки эта плоскость должна пересекать заданную поверхность по прямым или окружностям.</td></tr>
</table>

Таблица 6

Построение линии пересечения двух поверхностей

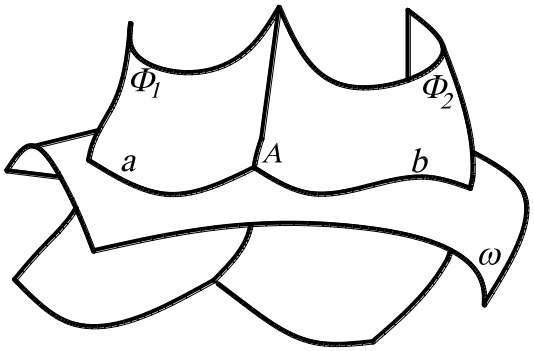
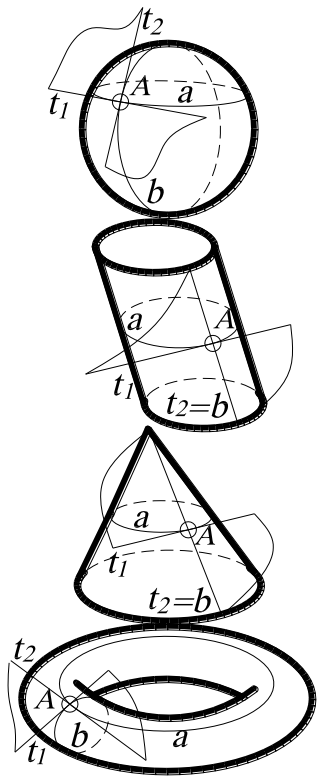
<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 5</td></tr>
<tr><td>1. Выбирают вспомогательную поверхность-посредник $\boldsymbol{\omega}$ так, чтобы ее пересечение с заданными поверхностями осуществлялось по простым линиям.</td><td rowspan="8"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Строят посредник $\boldsymbol{\omega}$ (построение обычно начинают с нахождения опорных (характерных) точек, к которым относятся экстремальные точки (низшие или высшие), точки видимости относительно плоскостей проекций).</td></tr>
<tr><td>3. Находят линии a и b, по которым посредник ω пересекает заданные поверхности $\boldsymbol{\Phi_1}$ и $\boldsymbol{\Phi_2}$.</td></tr>
<tr><td>4. Отмечают точку A пересечения построенных линий a и b.</td></tr>
<tr><td>5. Операции 1, 2, 3, 4 повторяют нужное число раз (посредники задаются в пределах экстремальных точек).</td></tr>
<tr><td>6. Полученные точки последовательно соединяют линией.</td></tr>
<tr><td>7. Определяют видимость полученной линии (если часть поверхности видима, то и линия видимая).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Примечание.
1. Если одна из поверхностей является проецирующей, то есть одна из проекций искомой линии уже дана, то другую проекцию искомой линии строят по ее принадлежности второй заданной поверхности.
2. Если две поверхности второго порядка описаны около третьей или вписаны в нее, то они пересекаются по двум плоским кривым, плоскости которых проходят через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания (теорема Монжа).</td></tr>
</table>

Таблица 7

Построение плоскости, касательной к сфере, цилиндру, конусу, тору

Алгоритм А 6	
1. Через точку ***A***, принадлежащую заданной поверхности, строят образующую ***a*** циклической поверхности (круговое сечение).	
2. Проводят касательную прямую t_1 к полученной окружности ***a***.	
3. Через точку ***A*** строят образующую ***b*** поверхности вращения.	
4. Проводят касательную прямую t_2 к полученной линии ***b***.	
5. Прямые t_1 и t_2, пересекающиеся в точке ***A***, задают касательную плоскость.	

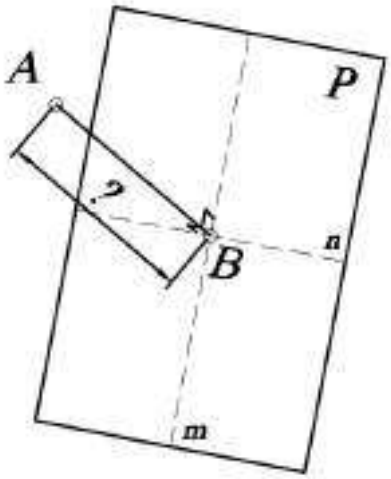
Кроме позиционных задач в начертательной геометрии имеются метрические задачи. Метрическими называют задачи, в которых необходимо определить натуральные значения геометрических величин – длин отрезков, размеры углов, расстояния между геометрическими многообразиями, а также площадь, объём и т. п. Причем необходимо помнить, что натуральная величина отрезков прямых, плоских фигур определяется на чертеже без дополнительных построений тогда, когда прямая или плоскость фигуры параллельна плоскости проекций, то есть является прямой или плоскостью уровня по отношению к плоскости проекций. В остальных случаях необходимы дополнительные построения или преобразование геометрических объектов до частного положения (способ прямоугольного треугольника, методы вращения или замены плоскостей проекций).

Задача на определение расстояния от точки до плоскости называется основной метрической задачей начертательной геометрии.

Таблица 8

Нахождение расстояния от точки до плоскости

(основная метрическая задача)

Алгоритм А 7	
1. Из точки ***A*** строят прямую, перпендикулярную плоскости ***P*** (по признаку перпендикулярности прямой и плоскости такая прямая должна быть перпендикулярна двум пересекающимся прямым, лежащим в этой плоскости).	
2. Находят точку ***B*** пересечения перпендикуляра с плоскостью ***P*** (основная позиционная задача, см. А1).	
3. Определяют натуральную величину отрезка прямой ***AB*** любым из известных способов.	

Важнейшей целью при решении задач является формирование общих подходов, а точнее методов к умению решать задачи как можно более широких классов (эвристических задач). Уже с далеких времен многие математики занимались поиском общих эвристических схем, которые помогают в поиске способа решения конкретных задач. Разработкой таких эвристических схем занимался один из комментаторов Евклида Папп, знаменитые математики и философы Рене Декарт (1596-1650), Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646-1716). Так, например, Р. Декарт подчеркивал, что научные открытия и изобретения следует производить не путем беспорядочного блуждания наугад по дорогам науки, а с помощью метода. «Под методом же я разумею достоверные и легкие правила, строго соблюдая которые, человек никогда не примет ничего ложного за истинное» и сможет добывать новое знание – все, что он способен познать – «без изменений траты умственных сил»[1]. Эти слова можно трактовать в том смысле, что при решении задач в различных сферах деятельности (науке, технике, образовании и др.) следует пользо-

[1] Декарт Р. Избр. произв. – М.: Госполитиздат, 1950. – С. 80, 90.

ваться общими подходами (методами), которые преследуют цель максимально возможной интенсификации интеллекта.

В математике, как и в геометрии, в частности начертательной геометрии, общих подходов (методов) решения задач не так уж много, однако они являются достаточно универсальными и с успехом (возможно под другими именами), используются и в других областях знаний. Рассмотрим методы решения задач, которые используются в курсе начертательной геометрии.

1. Метод разбиения задачи на подзадачи. Этот метод состоит в том, что сложную нестандартную задачу разбивают на несколько более простых подзадач, по возможности стандартных или ранее решенных, при последовательном решении которых будет решена и исходная задача. Здесь возможны такие случаи:

• разбиение условий задачи на части;

• разбиение требования задачи на части;

• разбиение области определения задачи на части.

Рассмотрим пример расчленения условия на части. Построить точку A, равноудаленную от сторон линейного угла с вершиной B и принадлежащую прямой a. Линейный угол и отрезок прямой не лежат в одной плоскости. Условие задачи разбивается на две части:

1) геометрическое множество трехмерного пространства, равноудаленное от сторон линейного угла, – это плоскость α, проходящая через биссектрису и перпендикулярная к плоскости этого угла;

2) искомая точка принадлежит заданной прямой a – это пересечение плоскости α с прямой a.

2. Преобразование задачи. Последовательные преобразования сложной комплексной задачи в цепочку эквивалентных задач до получения задачи, которую знаем, как решать. Другими словами, перейти из пространства стереометрии в пространство планиметрии (уменьшить размерность задачи). Например, преобразование элементов задачи из общего положения в частное. При этом эквивалентность задач понимается как совпадение их множеств решений, а преобразова-

ние должно не менять языка ее записи, т. е. если задача была геометрической, то и преобразованная задача тоже должна быть геометрической. В противном случае это уже будет не преобразование, а моделирование.

3. Моделирование. В общем случае этот метод подразумевает замену исходной задачи ее моделью: текстовая (сюжетная) задача переводится в уравнение, систему уравнений или неравенств; уравнение представляется в виде кривой на плоскости или в пространстве и т. п., т. е. в конечном счете сводится к какому-то геометрическому изображению. А поскольку геометрическое моделирование, целью которого является построение моделей, то актуальность приобретают методы построения физических моделей и конструктивных. Физические модели представляют совокупность материальных объектов, оперирование которыми приводит к решению задачи. Такими материальными (реальными) моделями могут служить модели геометрических фигур и тел из разного рода материала (бумаги, пластилина, дерева и т. п.). Конструктивные модели позволяют задавать условие задачи и в аналитическом виде, и в графическом, что значительно упрощает поиск решения задачи. Этот метод широко используется при решении многопараметрических задач, отображающих процессы и явления различных сфер деятельности. В этом случае большое значение имеет понятие «размерности» геометрических пространств (многообразий), поскольку позволяет конструировать на двумерном чертеже гиперповерхности, а также исследовать их методами геометрического моделирования.

4. Введение вспомогательных элементов. В общем случае возможны следующие варианты:

• введение недостающих по смыслу задачи элементов между данными и искомыми элементами (дополнительное построение на чертеже, введение дополнительных переменных для составления уравнений и т. п.);

• преднамеренное погружение задачи в большую размерность, т. е. введение дополнительных параметров, не связанных с условием задачи. Такими элементами являются «посредники», содержащие исходный элемент.

5. Подобие. Построение дополнительных элементов на чертеже, подобных тем, которые получаются в результате решения задачи. Причем дополнительные элементы строятся так, чтобы по отношению к исходным они были симметричными. Этот метод основан на принципе пропорциональности. В качестве подобных элементов в пространстве служат эквидистантные поверхности.

6. Переформулировать. Часто условие задачи сформулировано так, что исходные элементы являются определителем какой-либо поверхности. Например, если в пространстве заданы три пересекающиеся прямые, то известно, что такие прямые являются определителем конуса вращения. Поэтому иногда простая переформулировка позволяет обнаружить искомые элементы. Например, построить прямую, равноудаленную от трех пересекающихся прямых. Такой прямой является ось конуса вращения. Например, построить из шести спичек четыре равносторонних треугольника. Задача переформулируется следующим образом: требуется построить объект с шестью ребрами и четырьмя треугольными гранями, т. е. тетраэдр.

7. Обобщение. Этот метод является общим в математике. Очень часто общее доказать легче, чем частное, и практика математической науки дает в подтверждение этому достаточно много ярких и убедительных примеров. Подобная ситуация определяется часто как «парадокс изобретателя». Об этом методе в той или иной форме высказывались Г. В. Лейбниц, П. Г. Л. Дирихле, Ю. В. Р. Дедекинд, Д. Пойа и др. Достаточно привести несколько принадлежащих им высказываний[2]: «Доказать больше иногда легче» (Д. Пойа); «Решая познавательную задачу, полезно придумать какую-либо другую, общую задачу, которая содержит первоначальную и легче поддается решению» (Г. В. Лейбниц); «Как часто случается, общая задача оказывается легче, чем была бы частная, если бы мы пытались решить ее непосредственно в лоб» (П. Г. Л. Дирихле, Ю. В. Р. Дедекинд).

[2] Цит. из Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика. – М.: Наука, 1991. – С. 152-153.

Как правило, это обобщение протекает за счет погружения (вложения) исходных элементов задачи в пространство большей размерности, непосредственно связанное с исходными элементами. С геометрической точки зрения, такие пространства являются геометрическими местами – множествами точек, равноудаленными от заданного элемента (или элементов). Поэтому прямая может быть рассматрена как поверхность кругового цилиндра, точка – как сфера и т. п. Использование данного метода предполагает, что из решения обобщенной задачи без особого труда может быть получено решение исходной задачи.

Рассмотрим пример. Построить плоскость на расстоянии R_1 от точки A, на расстоянии R_2 от точки B и на расстоянии R_3 от точки C. Искомая плоскость, удаленная от трех точек A, B и C на заданные расстояния R_1, R_2, R_3, должна быть касательной к трем сферам, центры которых совпадают с точками A, B и C, а радиусы соответственно равны R_1, R_2, R_3. Около каждой пары сфер можно описать конус вращения. Таких конусов будет два. Плоскость, касательная к такому конусу, будет касательной и к вписанным в него сферам. Поэтому задача сводится к построению плоскости, касательной к этим конусам, которая определяется двумя прямыми: а) соединяющей вершины этих конусов; б) касательной к основанию конуса. В результате решения этой задачи могут получиться две плоскости.

Заметим, что метод «Переформулировать» и метод разбиения задачи на подзадачи могут рассматриваться как конкретная разновидность метода «Обобщить». Дело в том, что, переформулировав задачу, т.е. фактически определив какую-либо поверхность, мы получаем новую задачу, являющуюся обобщением, а разбивая задачу на подзадачи, в конечном счете приходим к обобщению этих подзадач. Вообще говоря, при решении задач трудно однозначно утверждать, какой именно метод использовался, поскольку чаще всего при решении задач могут использоваться одновременно несколько методов. Более того, одна и та же задача, исследуемая с опорой на разные методы, может приводить к одному и тому же результату.

Все рассмотренные нами методы не претендуют на полноту классификации методов решения геометро-графических задач, поскольку, во-первых, любая задача априори может преподнести новый метод. Во-вторых, в некоторых случаях простые рассуждения, мысленные операции (анализ, синтез, абстракция, конкретизация и т. п.), приводящие к незначительным «косметическим» изменениям, позволяют получить алгоритм решения сложной задачи. Тем не менее рассмотренные методы содержат некие реальные ориентиры, позволяющие новичку осваивать процесс решения задач и вырабатывать интеллектуальные и практические навыки и умения в этой деятельности.

Предложенные алгоритмы, сконструированные геометрические места, а также методы дают возможность большего понимания при решении нижепредложенных задач.

7.1. *Дано:* конус (заданный вершиной S_3 и основанием – параллель заданного радиуса с нулевой отметкой) и прямая A_9B_7. Построить плоскость, касающуюся данного конуса и параллельную прямой A_9B_7.

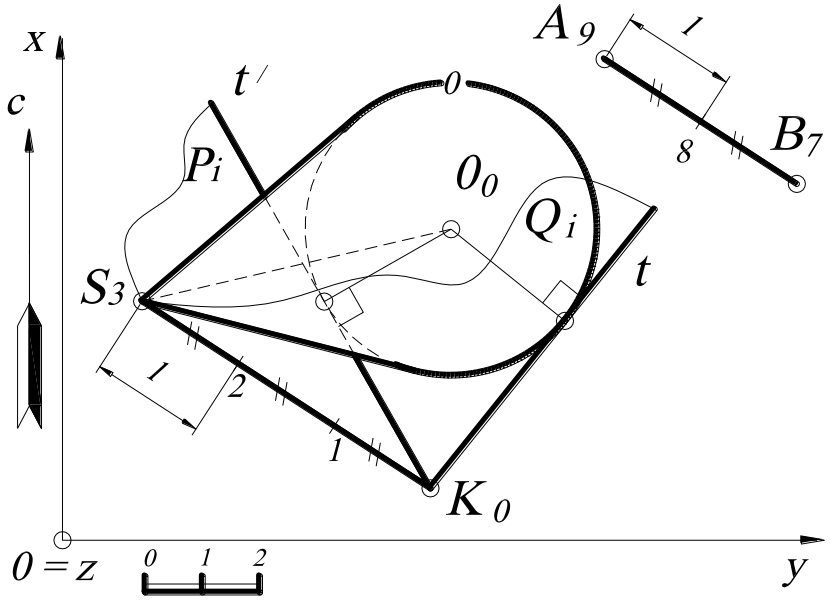


Рис. 103.

Решение (рис. 103). Известно, что прямая параллельна плоскости, если в плоскости найдётся хотя бы одна прямая, параллельная заданной. Следовательно, через вершину конуса S_3 проводят прямую, параллельную заданной прямой A_9B_7 (см. свойства параллельных прямых) и находят на этой прямой точку K с отметкой 0. Из полученной точки K_0 строят касательные прямые t и t' к основанию конуса (см. задачу 4.9). Прямые

S_3K_0 и t будут задавать одну искомую плоскость Q_i, а прямые S_3K_0 и t' - другую P_i.

7.2. *Дано*: точка A_1, точка B_4 и точка C_6. Построить точку $S_?$, равноудалённую от заданных точек A_1, B_4 и C_6 на расстояние ***4.5*** (по линейному масштабу).

Решение (рис. 104). Решение задачи сводится к построению прямого кругового конуса, образующая которого равна ***4.5***. Задача имеет два решения, то есть можно построить два конуса.

Вначале находят окружность основания конуса и точку O – центр основания конуса. По исходным данным, точки A_1, B_4 и C_6 принадлежат плоскости общего положения, следовательно, окружность основания будет проецироваться на плане в виде эллипса. Поэтому методом замены плоскостей проекций определяют натуральную величину треугольника $A_1B_4C_6$ (можно воспользоваться любым другим методом для определения натуральной величины $A_1B_4C_6$). Для этого строят профиль в проекционной связи перпендикулярно горизонталям плоскости $A_1B_4C_6$ и второй заменой плоскости проекций определяют натуральную величину $A_1B_4C_6$ (откладывая соответствующие координаты точек A_1, B_4 и C_6, взятые с плана).

Точка O' определяется на натуральной величине треугольника $A'B'C'$ как центр описанной окружности (точка пересечения серединных перпендикуляров к сторонам треугольника $A'B'C'$). Точку O' проецируют на профиль (используя принадлежность её к треугольнику ABC), определяют её числовую отметку ***3.1***, а затем строят на плане (отложив соответствующую координату).

Находят очерковую образующую $S'E'$, которая на профиле будет изображаться в натуральную величину (так как параллельна плоскости профиля), повернув точку A' вокруг $S'O'$. Затем на профиле из точки O восстанавливают перпендикуляр (высоту конуса) и засечкой циркуля из точки E радиусом ***4.5*** (по масштабу чертежа) определяют точку S – вершину конуса.

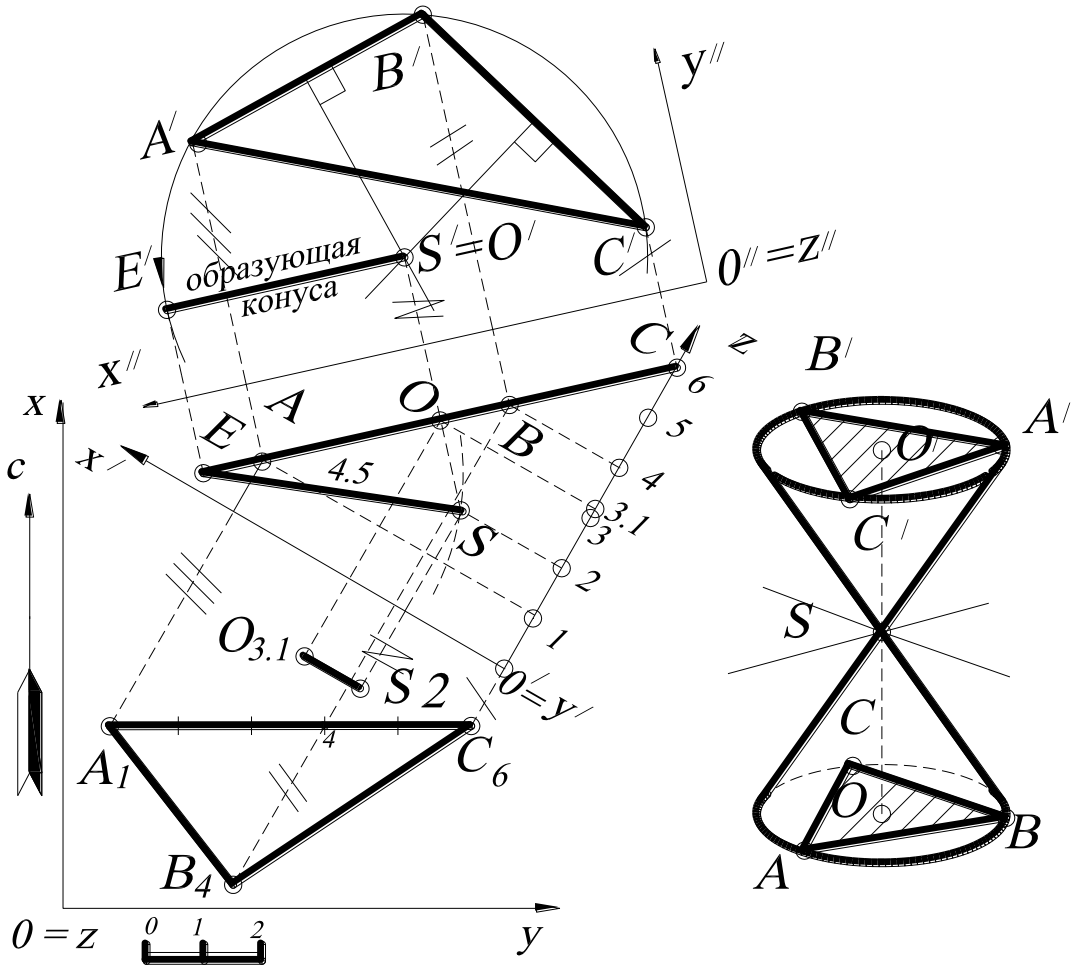


Рис. 104.

Точку ***S*** проецируют на план на прямую, проведённую через точку $O_{3.1}$ перпендикулярно горизонталям, так как высота конуса перпендикулярна его основанию (см. перпендикулярность прямой и плоскости). Точка S_2 – точка, равноудалённая от заданных точек A_1, B_4 и C_6 на расстояние ***4.5***.

7.3. *Дано:* точка O_3, точка $A_?$ и расстояние R. Найти числовую отметку точки $A_?$, если известно, что расстояние между точками $A_?$ и O_3 равно R.

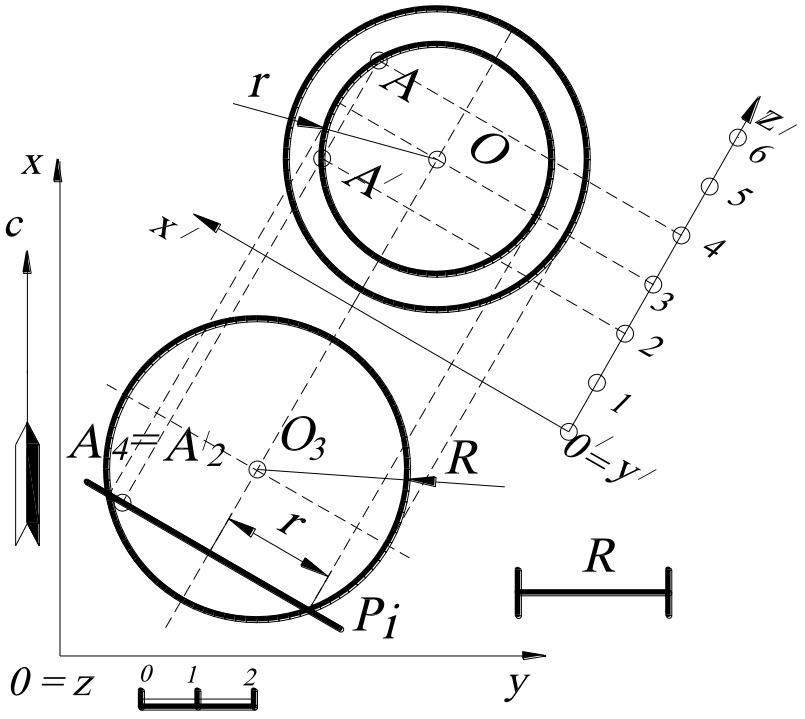


Рис. 105.

Решение (рис. 105). Задача сводится к построению сферы с центром O_3 и радиусом R. Другими словами, точка $A_?$ будет лежать на поверхности этой сферы, а числовая отметка этой точки определяется из принадлежности её к поверхности.

На плане строят сферу с центром O_3 и радиусом R. Известно, что если точка принадлежит поверхности, то она принадлежит линии, лежащей в этой поверхности. Следовательно, проводят через точку $A_?$ плоскость P_i, которая пересечёт эту сферу по окружности – параллели сферы. Затем для нахождения числовой отметки точки $A_?$ строят профиль этой параллели, на которую проецируют точку $A_?$ и определяют числовую отметку – это ***4*** (для наглядности на профиле построена также проекция сферы). Однако точка $A_?$ может иметь отметку ***2*** (см. рис. 103 – точка A'_2), так как в этой задаче два решения.

7.4. *Дано*: сфера (O_3 – центр, R – радиус) и точка $A_?$, принадлежащая этой сфере. На экваторе данной сферы построить точки, отстоящие от точки $A_?$ на расстояние ***r=2*** (по масштабу чертежа).

Решение (рис. 106). Задача сводится к нахождению точек пересечения сферы с центром $A_?$ и радиусом ***r=2*** с окружностью – экватором заданной сферы.

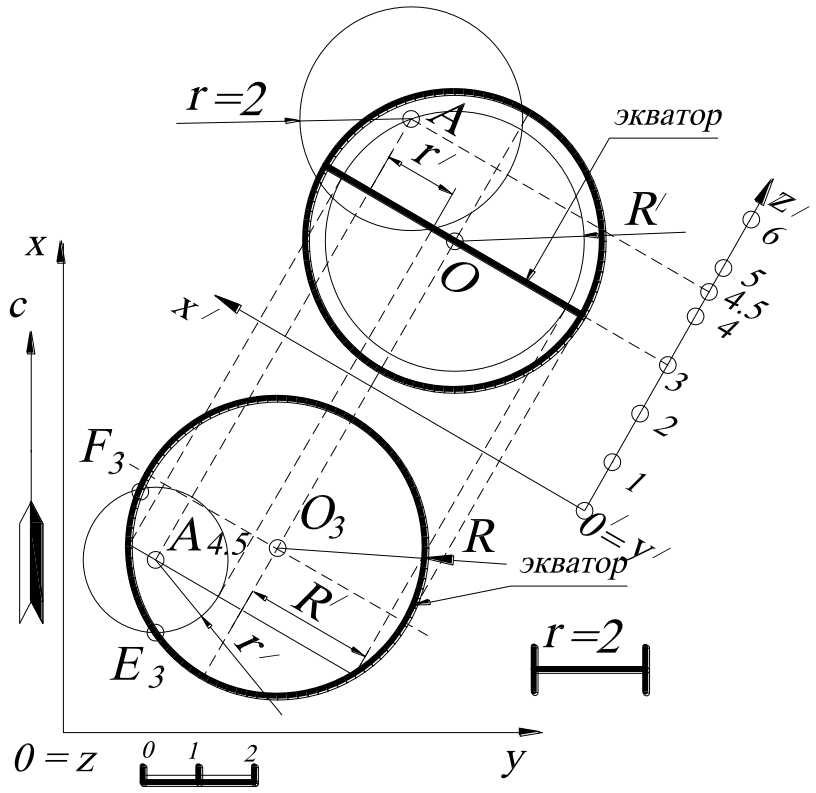


Рис. 106.

Другими словами, строят сферу с центром в точке $A_?$ и радиусом ***r=2*** и определяют пересечение этой сферы с экватором данной сферы. Построения выполняются следующим образом. Вначале находят числовую отметку точки $A_?$. Для этого проводят проецирующую плоскость через точку $A_?$, которая пересечёт заданную сферу по окружности радиуса R'. На профиле эта окружность в пересечении с линией проекционной связи определит числовую отметку точки $A_?$ – ***4.5*** (или ***1.5***, см. предыдущую задачу).

Затем на профиле строят сферу с центром в точке ***A*** и радиусом ***r=2*** и определяют радиус горизонтали r' построенной сферы, который соответствует числовой отметке «экватора» заданной сферы, то есть ***3***-й. На плане строят параллель сферы с радиусом r' и находят точки F_3 и E_3.

7.5. *Дано:* точки A_1, B_4, C_6 и D_2. Построить проекцию точки $O_?$, равноудалённую от четырёх данных точек.

Решение (рис. 107). Задача сводится к построению центра сферы, так как четыре некомпланарные точки задают сферу, а равноудалённая точка от четырёх – центр сферы. В этом случае, построив две параллели сферы, можно найти центр этой сферы, так как центры двух параллелей зададут ось сферы, а серединный перпендикуляр, проведённый к двум точкам, лежащим на одном очерке сферы, в пересечении с осью определит центр искомой сферы.

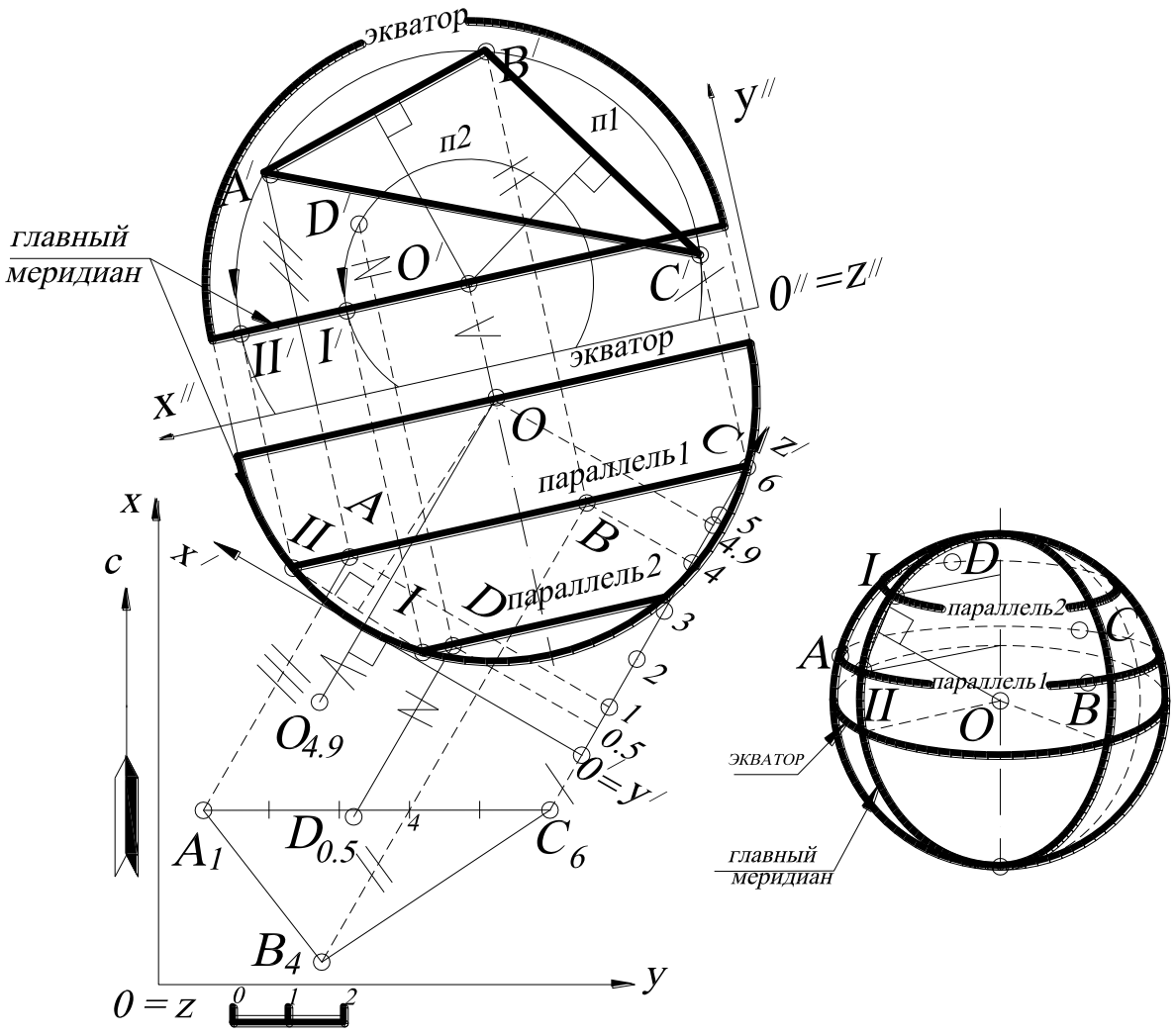


Рис. 107.

Известно, что три точки однозначно задают окружность (см. задачу 7.2), которая будет являться параллелью (горизонтальным сечением) искомой сферы. В

данном случае три точки, например A_1, B_4 и C_6, задают сечение $A_1B_4C_6$ сферы, которое не параллельно основной плоскости проекций H, так как точки A_1, B_4 и C_6 принадлежат плоскости общего положения. Для того чтобы точки A_1, B_4 и C_6 занимали горизонтальное положение, используют метод замены плоскостей проекций. На плане определяют горизонтали плоскости $A_1B_4C_6$, в которой находится ***параллель 1***, и двойной заменой плоскостей проекций определяют центр этой параллели (см. задачу 7.2.) – точка O' (то есть строят два серединных перпендикуляра к сторонам $A'B'$ и $B'C'$). Затем строят точку D', которая принадлежит ***параллели 2***. Точка O' является проекцией центра искомой сферы, а ось сферы на этой проекции является проецирующей прямой. Поэтому строят проекцию очерка сферы на профиле (на рис. 107 показана только его часть). Проекция очерка – «главного меридиана» - сферы на профиле будет проходить через точки I и II, которые определяются из принадлежности к параллелям сферы и линиям проекционной связи. В плоскости проекций $O''x''y''z''$ точки I' и II' принадлежат «главному меридиану», плоскость которого параллельна плоскости профиля.

На профиле строят проекцию оси сферы, которая будет проходить через точку O перпендикулярно параллелям. Затем, соединяя точки I и II , строят серединный перпендикуляр к этому отрезку, пересечение которого с осью даёт искомую точку O с числовой отметкой ***4.9***. Точку O проецируют на план.

7.6. *Дано:* сфера и прямой круговой конус. Построить точки $A_?$ и $B_?$, принадлежащие соответственно данным поверхностям сферы и конуса, если расстояние между ними минимально.

Решение (рис. 108). Задача сводится к нахождению кратчайшего расстояния между точкой и поверхностью (см. задачу 4.8). Проекцией кратчайшего расстояния будет являться прямая t, принадлежащая плоскости ω, задаваемой осью конуса и центром сферы. Для нахождения точек $A_?$ и $B_?$ – точек пересечения прямой t с поверхностями конуса и сферы, строится профиль, плоскость которого параллельна этой плоскости ω. На профиле строят прямую t, которая проходит

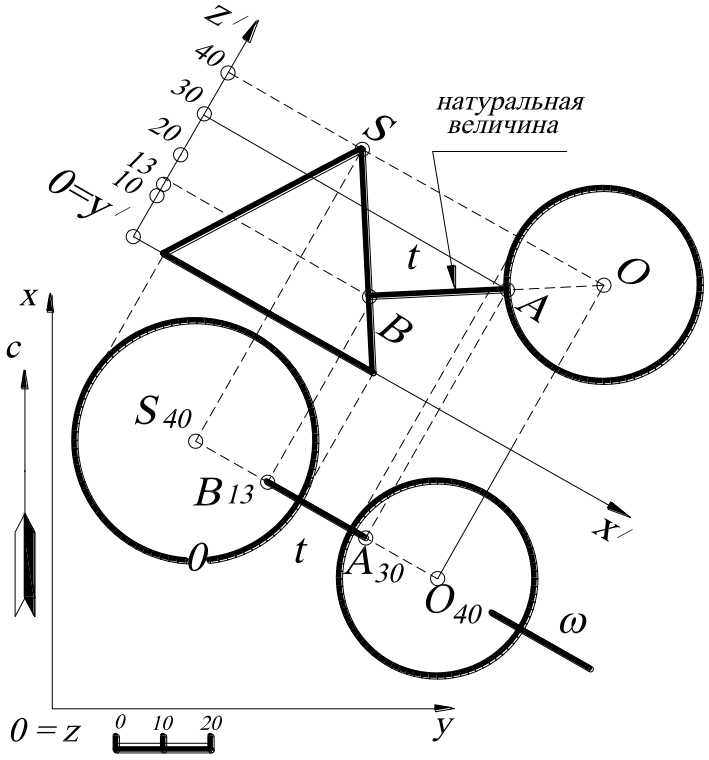


Рис. 108.

через центр сферы – точку ***O*** и перпендикулярна образующей конуса. Точки пересечения прямой ***t*** с очерками заданных поверхностей дадут искомые точки A_{17} и B_{16}, которые затем в проекционной связи находят на плане.

7.7. Дано: три пересекающиеся прямые S_5A_5, S_5B_2 и S_5C_0. Построить прямую ***m***, равнонаклоненную к заданным прямым и проходящую через точку ***S***.

Решение (рис. 109). Задача сводится к построению оси прямого кругового конуса, так как три пересекающиеся прямые задают прямой круговой конус, а прямая, равнонаклоненная к этим прямым, – ось конуса.

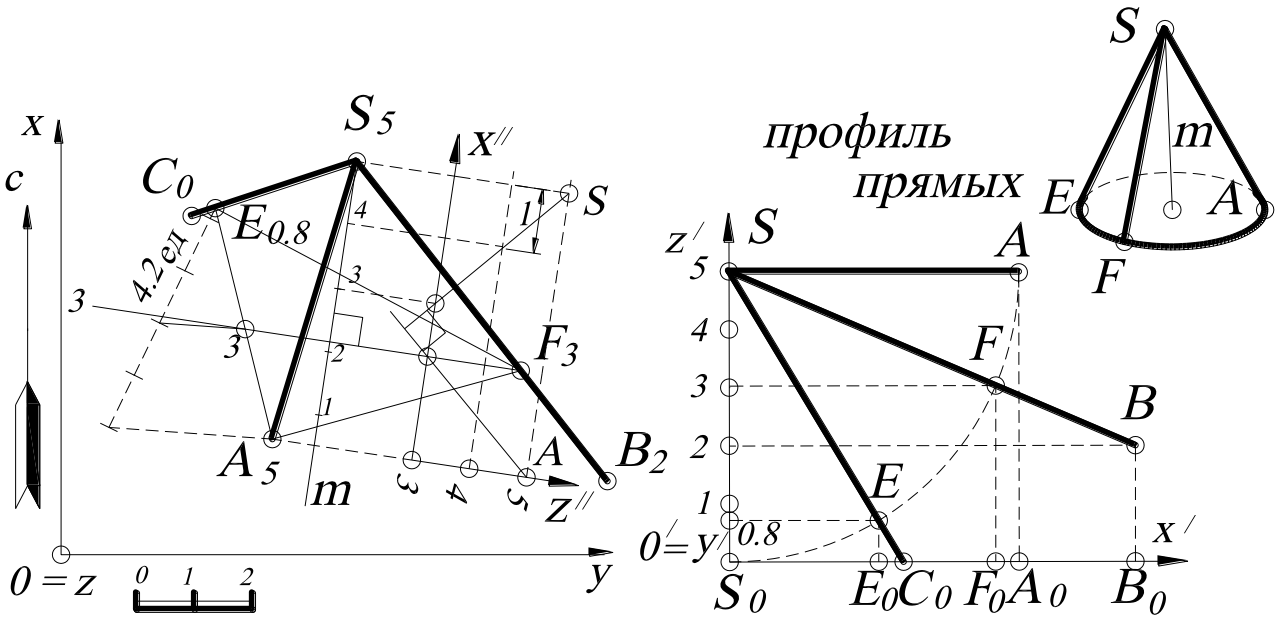


Рис. 109.

Известно, что ось прямого кругового конуса перпендикулярна плоскости основания, а образующие такого конуса задаются отрезками прямых равной длины. Для нахождения натуральных величин и их заложений строят профиль (можно воспользоваться и другим способом, например способом прямоугольного треугольника). На профиле отмеряют отрезки равной длины – ***SA***, ***SF*** и ***SE*** и определяют заложения (проекции) этих прямых одинаковой длины, равной $SA=S_0A_0=S_0F_0=S_0E_0$, которые отмечают на плане соответственно на прямых S_5A_5, S_5B_2 и S_5C_0. Точки A_5, $E_{0.8}$ и F_3 определяют плоскость основания конуса. Затем на плане находят горизонталь плоскости $A_5E_1F_3$ (градуированием). Из точки $E_{0.8}$ проводят произвольную прямую (шкалу высотных отметок) длиной ***4,2ед.*** (на рис. 109 эта длина соответствует масштабу чертежа), а затем по подобию треугольников находят на отрезке $A_5E_{0.8}$ числовую отметку ***3***, которую соединяют с точкой F_3, получая горизонталь h_3. Из точки S_5 строят прямую ***m***, перпендикулярную к плоскости $A_5F_3E_{0.8}$ (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Для нахождения интервала ***l*** оси конуса строят профиль, задаваемый осями $x'''y'''$ (см. задачи 2.11, 2.12).

Если в условии задачи необходимо определить плоскость, равнонаклонённую к трём пересекающимся прямым, то эта задача решается аналогично, то есть точки A_5, E_1 и F_3 задают искомую плоскость.

7.8. *Дано:* три параллельные прямые A_1B_4, C_3D_6 и E_0F_3. Построить прямую ***m***, равноудалённую от заданных прямых.

Решение (рис. 110). Решение задачи сводится к построению оси цилиндра, так как три параллельные прямые задают круговой цилиндр, а прямая, равноудалённая от этих прямых, – ось цилиндра. С помощью преобразования чертежа (двойной замены плоскостей проекций) переводят прямые A_1B_4, C_3D_6 и E_0F_3 из общего положения в частное – проецирующее (прямые изображаются в виде точек). В этой проекции находят равноудалённую точку (с помощью построения точки пересечения серединных перпендикуляров) – проекцию прямой ***m***, которая

будет задавать проекцию оси цилиндра. Затем последовательно прямую ***m*** находят на плане. В этом случае прямая задаётся произвольной точкой и направлением, так как образующие цилиндра параллельны его оси.

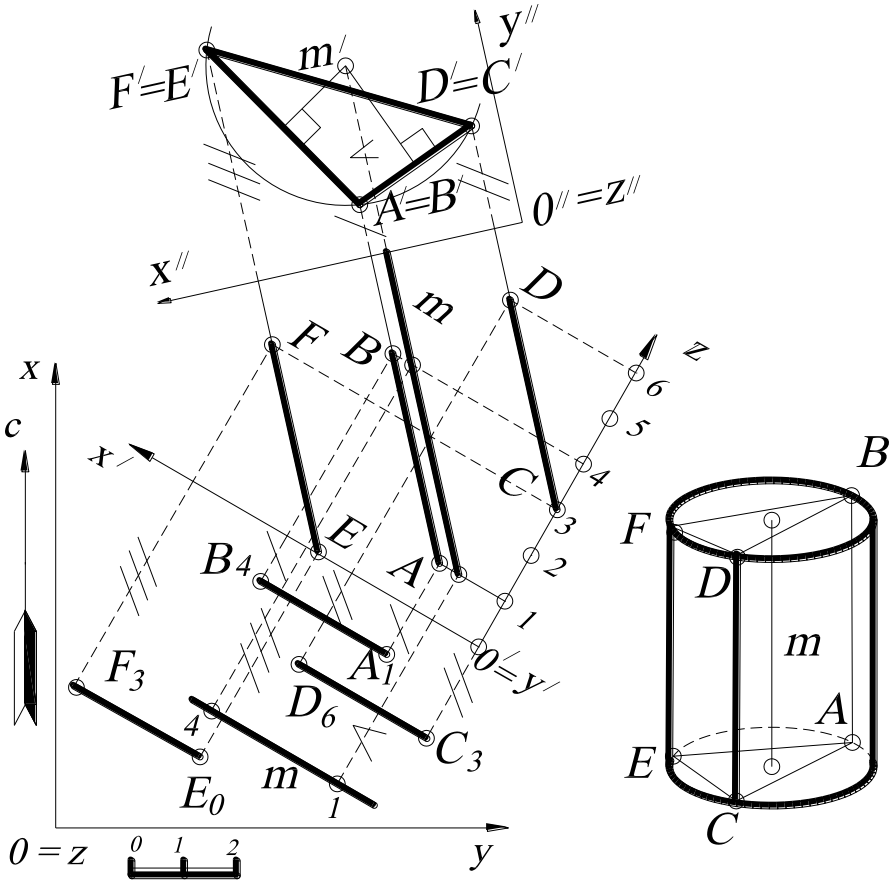


Рис. 110.

7.9. *Дано:* точка A_{20} и прямой круговой конус с вершиной S_{40}, стоящий на основной плоскости проекций ***H***. Провести через точку A_{20} плоскость, отстоящую на ***10*** (в масштабе чертежа) от поверхности конуса.

Решение (рис. 111). В данном случае удобнее всего воспользоваться эквидистантной поверхностью (от лат. aequus- «равный» + distntia- «расстояние»), то есть поверхностью, все точки которой отстоят от заданной поверхности на заданное расстояние. Задача сводится к построению касательной плоскости к эквидистантной поверхности, отстоящей от заданного конуса на расстояние ***10***. Строят эквидистантную поверхность, то есть конус, для чего строят профиль,

параллельный проекции прямой $S_{40}A_{20}$ (см. задачу 4.9). На профиле находят точку L – вершину эквидистантного конуса, проекция которого показана штриховыми линиями, и определяют точку B.

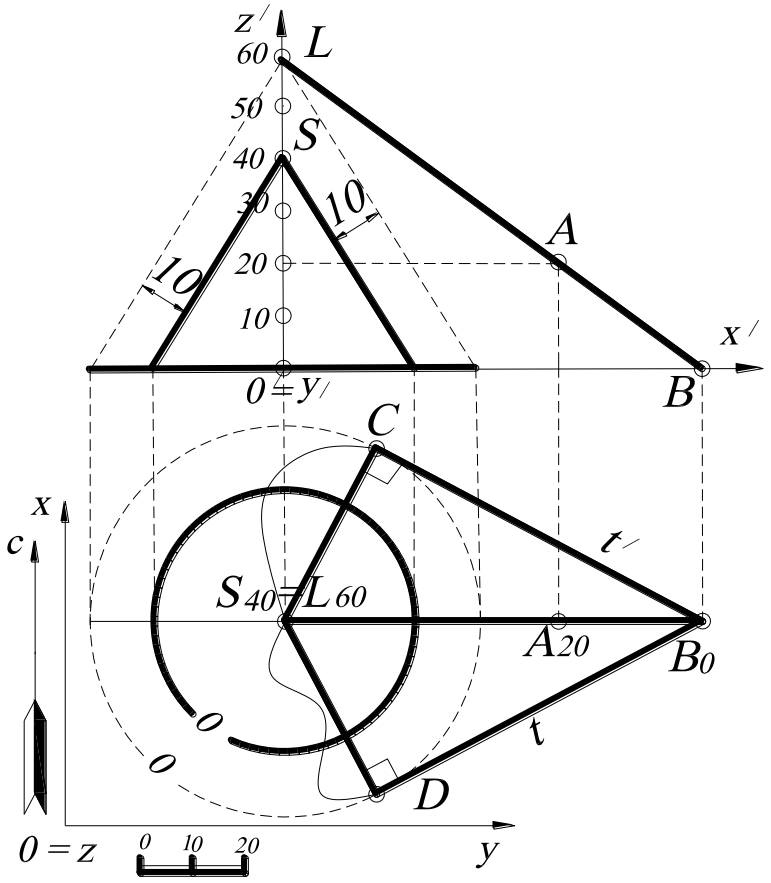


Рис. 111.

На плане из точки B_0 строят касательные к основанию эквидистантного конуса. Задача имеет два решения: пересекающиеся прямые t и $L_{60}B_0$ задают одну касательную плоскость, а прямые t' и $L_{60}B_0$ – другую.

7.10. *Дано:* прямая A_7B_0 и сфера с центром O_4 и радиусом R. Построить сферу радиуса $r=1$ (по масштабу чертежа), касающуюся данной сферы, если центр искомой сферы принадлежит прямой A_7B_0.

Решение (рис. 112). В данном случае необходимо определить точку на прямой A_7B_0, удалённую от заданной сферы на расстояние ***r=1*** – центр касательной

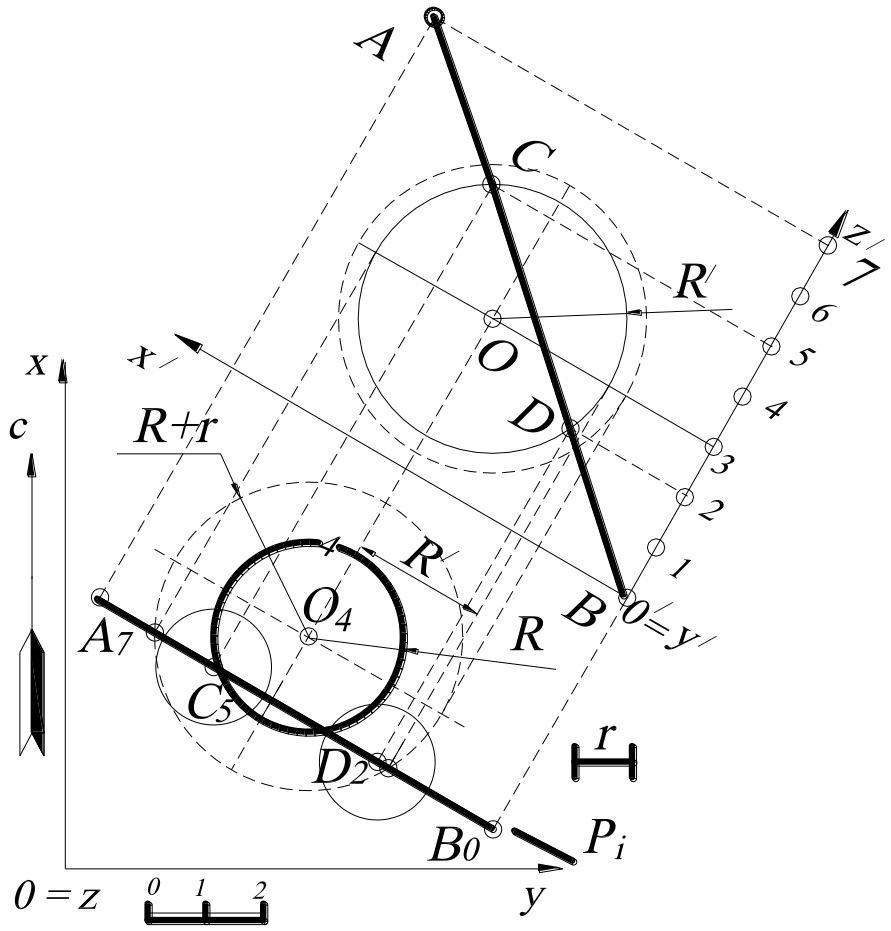


Рис. 112.

сферы. Таких точек будет две – с двух сторон сферы. В этом случае используется эквидистантная поверхность (см. задачу 7.9), то есть строят сферу радиусом ***R+r*** (на чертеже показана штриховыми линиями). Тогда задача сводится к нахождению точек пересечения прямой A_7B_0 с эквидистантной сферой (см. задачу 4.5). Для этого строится профиль, плоскость которого параллельна вспомогательной плоскости P_i, проведённой через прямую A_7B_0. На профиле находят пересечение эквидистантной сферы с проекцией прямой ***AB*** как пересечение параллели сферы R' и прямой ***AB*** (точки ***C*** и ***D*** – центры искомых касательных сфер). Проецируют точки ***C*** и ***D*** на план и строят две сферы из этих центров радиусом ***r***.

7.11. Построить плоскость $_{\Delta}\overline{\overline{A}}_?\,\overline{\overline{B}}_?\,\overline{\overline{C}}_?$, симметричную заданной плоскости $_{\Delta}A_0B_0C_0$ относительно плоскости общего положения $\theta\,(P_0K_{60}L_0)$. Определить двугранный угол между плоскостью $_{\Delta}A_0B_0C_0$ и плоскостью $_{\Delta}\overline{\overline{A}}_?\,\overline{\overline{B}}_?\,\overline{\overline{C}}_?$.

Решение. Декартову систему координат выбирают так, чтобы оси x и y совпадали с осями x и y в ортогональных проекциях (рис. 113), так как эта задача может аналогично решаться на эпюре Монжа (для удобства считывания изображений).

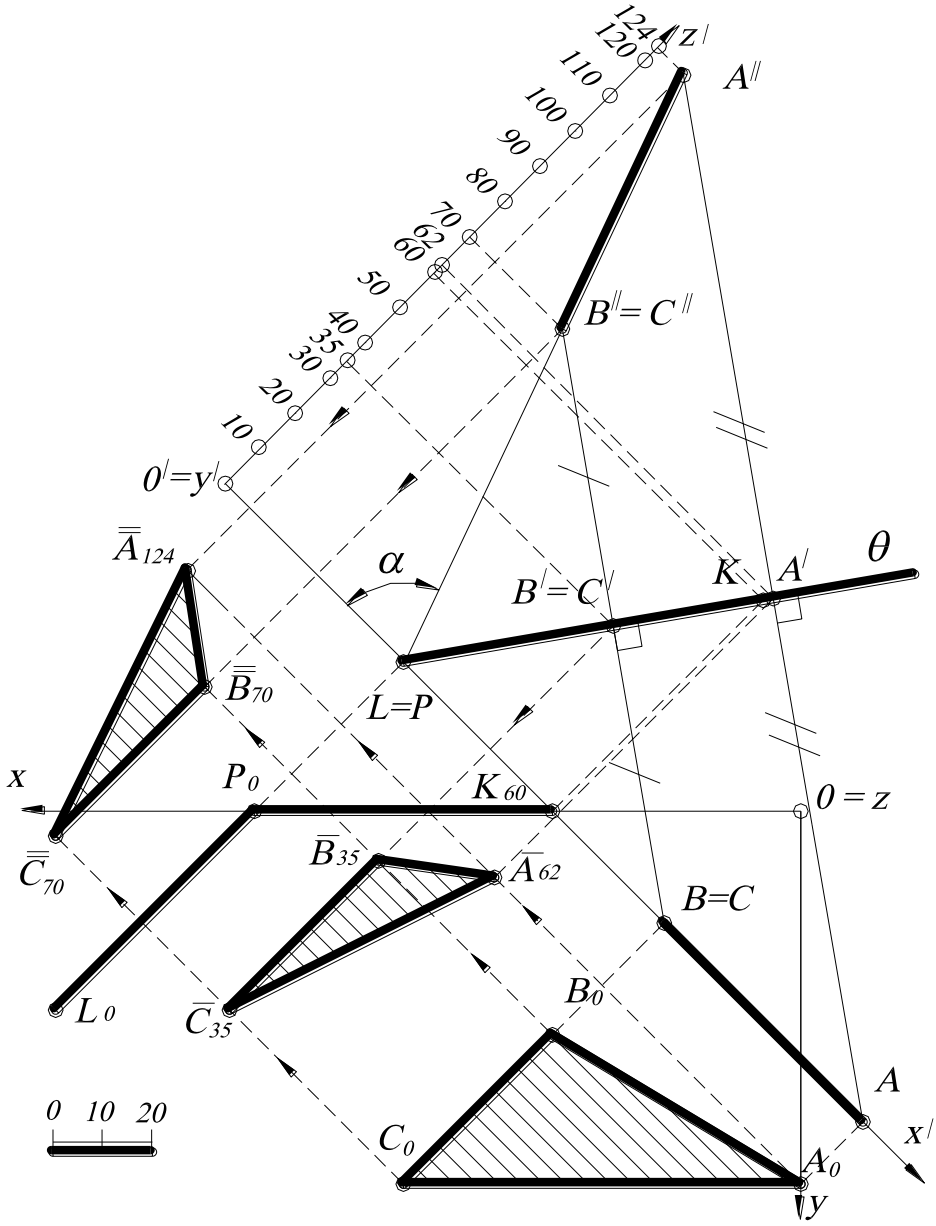


Рис. 113.

Для построения плоскости $\Delta \overline{\overline{A_?}}\,\overline{\overline{B_?}}\,\overline{\overline{C_?}}$, симметричной заданному треугольнику $\Delta A_0B_0C_0$ относительно плоскости $\theta\,(P_0K_{60}L_0)$, строят профиль так, чтобы плоскость симметрии проецировалась в виде прямой линии. Поэтому новую ось $x^{\swarrow}$ выбирают перпендикулярно к горизонталям плоскости $\theta\,(P_0K_{60}L_0)$. Тогда прямая P_0L_0, будет проецироваться на профиле в точку, так как высотная отметка точки L и P равна нулю. Плоскость $\Delta\, A_0B_0C_0$ будет проецироваться на профиле в виде отрезка прямой, так как этот треугольник лежит в горизонтальной плоскости проекций.

На профиле строят плоскость $A^{//}B^{//}C^{//}$, симметричную ABC относительно $\theta\,(LPK)$, а также плоскость $A^{/}B^{/}C^{/}$, принадлежащую $\theta\,(LPK)$.

Построение плоскости $A^{/}B^{/}C^{/}$ показано на рис. 111 стрелками, высотные отметки определяются на профиле. Аналогично строится треугольник $A^{//}B^{//}C^{//}$. В нашем случае треугольники ABC и $A^{//}B^{//}C^{//}$ на профиле являются проецирующими. Следовательно, угол между плоскостями равен α (угол между плоскостями считается острым).

В случае если $\Delta\, A_{60}B_{40}C_{10}$ занимает общее положение, то искомая плоскость $\Delta \overline{\overline{A_?}}\,\overline{\overline{B_?}}\,\overline{\overline{C_?}}$ будет строиться аналогичным образом (рис. 114). Однако на профиле плоскость ABC не будет проецирующей, а также будет занимать общее положение.

Таким образом, новую ось $x^{\swarrow}$ профиля выбирают перпендикулярно горизонталям плоскости $\theta\left(P_0K_{70}L_0\right)$ и строят заданную плоскость $A_{60}B_{40}C_{10}$ на профиле. Последовательность построений на рис. 114 показана стрелками.

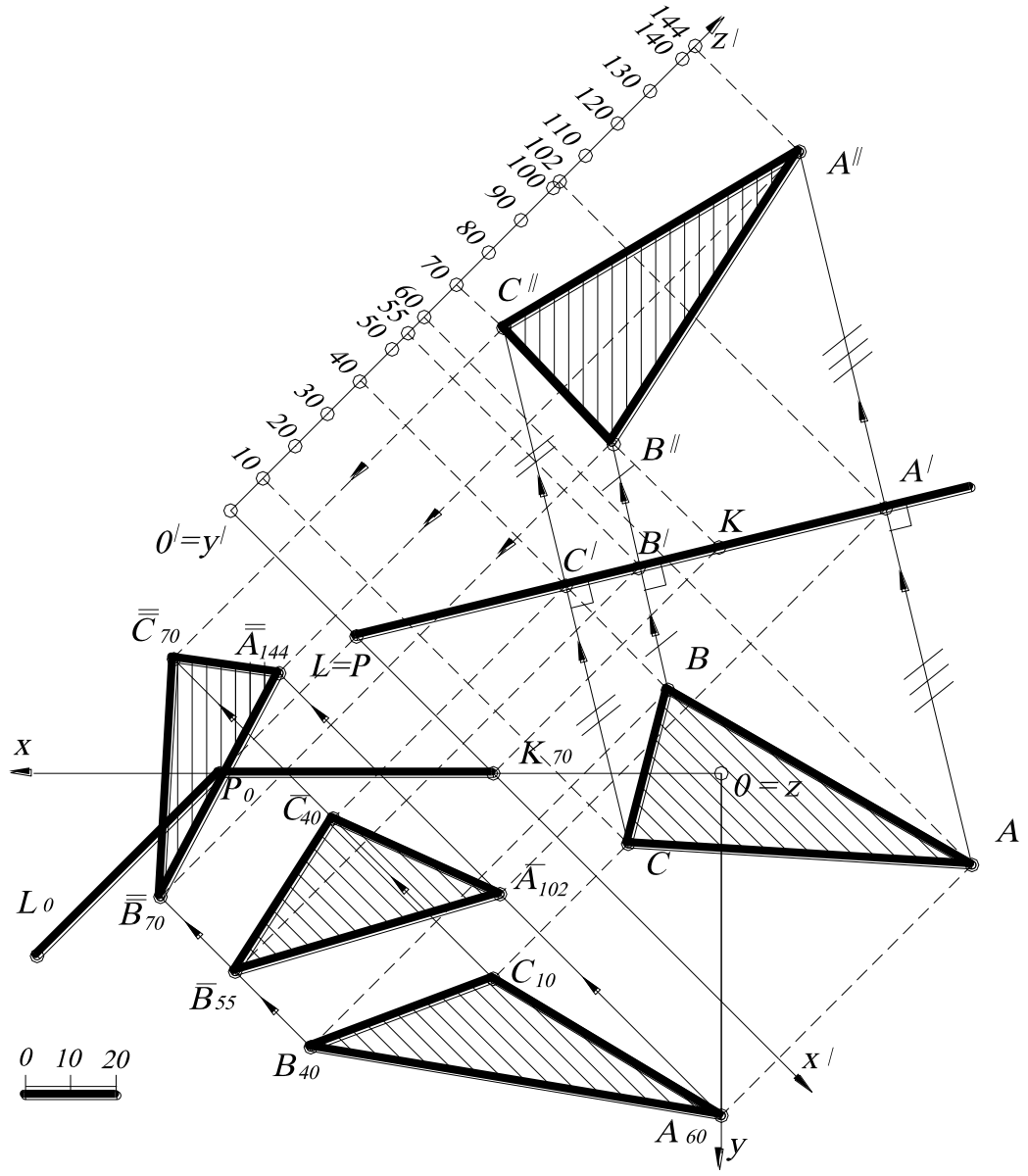


Рис. 114.

Для определения угла между плоскостями $A_{60}B_{40}C_{10}$ и $\overline{\overline{A}}_{144}\overline{\overline{B}}_{70}\overline{\overline{C}}_{70}$ следует скопировать исходные данные треугольников $A_{60}B_{40}C_{10}$ и $A_{144}B_{68}C_{70}$, а также точку B_{55} на свободное поле чертежа (см. задачу 2.26). Затем из точки B_{55} последовательно опустить перпендикуляры на плоскости $A_{60}B_{40}C_{10}$ и $A_{144}B_{68}C_{70}$ (рис.115).

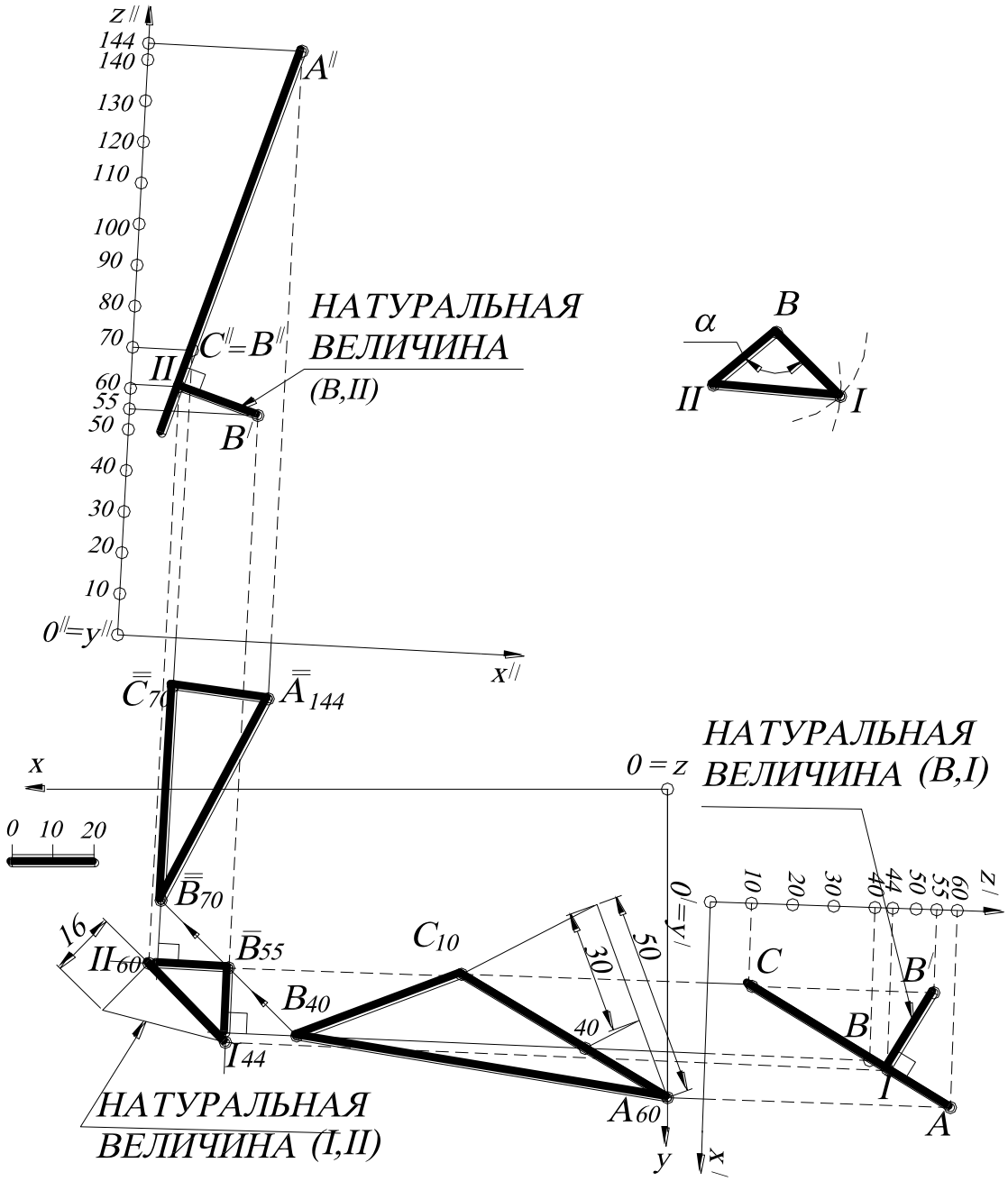


Рис.115.

Для определения расстояния от точки B_{55} до треугольника $A_{60}B_{40}C_{10}$ строят новый профиль $O'x'y'z'$, у которого ось x' будет направлена под прямым углом к горизонталям плоскости $A_{60}B_{40}C_{10}$. В этом случае треугольник $A_{60}B_{40}C_{10}$ будет проецироваться на этот профиль в виде прямой линии, что и требовалось получить. Строят на этом профиле проекцию точки B_{55}, которая находится на линии

проекционной связи, перпендикулярной оси x', и на расстоянии от этой оси, равном ***55*** (координата *z*). Из полученной проекции точки B' (на профиле) строят перпендикуляр на проецирующую плоскость ***ABC*** и получают отрезок ***(B,I)***, который проецируется в натуральную величину. На плане точка I_{44} будет находиться на пересечении прямой, параллельной оси x' (перпендикуляра к горизонтали плоскости $A_{60}B_{40}C_{10}$) и линии проекционной связи.

Аналогичным образом находят расстояние от точки B_{55} до плоскости $A_{144}B_{70}C_{70}$ ($B_{70}C_{70}$ – горизонталь плоскости) и строят проекцию этого расстояния на плане. Затем методом прямоугольного треугольника находят натуральную величину отрезка ***(I, II)***. На свободном поле чертежа методом засечек строят натуральную величину Δ ***B I II*** , а угол при вершине ***B*** будет определять искомый угол α.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

7.1. Построить прямую $F_{10}E_{80}$, равноудаленную от сторон треугольника ***ABC***. Проекции точек ***A***, ***B*** и ***C*** заданы следующими координатами: ***A(80,50,20)***, ***B(60,110,70)***, ***C(40,60,10)***.

7.2. Построить прямую $C_?D_?$ длиной ***40 мм***, параллельную прямой $A_{10}B_{50}$, если расстояние между ними ***a=30***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(40, 20, 10)***, ***B(15, 65, 50)***, ***C(50, 40, ?)***, ***D(35, ?, ?)***.

7.3. Построить проекцию прямой, пересекающую прямую $A_{60}B_0$, параллельную $C_{10}D_{50}$ и отстоящую от последней на расстояние ***r=20***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(35, 15, 60)***, ***B(45, 60, 0)***, ***C(30, 40, 10)***, ***D(10, 80, 50)***.

7.4. Построить плоскость, проходящую через точку ***A(40, 75, 50)*** и составляющую угол 45^0 с основной плоскостью проекций ***xOy*** и угол 30^0 с вертикальной плоскостью, проходящей через ось ***Oy***.

7.5. Построить плоскость, проходящую через точку ***A(25***, ***85***, ***10)*** и касающуюся одновременно двух сфер ω и ω'. Сфера ω задана центром ***O(20***, ***20***, ***25)*** и радиусом ***R=15***, сфера ω' задана центром ***O′(55***, ***70***, ***25)*** и радиусом ***R′=20***. Указать возможное количество решений.

7.6. В плоскости ***ABC*** построить точку, удалённую от заданных точек F_{50} и E_{40} на расстояние R_1***=40 мм*** и R_2***=30 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(50***, ***20***, ***80)***, ***B(15***, ***120***, ***0)***, ***C(85***, ***85***, ***40)***, ***F(60***, ***40***, ***50)***, ***E(50***, ***80***, ***40)***. Указать возможное количество решений.

7.7. Определить направление луча (азимут падения и интервал), выходящего из точки ***A(50***, ***50***, ***60)*** и проходящего через точку ***B(10***, ***95***, ***30)*** после отражения от плоскости ω. Плоскость ω задана тремя точками ***C(75***, ***25***, ***50)***, ***D(30***, ***45***, ***30)***, ***E(50***, ***100***, ***0)***.

7.8. Даны две пересекающиеся прямые ***AB*** и ***BC***. Через прямую ***BC*** построить плоскость, составляющую с прямой ***AB*** угол 30^0. Проекции точек прямой заданы следующими координатами: ***A(10***, ***35***, ***50)***, ***B(30***, ***85***, ***20)***, ***C(20***, ***20***, ***10)***.

7.9. Найти на прямой $K_{30}E_{10}$ точку, равноудалённую от сторон линейного угла $A\hat{B}C$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(30***, ***5***, ***50)***, ***B(70***, ***60***, ***30)***, ***C(10***, ***110***, ***0)***, ***K(60***, ***35***, ***30)***, ***E(10***, ***75***, ***10)***.

7.10. Найти точку $S_?$, равноудалённую от сторон треугольника $A_{20}B_{50}C_{70}$ на расстояние ***a=50 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(35***, ***15***, ***20)***, ***B(15***, ***60***, ***50)***, ***C(50***, ***75***, ***70)***. Указать возможное количество решений.

7.11. Через точку K_{30} провести плоскость, равнонаклонённую к прямым ***SA***, ***SB***, ***SC***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***K(100***, ***40***, ***30)***, ***S(55***, ***65***, ***20)***, ***A(40***, ***25***, ***20)***, ***B(10***, ***65***, ***50)***, ***C(55***, ***65***, ***20)***.

7.12. Через точку S_{20} провести прямую, равнонаклонённую к прямым ***SA***, ***SB***, ***SC***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***S(55***, ***65***, ***20)***, ***A(40***, ***25***, ***20)***, ***B(10***, ***65***, ***50)***, ***C(40***, ***100***, ***60)***.

7.13. Построить прямую, проходящую через точку S_{20} и равнонаклонённую к прямым $A_{30}B_{80}$, $C_{50}D_{80}$, $F_{20}E_{20}$. Проекции точек заданы следующими коорди-

натами: ***S(55, 65, 20)***, ***A(90, 65, 30)***, ***B(80, 90, 80)***, ***C(100, 45, 50)***, ***D(55, 45, 80)***, ***F(70, 0, 20)***, ***E(85, 40, 20)***.

7.14. Через заданные точки A_{40} и B_{25} построить прямые, равнонаклонённые к прямой $C_{50}D_{20}$ и пересекающие последнюю в одной точке $S_?$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(20, 90, 40)***, ***B(30, 5, 25)***, ***C(40, 15, 50)***, ***D(10, 70, 20)***.

7.15. Через точку A_{50} построить прямые, пересекающие прямую $C_{20}D_{60}$ и отстоящие от точки B_{50} на расстояние ***r=40 мм***. Проекции точек заданы координатами: ***A(5, 130, 50)***, ***B(55, 80, 50)***, ***C(15, 65, 20)***, ***D(45, 135, 60)***.

7.16. Построить сферу, касающуюся трёх параллельных прямых ***AB***, ***CD***, ***FE*** и горизонтальной плоскости проекций ***xOy***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(60, 10, 40)***, ***B(45, 55, 70)***, ***C(25, 10, 20)***, ***F(30, 50, 20)***.

7.17. Найти точку K_{40}, равноудалённую от трёх параллельных прямых $A_{40}B_{70}$, $C_{20}D_?$, $F_{20}E_{50}$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(60, 10, 40)***, ***B(45, 55, 70)***, ***C(25, 10, 20)***, ***F(30, 50, 20)***.

7.18. На биссектрисе угла, образованного отрезками прямых $A_{50}B_{30}$ и $A_{50}C_0$, найти точку, находящуюся от данной точки K_{70} на расстоянии ***25 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(20, 10, 50)***, ***B(55, 35, 30)***, ***C(15, 60,0)***, ***K(45, 100, 70)***. Указать возможное количество решений.

7.19. На поверхности данной сферы ω найти точки, равноудалённые от сторон треугольника $A_{50}B_0C_{30}$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(80, 10, 50)***, ***B(75, 45, 0)***, ***C(60, 20, 30)***. Сфера ω задана центром ***O(50, 105, 90)*** и радиусом ***R=35 мм***.

7.20. Построить проекции квадрата $A_{20}B_?C_?D_?$, сторона которого принадлежит прямой $A_{20}K_{50}$, а вершина $B_?$ лежит в плоскости треугольника $K_0L_{40}M_{30}$. Сторона квадрата ***a=35 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(55, 45, 20)***, ***K(60, 85, 0)***, ***L(35, 120, 40)***, ***M(25, 85, 30)***. Указать возможное количество решений.

7.21. Построить проекции цилиндра вращения, ось которого принадлежит отрезку прямой $O_{20}K_{50}$. Цилиндрическая поверхность касается прямой $A_{40}B_{10}$. Точка O_{20} – центр нижнего основания цилиндра, а высота его – ***60 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***O(40***, ***20***, ***20)***, ***K(25***, ***70***, ***50)***, ***A(55***, ***55***, ***40)***, ***B(15***, ***90***, ***10)***.

7.22. Построить плоскость, касательную к двум сферам ω, ω' и параллельную заданной прямой $A_{20}B_{70}$. Проекция прямой задана координатами точек ***A(55***, ***60***, ***20)***, ***B(35***, ***110***, ***70)***. Сфера ω задана центром ***O(45***, ***25***, ***20)*** и радиусом ***R=20 мм***; сфера ω' задана центром O'***(95***, ***75***, ***30)*** и радиусом R'***=25 мм***.

7.23. Построить плоскость, касательную к наклонному цилиндру и сфере. Цилиндр задан осью $O_0O'_{60}$ и основанием – окружностью радиуса ***R=20 мм***. Сфера задана центром ***S(40***, ***110***, ***30)*** и радиусом ***r=15 мм***. Проекции точек имеют следующие координаты: ***O(75***, ***75***, ***0)***, O'***(45***, ***20***, ***60)***.

7.24. В плоскости $K_{60}L_{80}M_{40}$ найти точки, удалённые от двух параллельных прямых $A_{20}B_{50}$ и $C_{40}D_{70}$ на расстояние ***R=20 мм*** от $A_{20}B_{50}$ и на расстоянии ***r=30 мм*** от $C_{40}D_{70}$. Проекции точек заданы координатами: ***A(70***, ***20***, ***20)***, ***B(50***, ***70***, ***50)***, ***C(45***, ***10***, ***40)***, ***D(25***, ***?***, ***70)***; ***K(55***, ***105***, ***60)***, ***L(5***, ***70***, ***80)***, ***M(5***, ***110***, ***40)***.

7.25. Построить точки пересечения конуса вращения с окружностью ω. Конус вращения стоит на горизонтальной плоскости проекций и задан вершиной ***S(30***, ***50***, ***55)*** и круговым основанием с центром ***C(30***, ***50***, ***0)*** и радиусом ***R=30 мм***. Окружность ω задана центром ***O(15***, ***50***, ***30)*** и радиусом ***r=20***, причём плоскость окружности ω параллельна вертикальной плоскости, проходящей через ось ***Oy***.

7.26. Четыре шара радиуса ***R=20 мм*** лежат на дне куба со стороной ***4R=80 мм***. Построить шар, касающийся четырёх данных шаров и верхнего основания куба.

7.27. Через данную точку M_{110} провести плоскость, пересекающую боковую поверхность пирамиды ***SABCD*** по параллелограмму. Проекции точек заданы координатами: ***S(135, 120, 150) A(55, 15, 20)***, ***B(95, 180, 70)***, ***C(20, 160, 30)***, ***D(20, 25, 0) M(160, 55, 110)***.

7.28. Построить плоскость, касающуюся трёх сфер ω, ω' и ω''. Сфера ω задана центром ***A(40, 35, 25)*** и радиусом ***R=25 мм***, сфера ω' - центром ***B(40, 35, 65)*** и радиусом R'***=10 мм***, сфера ω'' - центром ***C(40, 85, 15)*** и радиусом R''***=15 мм***.

7.29. Построить прямую $F_?E_?$, пересекающую две скрещивающиеся прямые $A_{20}B_{70}$ и $C_{30}D_{60}$ и перпендикулярную плоскости $K_{30}L_{50}M_{50}$. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(10, 10, 20)***, ***B(65, 45, 70)***, ***C(80, 60, 30)***, ***D(30, 75, 60)***, ***K(35, 90, 30)***, ***L(35, 150, 80)***, ***M(5, 115, 50)***.

7.30. В произвольный тетраэдр вписать сферу, построив предварительно её центр.

7.31. Построить проекцию куба $ABCDA'B'C'D'$, ребро AA' которого принадлежит отрезку прямой $A_{20}K_{50}$, а вершина $B_?$ лежит в плоскости треугольника $K_0L_{40}M_{30}$. Ребро куба ***a=35 мм***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(55, 45, 20)***, ***K(60, 85, 0)***, ***L(35, 120, 40)***, ***M(25, 85, 30)***.

7.32. Дан куб $ABCDA'B'C'D'$, основание ***ABCD*** которого принадлежит горизонтальной плоскости проекций. Ребро куба ***a=80***. На ребре ***AD*** как на диаметре построена сфера. Построить проекцию второй сферы, лежащей внутри куба и касающейся первой сферы и граней трёхгранного угла с вершиной A'.

7.33. Дан куб $ABCDA'B'C'D'$, основание ***ABCD*** которого принадлежит горизонтальной плоскости проекций. Ребро куба ***a=80***. Сфера ***R=20 мм***, лежащая внутри куба, касается граней трёхгранного угла с вершиной ***A***. Построить проекцию второй сферы, лежащей внутри куба и касающейся первой сферы и граней трёхгранного угла с вершиной C'.

7.34. Дан куб $ABCDA'B'C'D'$, основание $ABCD$ которого принадлежит горизонтальной плоскости проекций. Ребро куба $a=80$. Сфера $R=30$ *мм*, лежащая внутри куба, касается граней трёхгранного угла с вершиной A. Построить проекцию второй сферы, лежащей внутри куба и касающейся первой сферы и граней трёхгранного угла с вершиной C.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значительное место в вузовском курсе начертательной геометрии занимает решение задач. Пожалуй, не менее половины всего учебного времени, а в ряде случаев и большей половины всего учебного времени тратится на решение задач.

Между тем большинство студентов так и не научаются в должной степени решению задач и, встретившись с задачей совсем не трудной, но незнакомого или малознакомого вида, не знают, как к ней подступиться, с чего начать решение, и после нескольких попыток отказываются от этого, как им кажется, безнадежного дела. Однако некоторые студенты сумели найти общий подход к решению любых задач.

Многочисленные показывают, что традиционная методика решения задач не способствует формированию у студентов общих умений и способностей к решению задач.

Какова эта методика? Изучив какой-либо теоретический раздел программы, преподаватель на лекции демонстрирует решение одной или нескольких задач на применение изученной теории, затем подобные задачи студенты должны прорешать дома по сборнику задач. После этого на практических занятиях решаются задачи комплексного плана, с использованием информации, полученной при решении предыдущих типовых задач.

Казалось бы, в методике начертательной геометрии должны быть разработаны методы и приемы обучения задач. Однако, как показывает процесс обучения, считается, что «спасение утопающего – дело рук самого утопающего». Нет общей концепции подачи информации, при которой студент смог бы «выплыть» из сложившейся ситуации. Необходимо выработать общую методику решения задач, при которой студенты и выпускники технических вузов не содрогались, услышав слова «начертательная геометрия».

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Горная графическая документация. – М.: Изд. стандартов, 1983. – 200 с.

Горная энциклопедия / гл. ред. Е. А. Козловский. Т. 1– Т.5– М.: Сов. энциклопедия, 1989.

Ломоносов, Г. Г. Инженерная графика/ Г. Г. Ломоносов. - М.: Недра, 1984. – 287 с.

Нартова, Л. Г. Начертательная геометрия. Теория и практика [Текст]: учебник для вузов / Л. Г. Нартова, В. И. Якунин. - М.: Дрофа, 2008. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 297.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия: учебник для вузов/ В. А. Пеклич. – М.: Изд-во АСВ, 1999. - 248 с.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / В. А. Пеклич. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. - 272 с. : ил. - Библиогр.: с. 265.

Русскевич, Н. Л. Начертательная геометрия/ Н. Л. Русскевич. – Киев: Вища школа, 1978. - 312 с.

Тарасов, Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве/ Б. Ф. Тарасов. – Л.: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Фролов, С А. Сборник задач по начертательной геометрии [Текст]: учебное пособие/ С. А. Фролов. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 192 с.: ил.

Фролов, С. А. Методы преобразования ортогональных проекций/ С. А. Фролов.- М.: Машгиз, 1963. –144 с.

Фролов, С. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / С. А. Фролов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2008. - 286 с.: цв.ил.

Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение [Текст]: учебник / А. А. Чекмарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Владос, 2005. - 471 с.: ил. - (Учебник для вузов). - Библиогр.: с. 465-466.

Четверухин, Н. Ф. Курс начертательной геометрии/ Н. Ф. Четверухин. – М.: Высшая школа, 1968. – 276 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Задачи и решения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 132 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Теория и приложения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 256 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие…… ***3***

1. Прямая. Способы задания прямой. Градуирование. Взаимное положение прямых……. ***4***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***10***

2. Плоскость. Способы задания. Взаимное положение прямой и плоскости, двух плоскостей…….. ***14***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***42***

3. Многогранники…… ***46***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***58***

4. Поверхности……. ***61***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***78***

5. Топографические поверхности…….. ***81***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***94***

6. Развёртки…….. ***97***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***105***

7. Комплексные задачи…… ***108***

Упражнения для самостоятельного решения…… ***143***

Заключение……. ***149***

Список рекомендуемой литературы……. ***150***

Учебное издание

Шангина Елена Игоревна

Шангин Георгий Андреевич

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ

Учебное пособие

Редактор издательства Л. В. Устьянцева

Компьютерная верстка и графика авторов

Подписано в печать 22.04.2015. Формат 60х84 $^{1}/_{16}$. Бумага писчая. Печать на ризографе. Печ. л. 9,5. Уч. изд. л. 8,5. Тираж 300 экз. Заказ №

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский гос. горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники
издательства УГГУ

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина
Г.А. Шангин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Допущено Учебно-методическим объединением
в области горного дела в качестве учебного пособия
для студентов направления 650600 «Горное дело»

Издание второе, стереотипное

Екатеринбург – 2015

УДК 514.18
Ш 20

Рецензенты: *Денисов М. А*. профессор, д-р техн. наук кафедры «Инженерная графика» Уральского федерального университета
Савельев Ю. А. канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная графика» Уральского государственного университета путей сообщения.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Шангина Е.И., Шангин Г.А.
Ш 20 Инженерная графика. Теория и приложения: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 254 с.: ил.

Изложены современные геометрические основы отображения различных многообразий и их инвариантные свойства, такие как, симметрия, пропорциональность, размерность. Освещены теоретические положения курса начертательной геометрии в проекциях с числовыми отметками, рассмотрены ортогональные, аксонометрические проекции, дано обобщение методов решения задач. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Горное дело», а также по направлениям «Прикладная геология» и «Технологии геологической разведки», а также может быть полезно при организации научных исследований студентам, аспирантам и преподавателям, специализирующимся в области геометрического моделирования.

УДК 514.18

©Уральская гос. горно-геолог. академия, 2006
© Уральский государственный горный университет, 2015
© Шангина Е. И., 2006
© Шангина Е. И., Шангин Г. А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геометрию (geometria – «землемерие», греч.) издавна причисляли к семи свободным искусствам: грамматика, риторика, диалектика, арифметика, геометрия, астрономия, музыка.

«Геометрия как таковая начинается интуитивно. Её история проходит такой путь, что грубые идеи формы, массы, площади поверхностей, длины анализируются, уточняются, делаются абстрактными и приводят к понятию геометрических фигур. Известна неспособность большинства животных и некоторых примитивных рас людей понимать рисунок. Не имея глубины, кроме той, которая имитирована мастерством рисунка и тенями, он производит на неразвитый интеллект впечатление плоских областей, контрастно раскрашенных». [*]

Начертательную геометрию, понимая под ней классические методы – метод Монжа, аксонометрию, перспективу, проекции с числовыми отметками, обычно определяют как ***раздел геометрии, изучающий способы отображения пространства на плоскость, то есть способы изображения пространственных фигур (точнее сказать многообразий) на плоском чертеже***. Причём под плоскостью чертежа в настоящее время понимается не только классический чертёж, но и экран компьютера. Говорят, что чертёж – язык техники, а начертательная геометрия – грамматика этого языка.

Как правило, решаемые в начертательной геометрии задачи – это задачи конструктивные, то есть задачи на построение (в отличие от задач на доказательство или на вычисление). Вначале следует представить, «увидеть» пространственную конструкцию – ***оригинал***, составить план (***алгоритм***) решения трёхмерной (в общем случае многомерной) задачи, а затем переходить к реализации этих действий на чертеже, то есть переводу этого алгоритма на «язык» изображений ***(проекций***). Этот метод позволяет получать ***геометрическую модель*** и называется ***геометрическим моделированием***.

[*] D.M.Y. Sommerville. An introduction to the geometry of N dimension. London, 1929. – 7 p.

Основным условием построения геометрической модели является её ***обратимость***, то есть построение модели по заданному оригиналу и, наоборот, построение оригинала по заданной модели. Следовательно, возникает задача взаимно однозначного и взаимно непрерывного соответствия между оригиналом и моделью (и наоборот). Поэтому в первой части учебного пособия в сжатой форме излагаются теоретические вопросы современной начертательной геометрии. Здесь даются элементы теории множеств (отображения, преобразования, произведение преобразований), рассматривается понятие «размерность» и различные примеры подсчёта параметров для проверки корректности постановки геометрической задачи. Рассмотрены различные системы координат. В обзорной форме излагается теория получения некоторых видов проекций.

В современных компьютерных программах для создания графических объектов имеются команды меню «Редактор» («Зеркало», «Поворот», «Сдвиг»», «Копия» и др.), которые позволяют ускорять и упрощать процесс создания чертежа, при этом возрастает точность геометрических построений.

С точки зрения теории симметрии команда «Зеркало» представляет собой осевую симметрию; команда «Поворот» - поворотную симметрию; «Сдвиг» - параллельный перенос; «Копия» - движение, сохраняющее тождественное преобразование. Однако чаще всего пользователи ПК не владеют теорией симметрии и поэтому строят чертёж привычными методами, при которых используются традиционные чертёжные инструменты.

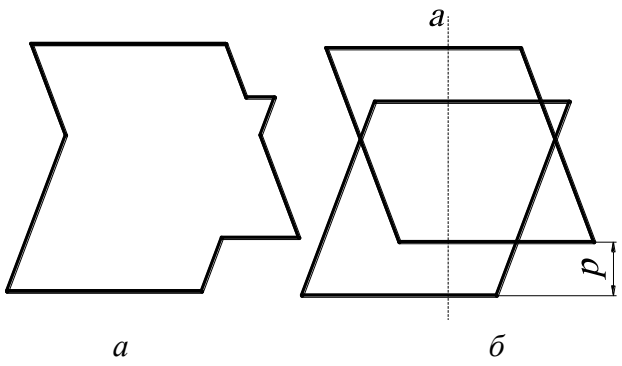


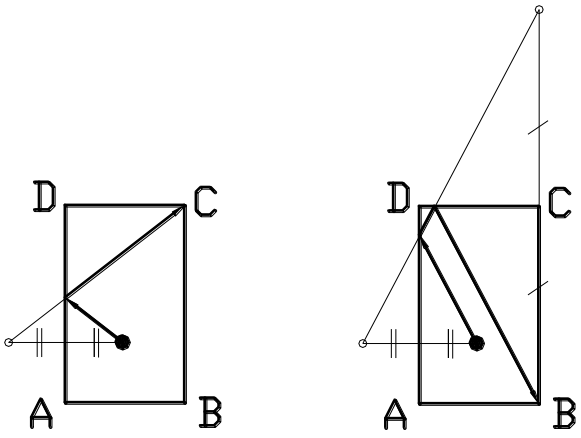
Рис. 1.

Примером может служить метод построения геометрического многообразия, показанного на рис. 1, *а*, *б*. Построение геометрической фигуры (см. рис. 1, *а*), как ни странно, осуществляется последовательным заданием семейства точек или ломаной линии.

Однако такая методика является не всегда удобной, так как снижается точность изображения, и усложняются построения. Указанные недостатки могут быть устранены весьма простым способом – построением скользящей симметрии параллелограмма (см. рис. 1, *б*), представляющей композицию (произведение) осевой симметрии с осью ***a*** и параллельного переноса ***p***.

Другая задача, связанная с симметрией, которая может встретиться в повседневной жизни. Определить направление удара по бильярдному шару, чтобы: 1) шар ударился о борт ***AD*** и затем попал в точку (лузу) ***C***; 2) шар ударился о борт ***AD***, затем о борт ***DC*** и попал в точку (лузу) ***B*** (рис. 2, *а*, *б*). Путь шара определяется законом отражения (угол падения равен углу отражения), а траектория движения шара строится согласно зеркальной симметрии.

Во времена Пифагора слово «симметрия» выражало однородное, соразмерное, пропорциональное, понималось как способ согласования многих частей, с помощью которого они объединялись в целое. «Постройка храма без симметрии и без соблюдения пропорций не может быть оправдана, и в храме, как и в каждом правильно и нормально построенном человеческом теле, должен быть соблюдён точно установленный закон правильной соразмерности его составных частей». [*]



а *б*

Рис. 2.

Таким образом, построение геометрических фигур на основе их свойств симметрии и пропорциональности является общим принципом для решения задач с использованием компьютерной графики и основным принципом для установления общности и различия геометрических объектов. Поэтому часть 2

[*] Витрувий. Десять книг об архитектуре. – М., 1936.

настоящего учебного пособия посвящена теории пропорциональности и симметрии. Здесь в краткой форме рассматриваются числа и их графическое выражение, приводятся сведения о простых и иррациональных отношениях, о «Золотом сечении» и др. Рассматривается теория различных видов симметрии на плоскости и их композиции, перечислены различные виды симметрии в пространстве. Приводятся сведения о кристаллографических группах Е. С. Фёдорова. Рассматривается теория получения различных геометрических моделей (чертежей) многообразий трёхмерного пространства в зависимости от того, «что», «чем», «на чем» и «каким образом» изображается и как возникают чертёж Монжа, аксонометрия проекции с числовыми отметками и др.

В части 3 рассматривается теоретический материал курса начертательной геометрии в проекциях с числовыми отметками, который содержит следующие основные темы: точка, прямая, плоскость, кривые линии, поверхности, их образование и моделирование на чертеже в проекциях с числовыми отметками. Приведены сведения о поверхностях вращения, линейчатых, гранных, топографических. В этой части учебного пособия рассмотрены примеры задач и даны алгоритмы их решения.

Отличительной особенностью данного учебного пособия является изложение теории инвариантных свойств, что позволяет создавать новые геометрические модели различной структуры и размерности и решать на них конкретные инженерные задачи.

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам за замечания и советы, направленные на улучшение содержания данной книги. Автор также выражает глубокую признательность В. А. Пекличу за предоставленные материалы.

ЧАСТЬ 1
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

1. МНОЖЕСТВА

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Понятие множества является одним из основных неопределяемых понятий математики. Вводя понятие «***множество***», обычно поясняют его смысл на примерах: библиотека – множество книг; алфавит – множество букв; лес – множество деревьев и т. д. В геометрии прямую, плоскость, пространство, прежде всего, понимают как «множество точек».

Объекты, из которых состоит множество, называются его элементами. Множества имеют определённые характеристические свойства. Например, если имеем множество целых чисел, то буква не является элементом этого множества. Множество, элементы которого можно подсчитать, называется конечным множеством, в противном случае – бесконечным. Например, множество страниц книги – конечно, так как его можно подсчитать; время – бесконечное множество. Если все элементы множества M являются частью множества N, то M называется подмножеством N. Например, прямая, лежащая в плоскости, является подмножеством множества точек плоскости. Другой пример: студенты одной группы являются подмножеством студентов всего института.

Рассмотрим основные теоретико-множественные понятия: 1) принадлежность ($\in$); 2) включение ($\subset$); 3) пересечение ($\cap$); 4) объединение ($\cup$); 5) разность (\ ); 6) пустое множество ($\varnothing$).

1) Если m есть элемент множества M, записывают $m \in M$; если m не принадлежит M, то пишут $m \notin M$. Множество, которое не содержит ни одного элемента, называется пустым множеством и обозначается $\varnothing$. Точка

является нульмерным множеством (это аксиома и определению не подлежит).

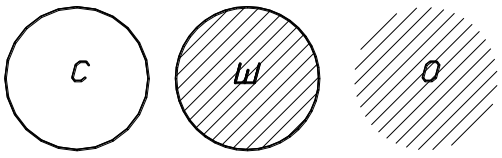
2) Если любой элемент множества M принадлежит множеству N, то M называют ***подмножеством*** множества N. Символическая запись: $M \subset N$ («множество M содержится в N»). При этом N называют надмножеством (объемлющим множеством) множества M.

3) Множество, состоящее из общих элементов нескольких множеств A, B, C, **…** называется пересечением этих множеств и обозначается $A \cap B \cap C, \ldots$.

4) Объединение (или сумма) множеств M и N $(M \cup N)$ – это множество, элементами которого являются все элементы множества M и множества N.

5) Разностью множеств M и N называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих M, но не принадлежащих N $(M \setminus N)$. Если $N \subset M$, то разность $M \setminus N$ называют дополнением множества N в множестве M и обозначают $\overline{N}$; при этом $N \cup \overline{N} = M$.

Рассмотрим три множества точек, координаты которых удовлетворяют следующим уравнению и неравенствам (рис. 3):



Сфера: $x^2 + y^2 + z^2 = 1 - \mathbf{C}$.

Шар: $x^2 + y^2 + z^2 \le 1 - \mathbf{Ш}$.

Открытый шар: $x^2 + y^2 + z^2 < 1 - \mathbf{O}$.

Рис. 3.

В этом случае справедливы следующие теоретико-множественные тождества:

$$\mathbf{C} \cap \mathbf{Ш} = \mathbf{C},\ \mathbf{Ш} \cap \mathbf{O} = \mathbf{O},\ \mathbf{C} \cap \mathbf{O} = \varnothing;$$

$\mathbf{C} \cup \mathbf{Ш} = \mathbf{C} \cup \mathbf{O} = \mathbf{Ш} \cup \mathbf{O} = \mathbf{Ш}$; $\mathbf{Ш} \setminus \mathbf{C} = \mathbf{O}$, $\mathbf{Ш} \setminus \mathbf{O} = \mathbf{C}$, $\mathbf{O} \setminus \mathbf{C} = \mathbf{O}$, $\mathbf{C} \setminus \mathbf{O} = \mathbf{C}$; $\mathbf{C} \setminus \mathbf{Ш} = \mathbf{O} \setminus \mathbf{Ш} = \varnothing$; $\underline{\mathbf{C}} = \mathbf{O}$, $\underline{\mathbf{O}} = \mathbf{C}$, $\underline{\mathbf{Ш}} = \varnothing$.

При определении пересечения трех и большего числа множеств пользуются следующими свойствами пересечения:

$M \cap N = N \cap M$ – коммутативность (то есть переместительный закон, выражающий независимость получаемого множества при пересечении множеств M и N от их перестановки);

$(L \cap M) \cap N = L \cap (M \cap N)$ – ассоциативность (то есть сочетательный закон, выражающий независимость получаемого множества от замены некоторых множеств их пересечением);

$M \cap M = M$ – идемпотентность (то есть результатом пересечения множества M самого с собой является множество M).

Операции пересечения, объединения, разности позволяют исходя из данных множеств строить новые множества. Другим же распространенным приемом конструирования множеств является то, что некоторые подмножества данного множества объявляются элементами нового множества. Рассмотрим несколько примеров.

ПРИМЕР 1. Множество прямых на плоскости называют плоским полем прямых. Элементами этого множества являются все прямые данной плоскости. ***Пучок прямых*** – множество прямых, проходящих по плоскости через данную точку (если эта точка несобственная (бесконечно удаленная), имеем пучок параллельных прямых).

ПРИМЕР 2. Множество прямых пространства называют линейчатым пространством. Примерами подмножеств линейчатого пространства могут служить следующие множества. ***Связка прямых*** – множество прямых пространства, проходящих через заданную точку (если эта точка несобственная, имеем связку параллельных прямых). ***Специальный линейчатый комплекс*** - семейство прямых, пересекающих данную прямую. ***Гиперболическая линейная конгруэнция*** – множество прямых, пересекающих две скрещивающиеся прямые (называемые ее осями или директрисами). Множество прямых, пересекающих три скрещивающиеся прямые, называется ***регулюсом***, или ***линейчатой поверхностью***.

ПРИМЕР 3. ***Пучок плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную прямую (если прямая несобственная, имеют пучок параллельных плоскостей). ***Связка плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную точку.

ОТНОШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Пусть между элементами множества M определено некоторое отношение ~, то есть для любых двух элементов $a \in M$ и $b \in M$ известно $a \sim b$ (читается «a эквивалентно b»). Это отношение должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $a \sim a$ - рефлексивность;

2) если $a \sim b$, то $b \sim a$ - симметричность;

3) если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$ - транзитивность.

Знак ~ называется ***отношением эквивалентности***,

ПРИМЕР 1. В линейчатом пространстве параллельность прямых ***a, b, c,…*** является отношением эквивалентности, так как 1) $a \| a$, 2) если $a \| b$, то $b \| a$, 3) если $a \| b$ и $b \| c$, то $a \| c$.

ПРИМЕР 2. Отношение перпендикулярности на множестве прямых плоскости симметрично ($a \perp b$ и $b \perp a$), но не рефлексивно и не транзитивно, и поэтому отношением эквивалентности не является.

В связи с заданием на множестве M отношения эквивалентности оно разбивается на непересекающиеся подмножества, называемые ***классами эквивалентности*** – в один класс входят эквивалентные между собой элементы. Пересечение любых двух классов пусто, а объединение всех классов эквивалентности есть M (M – это «слоеный пирог», а классы – это слои). Множество, элементами которого являются классы эквивалентности (слои), называется ***фактормножеством*** множества M по отношению к эквивалентности ~. Фактормножество в примере 1 – это множество связок параллельных прямых.

Два множества называются ***эквивалентными***, если между их элементами можно установить взаимно однозначное соответствие. Под взаимно однозначным соответствием будем понимать такое соответствие, при котором любому элементу одного множества ставится в соответствие единственный элемент другого множества (и наоборот), любым различным (не совпадающим) элементам одного множества соответствуют различные элементы другого множества, задействованы все элементы обоих множеств.

Об эквивалентных множествах говорят, что они имеют одинаковую мощность. Эквивалентные конечные множества состоят из одного и того же числа элементов. Если бы это было не так, то при установлении взаимно однозначного соответствия каким-то элементам не было бы соответствующих. В случае конечных множеств понятие мощности совпадает с понятием числа элементов.

1.2. ОТОБРАЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Одним из фундаментальных понятий современной математики является понятие ***функции***. Как известно, переменная y называется функцией переменной x, если каждому значению x, взятому из области её определения, отвечает одно или несколько значений y. Это записывают так: $y = f(x)$. Большое значение имеют однозначные функции, когда каждому значению x соответствует единственное значение y (и наоборот).

Геометрическим аналогом понятия однозначной функции является ***отображение***. Тогда под x и y понимают какие-либо геометрические образы: точки, прямые, плоскости, окружности…. Для конкретности в дальнейшем под x и y будем понимать точки.

Если даны два множества $X(x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n)$, $Y(y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n)$ и указано правило, по которому каждому элементу x_i множества X ставится в соответствие определённый элемент y_i множества Y, то говорят, что задано отображение f множества X в множество Y, и пишут: $f : X \to Y$ (рис. 4). При этом эле-

мент y_i называется образом элемента x_i, а x_i – прообразом элемента y_i. Символическая запись $y = f(x)$ читается: «в отображении f элементу x соответствует элемент y» или «отображение f переводит x в y».

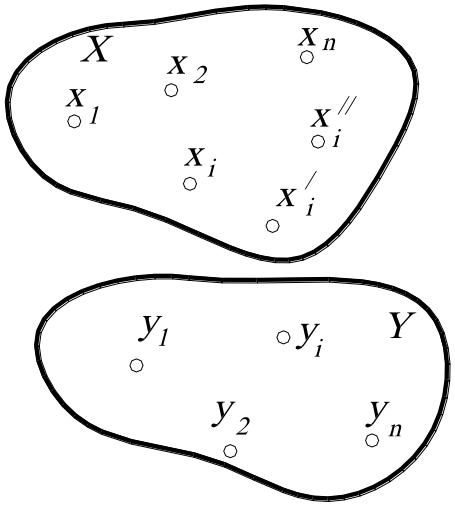


Рис. 4.

Множество X называют ***областью определения (областью отправления)***, а Y - ***областью значений (областью прибытия)*** отображения f.

Пусть область определения X состоит из множества точек $x_1, x_2, x_3 \ldots, x_i, x_n$, а область значений Y – из множества точек $y_1, y_2, y_3 \ldots, y_i, y_n$ (см. рис. 4). Следовательно, при отображении любой точке x_i в области X соответствует единственный образ y_i в области Y, но точка y_i может иметь несколько прообразов $x_i, x_i^{/}, x_i^{//} \ldots$. Следовательно, обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ является в этом случае неоднозначным.

Таким образом, об отображении можно говорить, если заданы два множества и некоторое правило или закон, по которому элементы множеств образуют пары, причем эти множества по этому закону, вообще говоря, не равноправны.

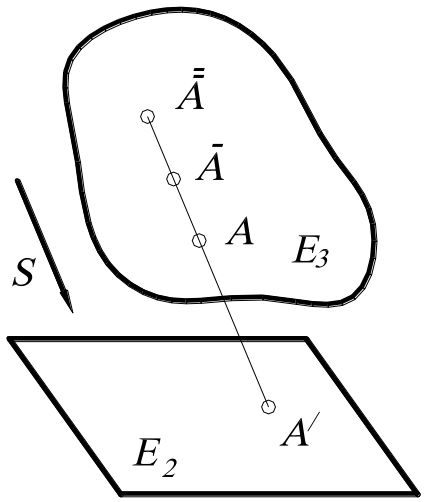


Рис. 5.

Наглядной иллюстрацией сказанного является отображение точек трёхмерного пространства E^3 на плоскость (двумерное пространство) E^2 путём параллельного проецирования (рис. 5): каждая точка A трёхмерного пространства E^3 в данном направлении S проецируется в единственную точку $A^{/}$ плоскости E^2. Однако в точку $A^{/}$ проецируется не только точка A, но и все точки $\bar{\bar{A}}, \bar{\bar{\bar{A}}}, \ldots$.

Рассмотрим пример. Пусть – ***З*** **–** множество зрителей в фойе театра перед спектаклем, а ***К*** – множество кресел. Как узнать, что зрителей и кресел поровну? Конечно, можно подсчитать, но мы получим избыточную информацию, нас не интересует их количество. Однако если во время спектакля все места заняты, причем никто из зрителей не стоит в проходах и на каждом месте сидит только один театрал, то это означает, что эти множества равны, в противном случае, наоборот.

Рассмотрим другой пример. Пусть в классе находится множество учеников и множество стульев. Предположим, что после звонка на урок каждый ученик занял свое место, то есть свой стул. В этом случае можно сказать, что задано отображение множества учеников на множество стульев. При этом если на каждом стуле сидит только один ученик, никто не стоит в проходах и все места заняты (например, имеем в классе 30 учеников и 30 стульев), то есть каждому ученику соответствует один единственный стул, и, наоборот, каждому стулу соответствует единственный ученик. Такое отображение называют ***взаимно однозначным*** (иногда говорят взаимно однозначное соответствие).

Отображение называется ***взаимно однозначным***, если каждому элементу $y_i \in Y$ соответствует единственный прообраз $x_i \in X$ (и наоборот), то есть прямое соответствие $y = f(x)$ и обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ являются однозначными. Такое отображение называется ***биективным***, или ***биекцией***.

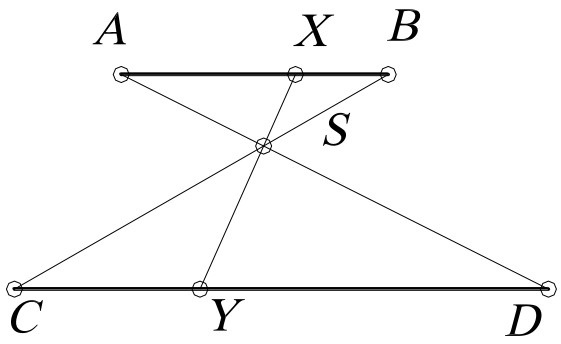


Рис. 6.

Взаимно однозначное соответствие между элементами множеств (или между множествами) может быть установлено различными способами. На рис. 6 такое соответствие между точками двух отрезков (или между отрезками) ***AB*** и ***CD*** установлено прямыми, проходящими через точку ***S***. При этом точке $X \in AB$ соответствует точка $Y \in CD$, что символически записывается так: $X \leftrightarrow Y$. Между этими

отрезками можно установить соответствие так: $X \leftrightarrow Y$, если $\frac{CY}{AX} = \frac{CD}{AB}$, где CY, CD, AB, AX – длины отрезков.

Второе соответствие отличается от первого не только формой задания, но и парами соответствующих точек. Это можно заметить хотя бы по концам отрезка. В первом соответствии $A \leftrightarrow D$, $B \leftrightarrow C$, во втором – $A \leftrightarrow C$, $B \leftrightarrow D$. Этими двумя примерами не исчерпывается множество взаимно однозначных соответствий, которые могут быть установлены для точек данных отрезков.

Кроме этого, встречаются многозначные соответствия. Например, легковой машине соответствует 4 колеса, и наоборот. Такое отображение называется одно- четырёхзначное ($1 \leftrightarrow 4$). Одно-двузначное отображение можно рассмотреть на примере действительных чисел, то есть каждому действительному числу соответствует пара – рационального и иррационального чисел, и наоборот: $1 \leftrightarrow 2$.

Примером обратимого соответствия является отображение двух плоскостей друг на друга при параллельном проецировании (рис. 7). Если в обратимом отображении область прибытия и область отправления – одно и то же множество M, то такое отображение называется отображением множества на себя, или ***преобразованием множества M***.

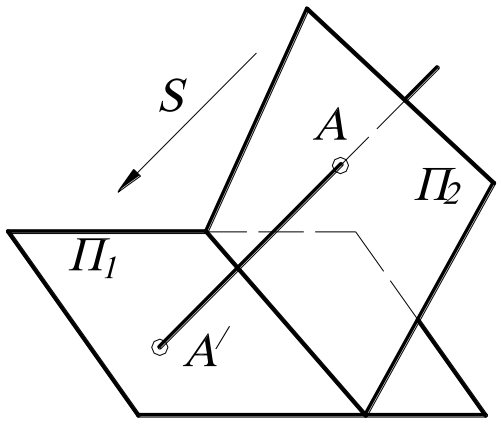


Рис. 7.

Отображение называется ***преобразованием***, если множества X и Y совмещены, то есть не только элементу x_i соответствует определённый элемент y_i, но и элементу y_i соответствует тот же элемент x_i. В этом случае говорят, что множество X отображается на себя $\{X=Y\}$. Другими словами, если отображение является обратимым, то

оно называется преобразованием. Например, центральная симметрия точек пространства относительно некоторой точки ***O*** есть преобразование пространства.

Говоря о геометрическом ***преобразовании***, обычно подразумевают, что ***M*** – множество точек плоскости или пространства. Если какое-то свойство фигуры ***F*** сохраняется в преобразовании ***f***, то есть фигура $F' = f(F)$ обладает тем же свойством, то это свойство называется ***инвариантом*** преобразования.

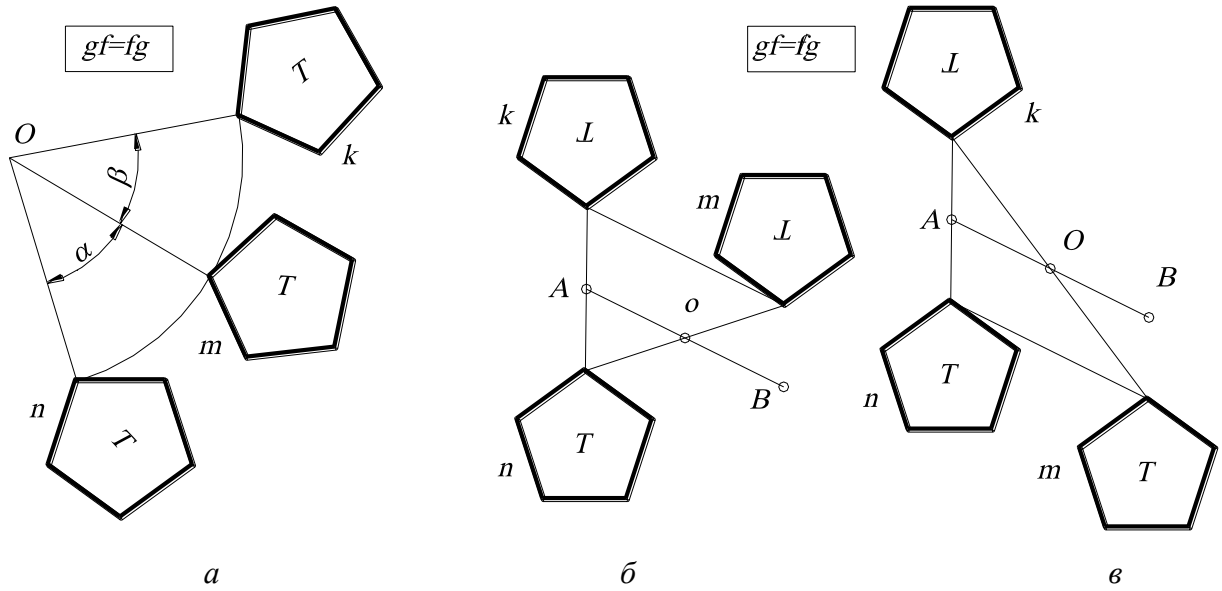
Итак, ***преобразование*** – это взаимно однозначное отображение между всеми точками плоскости (или пространства), то есть правило, при котором каждой точке ***P*** соответствует единственная точка P', и, наоборот, каждой точке P' соответствует единственная точка ***P***. Другими словами, правило, таким образом составляющее пары точек, что каждая точка ***P*** плоскости (или пространства) ровно в одной паре стоит на первом месте и ровно в одной паре - на втором.

Может случиться, что обе точки пары окажутся одинаковыми. То есть что точка P' совпадает с точкой ***P***. В этом случае точка ***P*** называется неподвижной (двойной) точкой преобразования.

Результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их ***произведением***, или ***композицией преобразований.*** Другими словами, преобразование, переводящее прообразы первого в образы второго при условии, что образы первого отождествлены с прообразами второго. Иначе говоря, если $f(k) = m$ и $g(m)=n$, то произведение $h=gf$ переводит k в n, то есть $h(k)=n$ (преобразование, выполняемое первым, пишут ***справа!***). Например, если ***f*** и ***g*** – повороты вокруг центра ***O*** на углы α и β, то $h=gf$ – поворот с той же осью на угол $\alpha+\beta$ (рис. 8, *а*). Если ***f*** – перенос на вектор ***AB***, а ***g*** – симметрия с центром ***O***, то $h=fg$ – симметрия с центром ***A***, где $2AO=AB$ (такое преобразование показано на рис. 8, *б*).

Здесь в первом примере $h=gf=fg$, то есть не зависит от порядка сомножителей, тогда в этом случае говорят, что ***f*** и ***g перестановочны*** или ***коммутируют***. Однако во втором примере произведение зависит от порядка сомножите-

лей, то есть не коммутирует: ***fg≠gf*** (сравните два рисунка – 8, *а* и 8, *в* или 8, *а* и 8, *б*).



а *б* *в*

Рис. 8.

Аналогично иногда результат двух операций зависит от порядка их выполнения, а иногда – и нет. Например, операции ***Л*** и ***П*** надевания левого и правого ботинков перестановочны: ***ЛП=ПЛ***, а операции надевания ботинка ***Б*** и носка ***Н*** – не коммутируют ***БН≠НБ.***

1.3. ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ НА ПОСТРОЕНИЕ

Любую задачу на построение можно сформулировать в общем виде так: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям ***1)***, ***2)*** **…**». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи.

Элементы множества M, удовлетворяющие условию ***1)***, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие ***2)*** выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, **…**, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\} = M_1 \cap M_2 \cap \ldots$.

Задача 1. Построить на плоскости точки a_1, a_2, удаленные от данной точки O_1 на расстояние r_1 и от точки O_2 на расстояние r_2 (рис. 9).

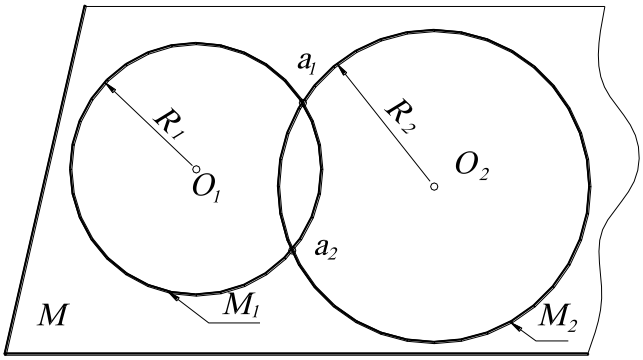
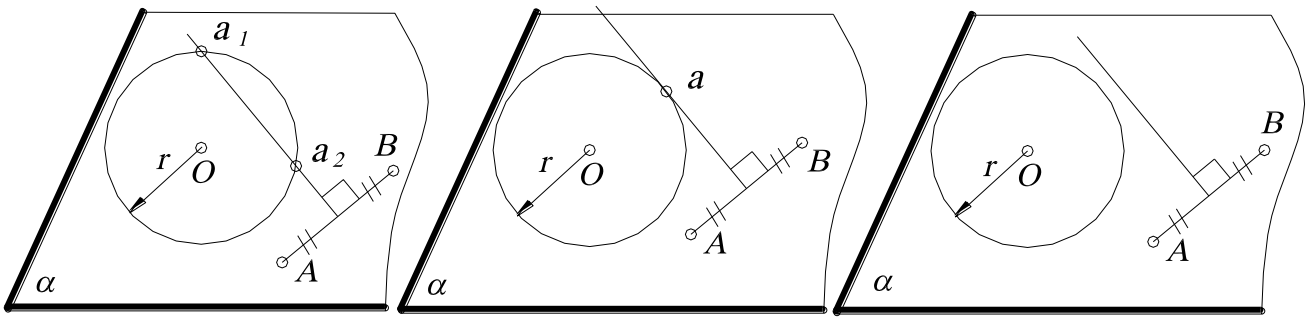


Рис. 9.

Подмножество M_1, выделяемое из плоскости M (здесь плоскость – это множество M) первым условием – это окружность с центром O_1 и радиусом R_1. Аналогично, M_2 – это окружность с центром O_2 и радиусом R_2. Тогда получают искомые точки: $\{a_1, a_2\}=M_1 \cap M_2$.

Задача 2. Найти на плоскости точку a, удаленную на расстояние r от точки O и равноудаленную от точек A и B.



а *б* *в*

Рис. 10.

Подмножество M_1, выделяемое первым условием из плоскости M, - окружность с центром O и радиусом r. Подмножество M_2, удовлетворяющее второму условию, – перпендикуляр, восстановленный к середине отрезка AB. Искомая точка a есть пересечение окружности с перпендикуляром, то есть $a=M_1 \cap M_2$. В данном случае может получиться две, одна или ни одной точки (мнимые) пересечения $M_1 \cap M_2=\varnothing$ (см. рис. 10, *а*, *б*, *в*).

Такой метод называется ***расчленением условий***, то есть элементы из M, удовлетворяющие первому условию, образуют некоторое подмножество; взятое

отдельно второе условие выделяет из множества ***M*** другое подмножество и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения этих подмножеств.

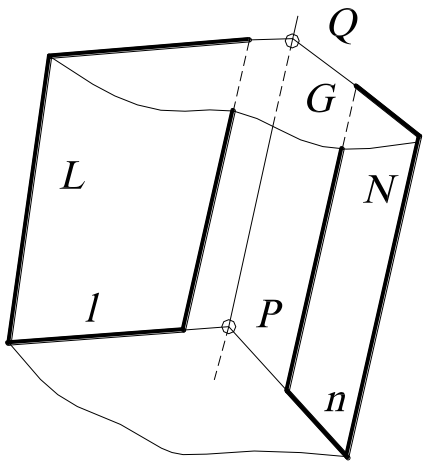


Рис. 11.

Задача 3. Найти отрезок прямой пересечения двух плоскостей ***L*** и ***N*** (***L*** и ***N*** рассматривают как подмножества пространства, элементом которых является точка). Задают вспомогательную плоскость-посредник ***M*** и находят пересечение этих подмножеств $L \cap N \cap M$ (рис.11). Пользуясь свойством идемпотентности, преобразуют: $L \cap N \cap M = L \cap N \cap (M \cap M)$, и далее, пользуясь свойствами коммутативности и ассоциативности преобразуют: $L \cap N \cap (M \cap M) = (L \cap M) \cap (M \cap N)$. Другими словами, введя, плоскость-посредник, находят вначале пересечение посредника с заданными плоскостями (прямые ***l***, ***n***), а затем пересечение этих пересечений (точка ***P***).

Взяв другую вспомогательную плоскость ***G*** и повторив те же самые операции, находят вторую точку ***Q***. Соединив точки ***P*** и ***Q***, получают искомую прямую ***m***. Этот прием применяют в начертательной геометрии при построении точек линии пересечения поверхностей, введя предварительно поверхность-посредник.

1.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

Термин «пространство» часто встречается в геометрии. Существуют аффинное пространство, евклидово, проективное, топологическое, эллиптическое и другие. Любое пространство представляет собой множество, удовлетворяющее определенной системе аксиом.

В данном курсе будем рассматривать евклидово пространство, то есть множество точек, удовлетворяющие аксиомам евклидовой геометрии, которая

изучалась в средней школе. Необходимо отметить, что евклидово пространство не одно. Множества точек различной мощности будут давать отличающиеся друг от друга евклидовы пространства. Точка, прямая, плоскость, физическое пространство – это примеры евклидовых пространств различной мощности.

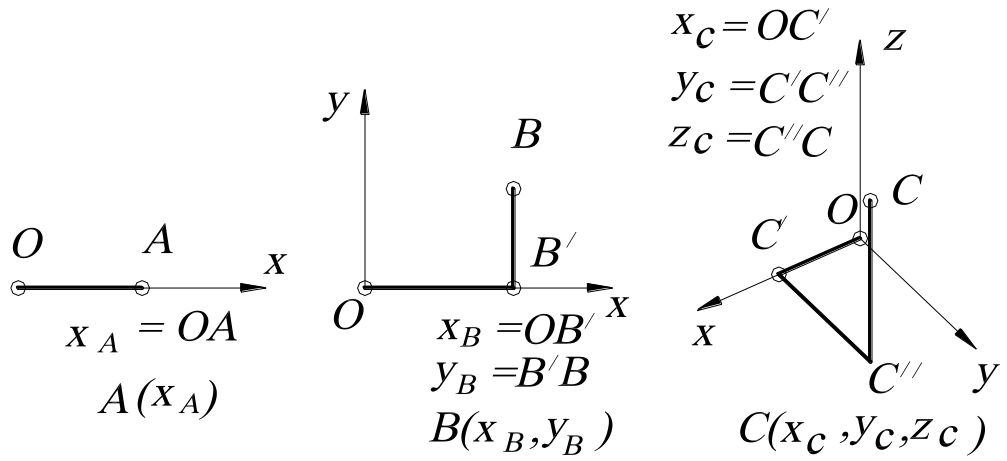
Интуитивно мы понимаем, что на плоскости точек больше, чем на прямой, так как прямая может быть совмещена с некоторой прямой на плоскости. На поверхности точек меньше, чем в пространстве, то есть поверхность - подмножество пространства, поэтому поверхность содержит «меньше» точек, чем пространство.

Таким образом, среди бесконечных множеств существует своя иерархия. Можно сказать, что если множество M можно взаимно однозначно и взаимно непрерывно отобразить на множество N, то M и N имеют одинаковую размерность. Если же такого отображения не существует, но существует взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение множества M на подмножество $N_1 \in N$, то M имеет размерность меньше, чем N.

При моделировании необходимо иметь возможность оценить мощность бесконечного множества. Для этого вводится понятие параметра. ***Параметром называется величина, входящая в некоторую совокупность величин, задание которых определяет элемент множества.*** При этом параметры должны быть независимыми, то есть значения, которые принимает один из параметров, не влияют на значения других, при любом изменении параметров им должен соответствовать уже другой элемент множества. Иными словами, между элементами множества и совокупностями (наборами) параметров установлено взаимно однозначное соответствие.

Число параметров p, которое необходимо задать, чтобы определить элемент множества, называется ***параметрическим числом*** этого множества, а само множество – ***p-параметрическим.*** Параметрическое число может быть взято в качестве количественной характеристики бесконечных множеств. В каче-

стве параметров для евклидовых пространств могут быть взяты координаты точки в декартовой системе координат (декартовы координаты).



а *б* *в*

Рис. 12.

На прямой для того, чтобы определить (задать) точку, необходима одна координата (говорят, что точка на прямой имеет одну степень свободы) (рис. 12, *а*). На плоскости – две координаты (то есть точка имеет две степени свободы) (рис. 12, *б*), в пространстве – три, и точка имеет три степени свободы (рис. 12, *в*). Нетрудно заметить, что координаты являются независимыми, то есть при изменении координаты, например ***x***, изменяется положение точки на плоскости.

Число параметров (координат), которое необходимо задать, чтобы определить точку в пространстве, называется ***размерностью*** пространства. Таким образом, ***размерность*** – это параметрическое число множества, которое является пространством. В связи с этим будем считать, что точка – «нульмерное» пространство (аксиома). Линия (прямая) – одномерное евклидово пространство, которое обычно обозначается $\boldsymbol{E_1}$, или одномерное множество точек - ∞^1. Поверхность (плоскость) – двумерное евклидово пространство, обозначается $\boldsymbol{E_2}$ или двумерное множество точек - ∞^2, а трехмерное евклидово пространство имеет размерность, равную ***3***, – трехмерное множество точек - ∞^3, обозначается $\boldsymbol{E_3}$. Употребляется также запись ***dim M=n***, означающая «размерность множества ***M*** равна ***n***» (***dimension*** (англ.) – размерность).

Пусть N – двупараметрическое множество. Каждый элемент из N определяется конкретной парой чисел из множества (a_1, a_2). Между N и E_2 можно установить взаимно однозначное соответствие, так как они одной мощности (параметрическое число N и размерность E_2 равны). Соответствие можно установить, например, так: $x=a_1$, $y=a_2$. Каждому элементу из N будет соответствовать точка из E_2. Пространство E_2 будет являться геометрической моделью N.

Итак, множество имеет размерность n, если его элементам можно взаимно однозначно поставить n-ки («***энки***») чисел $a_1, a_2, a_3 \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества. Эти числа называют параметрами конкретного множества.

Таким образом, за ***эталон n-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит n-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества вещественных чисел***.

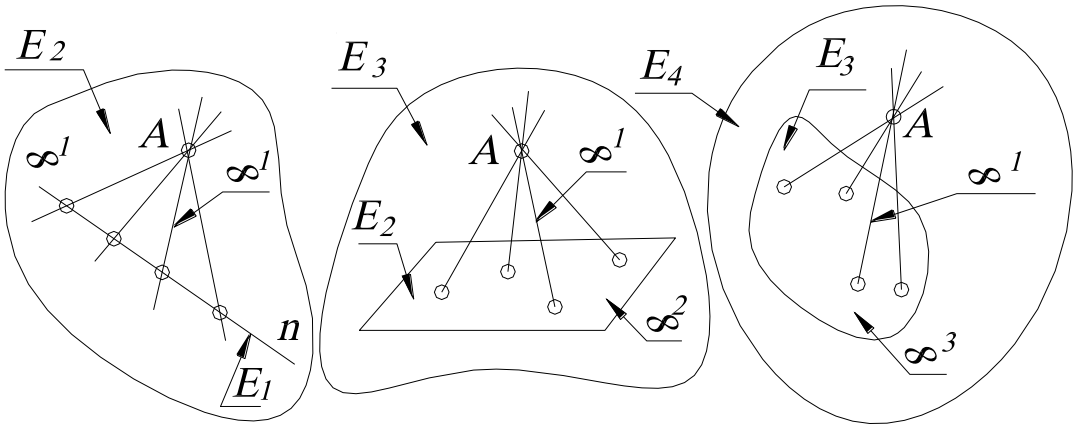
1.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_2 возьмем точку, не принадлежащую прямой n (или пространство E_1), и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми пучка и точками прямой. Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) будет определять двумерное пространство E_2 (рис. 13, *а*). Если не учитывать несобственные точки, то пришлось бы «выбросить» из E_2 прямую, параллельную прямой n.

ТРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_3 возьмем точку, не принадлежащую пространству E_2 (то есть плоскости) и также установим взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками 2-пространства (рис.13, *б*). Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) есть трехмерное пространство E_3. Пространство E_2 (как и в первом случае пространство E_1) является проектив-

ным пространством, то есть пространство, дополненное несобственными элементами. В противном случае из связки нам пришлось бы «выбросить» пучок прямых, параллельных E_2, а из E_3 – плоскость этого пучка.

ЧЕТЫРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Начнем с аналогичного построения четырехмерного пространства E_4. Возьмем точку, не принадлежащую трехмерному евклидову пространству E_3, дополненному несобственными элементами, и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми гиперсвязки и точками ***3***-пространства (рис.13, *в*). Объединение точек всех этих прямых будет определять пространство E_4. Аналогично строится многомерное пространство.



$E_2: \infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$; $E_3: \infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$; $E_4: \infty^1 \cdot \infty^3 = \infty^{1+3} = \infty^4$

а *б* *в*

Рис. 13.

Таким образом, мы пришли к идее многомерного пространства. Понятие многомерного пространства или многомерного множества довольно абстрактное, но и в евклидовом пространстве на каждом шагу встречаются такие множества. Например, прямая (самое простое множество) – это одномерное множество точек, множество сфер и множество прямых трёхмерного пространства – четырехмерны, множество конусов вращения – шестимерно и т. д.; цилиндров вращения – пятимерно, сфер, касающихся данной плоскости трёхпараметрическое множество.

Рассмотрим подробнее примеры и приемы подсчета параметров.

1.6. ПРИЁМЫ ПОДСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ

1. Эталон *n*-мерного множества. За эталон ***n***-мерного множества принимают множество $\boldsymbol{R_n}$, элементом которого служит ***n***-ка вещественных чисел $\boldsymbol{a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n}$, то есть ***n***-я декартова степень множества вещественных чисел.

2. Взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение данного множества на эталон. Например, устанавливая взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками плоскости или устанавливая взаимно однозначное соответствие между пучком плоскостей и точками прямой.

Два важных замечания

Замечание 1. Для бесконечных множеств имеют место два факта, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, поскольку они не имеют места для конечных множеств.

Некоторые собственные подмножества бесконечного множества можно взаимно однозначно отобразить на это множество.

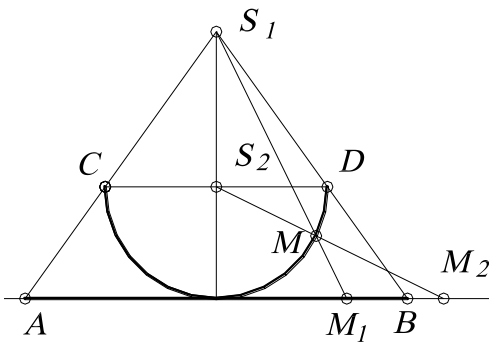


Рис. 14.

Для примера рассмотрим отображение открытого отрезка ***AB*** (открытый отрезок – «отрезок без концов», координаты которого удовлетворяют неравенству $\boldsymbol{x_A < x_i < x_B}$) на прямую, которая совпадает с прямой ***AB*** (см. рис.14). Полуокружность ***CD*** касается в точке середины отрезка ***AB***. Вначале отображают точки отрезка ***AB*** на эту полуокружность из точки $\boldsymbol{S_1}$, то есть точке $\boldsymbol{M_1}$ соответствует точка ***M***).

Затем точки полуокружности (см. точку ***M***) отображают на прямую (точке ***M*** соответствует точка $\boldsymbol{M_2}$) из центра $\boldsymbol{S_2}$. Ясно, что при этом каждой точке прямой соответствует одна и только одна точка прямой, причём ни одна точка на

прямой не пропущена. Это отображение является взаимно однозначным, то есть отрезку прямой соответствует вся прямая.

Полученное соответствие можно установить и по-другому, с помощью кривой тангенсоиды, графика функции ***y = tg x***. Отображают вначале (с помощью пучка параллельных прямых) открытый отрезок $(-\pi/2, \pi/2)$ на тангенсоиду, причём каждой точке открытого отрезка соответствует единственная точка тангенсоиды, а затем точки тангенсоиды на ось ***y*** (рис. 15).

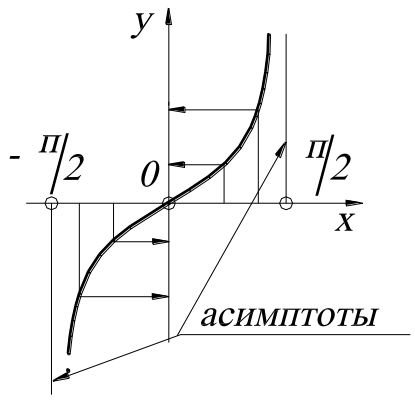


Рис. 15.

Замечание 2. Размерность суммы (объединения) нескольких бесконечных множеств принимают равной максимальной из размерностей слагаемых.

Другими словами, размерность множества не увеличится, если к нему добавить множество меньшей или равной размерности. Например, если объединить множество точек прямой и множество точек плоскости (то есть вложить прямую в эту плоскость), то размерность множества точек на плоскости не увеличится.

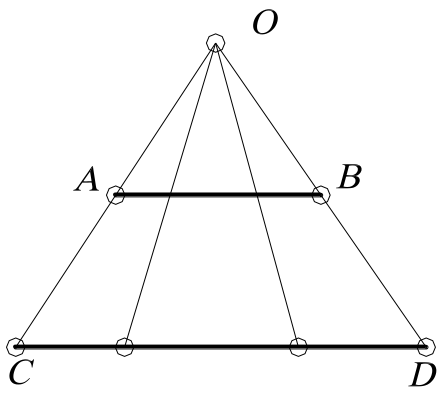


Рис. 16.

Рассмотрим еще примеры сравнения бесконечных множеств. Ответ на вопрос «где больше точек на отрезке длиной 1 мм или на отрезке 1 м» вряд ли бы вызвал тень сомнения – ясно, что отрезок 1 мм в 1000 раз короче метра. Однако можно установить взаимно однозначное соответствие и проверить это. Как это сделать, лучше всего видно на рис. 16.

Отобразим отрезок ***AB*** на отрезок ***CD*** из точки ***O*** пучком прямых. Каждой точке отрезка ***AB*** соответствует единственная точка отрезка ***CD***. Трудно при-

мириться с мыслью, что дорога в миллион световых лет имеет столько же точек, сколько радиус атомного ядра!

3. Степени свободы подпространств. Если две точки пространства E_m принадлежат E_n, то E_m называется подпространством E_n. Например, $m=1$, $n=2$ – прямая принадлежит плоскости, тогда прямая является подпространством плоскости, очевидно, что $m<n$. В многомерной геометрии наиболее распространена следующая терминология: E_n – объемлющее n-мерное пространство, E_m – m-мерная плоскость или m-плоскость, если размерность подпространства меньше объемлющего пространства на единицу, то такое многообразие называется $(n-1)$-плоскость, или ***гиперплоскость***.

Из аксиом принадлежности следует, что прямая (1-плоскость) определяется двумя точками, 2-плоскость – тремя неколлинейными точками, 3-плоскость – четырьмя некомпланарными точками, …, n-плоскость – $(n+1)$-точками. При этом каждая плоскость (где $m<n$) определяется заданием $(m+1)$-точек, и эти точки не должны содержаться в $(m-1)$-пространстве.

Рассмотрим множество m-плоскостей E_n (где n – размерность пространства), элементом этого множества является m-плоскость. Начнем с простого примера – прямой, находящейся в двумерном пространстве.

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (0-плоскость) в двумерном пространстве определяется двумя координатами, то есть параметрическое число равно двум - ∞^2.

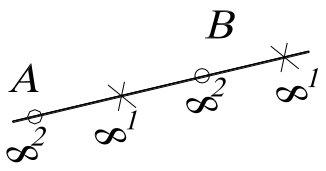


Рис. 17.

Прямая (1-плоскость) однозначно задается двумя независимыми точками A и B (то есть $m+1=1+1=2$), каждая из которых в двумерном пространстве имеет по две степени свободы. Поэтому на задание каждой из них затрачиваем по два парамет-

ра, а на пары (или ***m+1***-точек) точек затрачиваем следующее число параметров: ***n(m+1)=2(1+2)=4*** (рис.17). Другими словами, говорят, что система из ***(m+1)***-точки составляет ***n(m+1)***-параметрическое множество.

Но прямая ***AB*** определяется не только парой точек ***A*** и ***B***, но и любой другой своей парой, принадлежащей прямой ***AB***. Каждая из этих двух точек ***(m+1***-точек), находясь на прямой (в общем случае в ***m***-плоскости), имеет по одной степени свободы (в общем случае – ***m*** степеней свободы), а вместе – ***m(m+1)=1(1+1)=2*** степеней свободы.

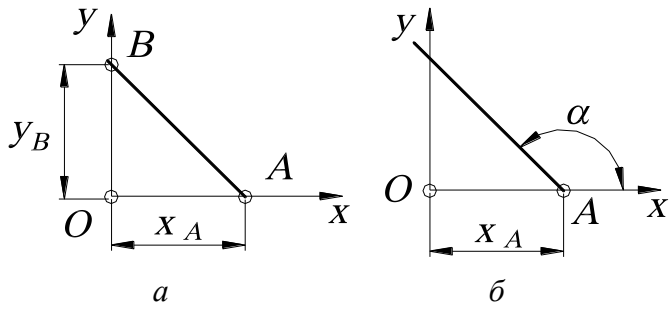
Следовательно, число условий, требуемых для определения прямой (***m***-плоскости), принадлежащей 2-пространству (*n*-плоскости):

$$\frac{\infty^{2}\cdot\infty^{2}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{2+2}}{\infty^{1+1}}=\infty^{4-2}=\infty^{2};$$

в общем случае $$\frac{\infty^{n(m+1)}}{\infty^{m(m+1)}}=\infty^{(n-m)(m+1)}.$$

Таким образом, число ***P*** степеней свободы (параметрическое число) ***m***-плоскости в ***n***-пространстве:

$$P=(n-m)(m+1). \qquad (1)$$



а *б*

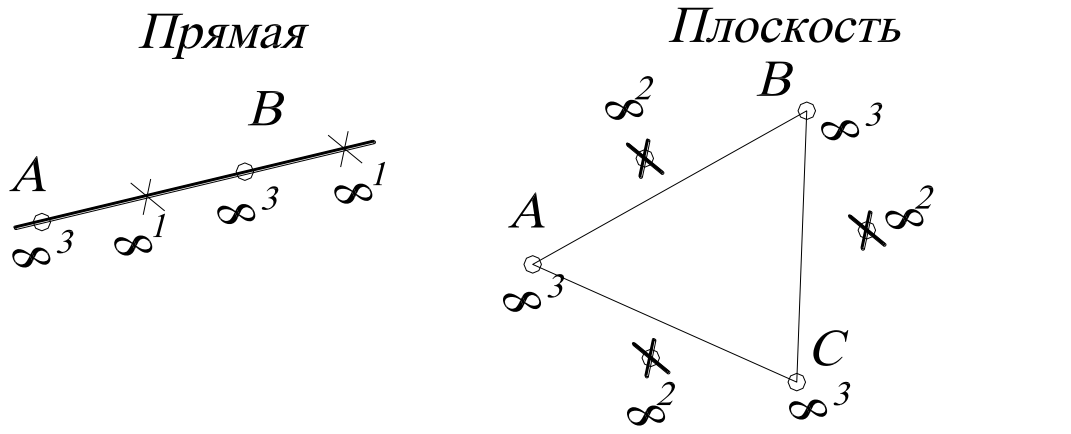
Рис. 18.

Геометрический смысл параметров может быть различным. Например, для двупараметрического множества прямых на плоскости это могут быть x_A, y_B (рис. 18, *а*) или x_A, α (рис. 18, *б*).

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (***0***-плоскость) в трехмерном пространстве имеет три степени свободы - ∞^{3}. ***Прямая*** однозначно задается двумя независимыми точками (рис. 19, *а*), каждая из которых в ***3***-пространстве имеет по три степени свободы, а значит пар точек $\infty^{3}\cdot\infty^{3}=\infty^{6}$. Но эта прямая определяется не только этой парой точек, но и любой другой своей парой, име-

ющей на этой прямой по одной степени свободы, то есть $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^2$. Следовательно, число степеней свободы прямой в ***3***-пространстве составляет $\infty^6 : \infty^2 = \infty^4$, что соответствует формуле ***P=(n-m)(m+1)=(3-1)(1+1)=4.***

Плоскость однозначно задается тремя точками, каждая из которых имеет по три степени свободы, а значит, троек точек: $\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^9$ (рис.19, *б*). Но плоскость определяется не только этой тройкой, но и любой другой своей тройкой точек, имеющих в этой плоскости по две степени свободы, то есть всего $\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2 = \infty^6$. Тогда параметрическое число плоскости, находящейся в ***3***-пространстве, будет составлять трехпараметрическое множество, то есть $\infty^9 : \infty^6 = \infty^{9-6} = \infty^3$, что соответствует формуле ***P=(3-2)(2+1)=3***.



а *б*

Рис. 19.

Вообще это число ***(n-m)(m+1)*** стоит на месте ***(к+1)*** меньше в ***n***-й строке «подвешенной за угол» таблице умножения, такая таблица называется «Треугольник Паскаля» (рис. 20).

1
2 2
3 4 3
4 6 6 4
5 8 9 8 5
6 10 12 12 10 6
.....

Рис. 20.

Примеры различных геометрических многообразий

1. Сфер в пространстве E_3 - ∞^4, так

как сфере соответствует четыре числа – три координаты ее центра и одно – длина её радиуса.

2. Цилиндр вращения в пространстве E_3 определяется пятью параметрами ∞^5 - четыре параметра на ось и один на радиус.

3. Треугольников в пространстве E_3 – ∞^9, поскольку треугольник однозначно определен, если заданы три его вершины тройкой координат $3 \cdot 3 = 9$. Аналогично, тетраэдров в 3-пространстве - ∞^{12}.

4. Сфер в трёхмерном пространстве, проходящих через данную точку, - ∞^3, то есть центров, лежащих на прямой, составляет - ∞^1, а таких прямых – связка ∞^2.

5. Сфер, касающихся плоскости - ∞^3.

6. Окружностей на плоскости - ∞^3.

7. Множество касательных плоскостей к поверхности - ∞^2 (за исключением развертывающихся ∞^1).

8. Окружностей в 3-пространстве - ∞^4.

4. Связывание параметров. Если на элементы n-мерного многообразия M (например, M-связка прямых) наложено определенное условие (например, прямые связки M должны пересекать произвольную прямую), причем элементы из M, которые удовлетворяют этому условию, образуют n_1-мерное подмножество $M_1 \subset M$ (пучок прямых, определяемых центром связки и произвольной прямой, не проходящей через центр), то это условие (требование, ограничение) равносильно фиксированию $n-n_1$ параметров, то есть приданию этим параметрам определенных числовых значений. Это означает, что, фиксируя $n-n_1$ параметров, мы выделяем из M подмножество той же размерности n_1. В этом случае говорят не о фиксации, а о связывании параметров, употребляя выражения: «***условие связывает $n-n_1$ параметров***», «***ограничение поглощает $n-n_1$ параметров***», «***требование накладывает на параметры $n-n_1$ связей (понижает размерность многообразия на $n-n_1$)***».

Аналитически такое задание эквивалентно тому, что ***n***-ки параметров, соответствующие элементам из ***M***, удовлетворяют $n-n_1$ уравнениям. Аналогично, фиксируя две (три) координаты или связывая координаты двумя (тремя) параметрами (уравнениями), мы выделяем из трехмерного пространства его одномерное (нульмерное) подмножество.

Пусть ***m***-плоскость (***m***-плоскость определяется ***(m+1)*** фиксированной точкой) проходит через пространство ***r***, которое задается ***(r+1)*** фиксированной точкой. Тогда для полного определения необходимо дозадать еще ***(m+1)-(r+1)=m-r*** точек. Поэтому ***число P степеней свободы m-плоскости, принадлежащей n-мерному пространству и проходящей через r-плоскость:***

$$P=(n-m)(m-r). \qquad (2)$$

ПРИМЕР 1. Множество прямых ***(m=1)*** плоскости ***(n=2)***, проходящих через точку ***(r=0)***, составляет пучок, то есть однопараметрическое множество: $P=(n-m)(m-r)=(2-1)(1-0)=1$.

ПРИМЕР 2. Множество прямых ***(m=1)*** пространства ***(n=3)***, проходящих через точку ***(r=0)***, составляет связку: $P=(3-1)(1-0)=2$.

ПРИМЕР 3. Множество плоскостей ***(m=2)*** трехмерного пространства ***(n=3)***, проходящих через точку ***(r=0)***, составляет связку: $P=(3-2)(2-0)=2$.

ПРИМЕР 4. Множество прямых пространства ***(n=3)***, пересекающих прямую, рассчитывается следующим образом. Вначале считают, сколько прямых проходит через точку, – связка $P_1=2$ (см. пример 3), затем считают, сколько связок ***(m=2)*** в трехмерном пространстве на прямой $P_1=(3-2)(2-1)=1$. Следовательно, прямые, пересекающие заданную прямую, составляют комплекс $P=P_1+P_2=1+2=3$.

В пространстве E_n ***m***-пространство имеет ***(n-m)(m+1)***–степеней свободы, но если оно проходит через ***r***-пространство, то оно имеет ***(n-m)(m-r)*** - степеней свободы. Следовательно, число условий, необходимых для того, чтобы ***m***-пространство в E_n проходило через данное ***r***-пространство *(*где ***n>m>r)***:

$$D=(n-m)(m+1)-(n-m)(m-r)=(n-m)(r+1). \qquad (3)$$

ПРИМЕР 5. В трехмерном пространстве *(**n=3**)* число условий, необходимых для прохождения прямой линии *(**m=1**)* через данную точку *(**r=0**)*: ***D = (n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***. Другими словами, множество прямых трехмерного пространства четырехпараметрично *(P_1=(3-1)(1+1)=4)*, а в связке (множество прямых, проходящих через точку) – двупараметрично *(P_2=(3-1)(1-0)=2)*. Поэтому число условий ***D***, которые требуется наложить на прямые, чтобы они принадлежали данной связке, равно разности P_1-P_2, то есть ***D=4-2=2***.

Если ***r***-пространство не фиксировано и имеет степени свободы в ***q***-пространстве, равное ***(r+1)(q-r)***, следовательно, число условий, которое необходимо наложить, чтобы ***m***-пространство и ***q***-пространство в пространстве E_n пересекались по ***r***-пространству:

$$(n-m)(r+1)-(r+1)(q-r)=(r+1)(n-m-q+r), \qquad (4)$$

где $m+q \le n+r$, если $m+q>n+r$, то они пересекаются по пространству размерности $m+q-n$, что больше, чем r.

ПРИМЕР 6. Применение формулы (4) покажем на примере определения количества направляющих линейчатой поверхности (в качестве направляющих для простоты возьмем прямые). Требование пересечения образующей линии *(**m=1**)* с одной направляющей прямой *(**q=1**)* в точке *(**r=0**)* равносильно числу условий, накладываемых на образующую и вычисляемых так: ***D=(3-1-1+0)(0+1)=1***. Поэтому для выделения из четырехпараметрического множества прямых трёхмерного пространства линейчатой поверхности (однопараметрического множества прямых) необходимо задать три направляющие ($n-n_1=4-1=3$).

ПРИМЕР 7. Коническая поверхность определяется вершиной одной направляющей. Как было показано (пример 6), пересечение образующей с направляющей линией в точке равносильно наложению на образующую одного условия. Прохождение образующей через вершину равносильно наложению двух условий и подсчитывается по формуле (3):***(3-1)(0+1)=2***. В сумме эти требования накладывают на прямую три условия и выделяют из четырехпараметрического множества прямых пространства коническую поверхность.

5. Размерность пересечения. Пусть M – n-мерное множество, M_1 и M_2 – его подмножества размерности m_1, m_2, выделенные условиями, связывающими соответственно $(n-m_1)$ и $(n-m_2)$ параметров.

Оба эти условия вместе связывают: $(n-m_1)+(n-m_2)=2n-m_1-m_2$ параметров. Поэтому размерность пересечения множеств M_1 и M_2, элементы которых удовлетворяют обоим условиям: $n-(2n-m_1-m_2)=m_1+m_2-n$.

$$n\cap=m_1+m_2-n, \tag{5}$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности операционного пространства***.

Если пересекаются i пространств, то применяется следующая формула:

$$n_{\cap} = m_1 + m_2 + ... + m_i - n(i-1);$$

$$n_{\cap} = \sum_{i=1}^{n} m_i - n(i-1), \tag{6}$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности пространства пересечения, взятой i -1 раз, где i – число пересекающихся пространств.***

Условия применения при использовании этой формулы (6):

1. Если оказалось, что размерность меньше нуля, это означает, что заданные множества не пересекаются.

2. Следует иметь в виду, что формула справедлива лишь для подмножеств M_1 и M_2 общего положения. Например, если M_1 и M_2 – прямые, а n – трехмерное пространство, то $n_1=n_2=1$, $n=3$, а $r= -1$, то есть M_1 и M_2 не пересекаются, хотя в частном случае две прямые могут иметь общую точку и даже совпадать (если прямые принадлежат одной плоскости).

3. В случае $r=0$ (нульмерным называется множество, состоящее из конечного числа элементов), поэтому, получив такой результат, не следует думать, что множество пересечений состоит из одного элемента; это возможно, но воз-

можно также, что оно состоит из двух, трех и любого конечного числа элементов.

6. Расслоение множества на классы эквивалентности.

Итак, для множества M, имеющего размерность n: каждому элементу a, принадлежащему M $(a \in M)$, соответствует n-ка параметров $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Зафиксируем какой-либо параметр, например $a_n=0$. Тогда подмножество $M_1 \subset M$ (для элементов, где $a_n=0$). Следовательно, размерность множества M_1 равна $(n-1)$, то есть элемент из множества M_1 определяется набором $(n-1)$ параметров, «чисел».

Поскольку имеется бесчисленное однопараметрическое множество способов, которыми можно зафиксировать параметр a_n, то следовательно, множество M расчленяется на однопараметрическое множество $(n-1)$-мерных подмножеств, каждое из которых соответствует одному из этих однопараметрических значений параметра a_n, причем никакие два из этих подмножеств не пересекаются, и объединение всех этих подмножеств есть множество M.

Такие подмножества называются ***классами эквивалентности***, означающими, что элементам a и b, принадлежащим множеству M, отнесены n-ки чисел $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $(b_1, b_2, \ldots, b_n)$, в которых $a_n=b_n$. Для фиксированной координаты u_1, в вышеприведенном примере, такими классами эквивалентности являются непересекающиеся 2-поверхности.

Если фиксируются два параметра, то из множества M выделяется $(n-2)$-мерное подмножество. Выполняя перебор всех двухпараметрических способов фиксации этих двух параметров, мы получаем двупараметрическое семейство прямых, параллельных оси y.

В общем случае, фиксируя ∞^n раз m каких-то параметров, мы расслаиваем n-мерное множество M на ∞^m классов по ∞^{n-m} элементов в каждом.

Таким образом, если множество M разбить на ∞^m взаимно непересекающихся и заполняющих все множества M_1 подмножеств по ∞^n элементов в каждом, то M содержит:

$$\infty^m \cdot \infty^n = \infty^{m+n}. \qquad (7)$$

ПРИМЕР. Множество плоскостей пространства расслаивается на ∞^2 пучков параллельных плоскостей по ∞^1 плоскостей в пучке, то есть содержит $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$.

7. Использование уравнений. Далее рассмотрим, как осуществляется подсчет параметрического числа поверхности, если последняя задана в аналитической форме. Для простоты начнем исследование с ***2***-поверхностей пространства E_3.

Рассматривая уравнение типа $Ax+By+Cz+D=0$, можно подсчитать размерность многообразия, а именно множество плоскостей пространства. Если мы придадим коэффициентам A, B, C, D определенные числовые значения A_0, B_0, C_0, D_0, то мы получим некоторую определенную плоскость $\alpha \in M$. Таким образом, имеется соответствие: «четверка чисел» $(A_0, B_0, C_0, D_0) \rightarrow$плоскость пространства α_0, которое однозначно лишь в одном направлении.

Действительно, плоскости α_0 отвечает любая из четверок коэффициентов kA, kB, kC, kD, где k – любое число, не равное нулю. То есть уравнения:

$$A_0x+B_0y+C_0z+D_0=0;$$

$$kA_0x+kB_0y+kC_0z+kD_0=0$$

задают одну и ту же плоскость. Итак, одной четверке чисел соответствует одна плоскость, но одной плоскости соответствует однопараметрическое множество четверок чисел (столько же, сколько чисел k) соответственно пропорциональных четверок. Отношение «быть соответственно пропорциональным» является отношением эквивалентности на множестве четверок чисел. Поэтому четырехпараметрическое множество четверок чисел расслаивается на трехпараметрическое многообразие классов по однопараметрическому семейству пропорциональных четверок в каждом.

Таким образом, соответствие «класс пропорциональных четверок чисел – плоскость пространства» однозначно уже в обе стороны, и поэтому плоскостей в множестве M столько же, сколько таких классов, то есть ∞^3 - трехпараметрическое множество.

Если координаты ***x, y, z*** связаны двумя уравнениями, то этим выделяется одномерное подмножество трехмерного множества точек пространства – линия (в общем случае пространственная).

8. Размерность кривых, поверхностей. Параметрическое число ***P*** плоской алгебраической кривой ***m***-го порядка:

$$P = \frac{m(m+3)}{2}. \qquad (8)$$

ПРИМЕР 1. Параметрическое число кривой второго порядка ***m=2*** (например, коники): $P = \frac{2(2+3)}{2} = 5$, то есть чтобы на плоскости выделить конику, нужно задать пять параметров.

В общем случае параметрическое число алгебраической поверхности ***m***-го порядка:

$$P = \frac{1}{n!}\left[\prod_{i=1}^{n}(m+i)\right] - 1, \qquad (9)$$

где ***n*** – размерность объемлющего пространства; ***m*** – порядок поверхности.

ПРИМЕР 2. Поверхность второго порядка ***m=2*** в трехмерном пространстве ***n=3*** имеет следующее параметрическое число:

$$P = \frac{(2+1)(2+2)(2+3)}{1 \cdot 2 \cdot 3} - 1 = \frac{3 \cdot 4 \cdot 5}{2 \cdot 3} - 1 = 9.$$

В приведенных выше примерах каждый коэффициент эквивалентен заданию одного условия. Поэтому говорят, что кривая второго порядка, будучи пятипараметрической, однозначно определяется заданием пяти точек, а поверхность второго порядка заданием – девяти точек.

1.7. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

При решении любой задачи важнейшим значением является задание необходимого и достаточного числа условий (параметров), которое необходимо

при корректной постановке задачи. Если задача поставлена корректно, то у нее конечное число решений. Мы будем рассматривать только геометрические задачи, хотя в общем случае эту методику можно использовать при решении любых задач (экономических, технологических, экологических и т. д.).

На интуитивном уровне мы иногда понимаем, что задача составлена некорректно, то есть условий для выделения конечного числа решений недостаточно. Иногда встречаются такие задачи, где условий слишком много, то есть если убрать одно условие, то задача будет иметь конечное число решений. О таких задачах говорят, что условие поставлено слишком «жестко». Разрешить эти сомнения позволяет подсчет параметров. Рассмотрим конкретные задачи начертательной геометрии, начиная с самых простых.

ПРИМЕР 1. В плоскости ***xOy*** построить окружность, касающуюся оси ***x*** и имеющую центр на прямой **a** (рис. 21).

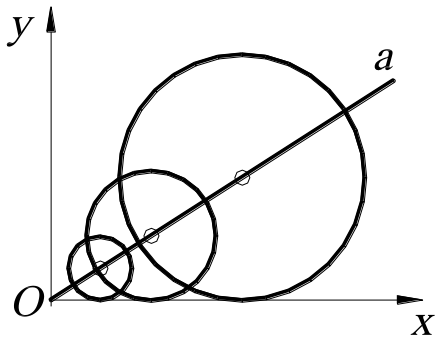


Рис. 21.

Условие задачи «неоднозначно», так как таких окружностей будет столько, сколько точек на прямой, то есть ∞^1. Действительно, параметрическое число окружности в пространстве E_2 равно трем (два параметра тратится на центр и один на радиус), а в условии задачи – только два (условие касания и принадлежность центра прямой). Поэтому необходимо задать еще одно условие, чтобы выделить конечное число решений, например, фиксированную точку на прямой – центр окружности или радиус окружности.

ПРИМЕР 2. Через точку ***B*** провести прямую, параллельную плоскостям ***α*** и ***β*** и пересекающую горизонтальную плоскость ***H*** в точке ***A*** (рис. 22).

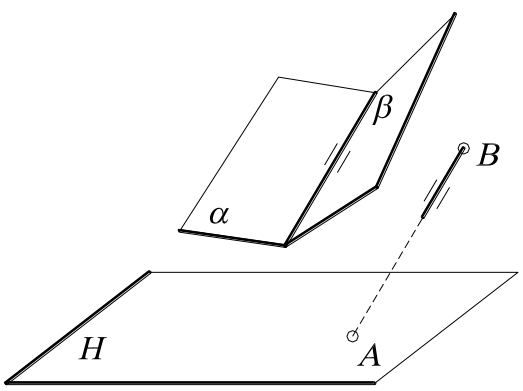


Рис. 22.

Условие задачи поставлено некорректно, «перезадано», так как параметрическое число прямой в пространстве E_3 равно четырем, а в задаче связывается пять условий (условие прохождения через точку связывает два параметра - ***2+2,*** так как две точки – ***A*** и ***B***; условие параллельности линии пересечения двух плоскостей – один). Действительно, если одну из точек переместить, то задача не будет иметь решения.

ПРИМЕР 3.

1. Через точку ***A*** провести прямую, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***a*** и ***b*.**

Известно, что прямых в **3**-пространстве четырехпараметрическое множество. Поэтому для того, чтобы построить эту прямую, необходимо «связать» четыре параметра. Условие прохождения прямых через фиксированную точку связывает у последней два параметра. В самом деле, возьмем произвольную (фиксированную) точку и установим взаимно однозначное соответствие (биекцию) между прямыми связки и точками плоскости (каждой точке плоскости соответствует единственная прямая связки и наоборот). Точек на плоскости ∞^2, поэтому и прямых связки составляет двупараметрическое множество - ∞^2 (или по формуле ***P=(n-m)(m-r)=(3-1)(1-0)=2)***. Очевидно, что связали два параметра ***D=4-2=2***, что соответствует формуле ***D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***.

В случае прохождения прямых через две скрещивающиеся прямые (в данной задаче две прямые) связывает еще два параметра, так как в пучке прямых, пересекающих прямую ***b*** – ∞^1, но и на прямой ***a*** точек также ∞^1. Поэтому мы выделяем двупараметрическое множество прямых: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$, то есть конгруэнцию. Таким образом, связали все четыре параметра: ***D=4-2-2=0***. Задача поставлена корректно.

2. Если условие задачи изменить на следующее: построить прямую, проходящую через точку ***A*** и пересекающую три скрещивающиеся прямые.

В данной задаче число условий (как говорят) перезадано для выделения конечного числа решений. Условие прохождения через прямую связывает один

параметр, так как в связке прямых ∞^2, а точек на прямой ∞^1, поэтому мы выделяем трехпараметрическое множество прямых $\infty^2 \cdot \infty^1 = \infty^3$, то есть линейный комплекс. Комплекс определяется заданием всех прямых, проходящих через фиксированную прямую. Прямых в ***3***-пространстве, как известно, ∞^4, то есть связали один параметр ***D=4-3=1***. Условие прохождения всех прямых через две фиксированные прямые, как было сказано выше, «связывает» два параметра. Таким образом, условие прохождения прямых через три скрещивающиеся «связывает» три параметра. Следовательно, ***D=4-3=1***, то есть выделили однопараметрическое множество прямых, которое называется ***линейчатой поверхностью***, или ***регулюс***. Поэтому условие задачи поставлено некорректно, так как нет конечного числа решений. Однако на примере этой задачи показано, как выделяется линейчатая поверхность.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое независимые параметры?

2. Привести примеры одно- , двух-, трёх-, четырёхпараметрических многообразий.

3. Проверьте правильность следующих утверждений: 1) прямую в пространстве можно задать: а) точкой и параллельной ей прямой; б) точкой и парой пересекающихся прямых; 2) плоскость: а) тройкой точек; б) точкой и прямой; в) парой пересекающихся прямых; 3) сферу: а) центром и точкой; б) центром и касательной плоскостью; в) четвёркой некомпланарных точек; г) диаметром; 4) цилиндром вращения: а) осью и образующей; б) тройкой некомпланарных образующих.

4. Проверить корректность постановки следующей задачи. В пространстве даны плоскость ω и точки O_1 и O_2. Построить в плоскости ω точки A_1 и A_2 на расстоянии r_1 от O_1 и на расстоянии r_2 от O_2.

5. Определить размерность пересечения геометрических многообразий в различных пространствах: пересечение двух прямых в плоскости (пространстве), пересечение двух плоскостей в трёх- и четырёхмерном пространствах

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Координатами (от лат. *co* – приставка, означающая совместность, и *ordinatus* – упорядоченный, определённый) называют величины, заданием которых определяется положение точки на прямой, плоскости, поверхности или в пространстве.

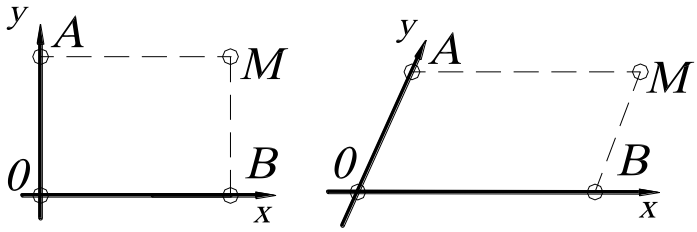
2.1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ

Для одномерного случая хорошей иллюстрацией координат является термометр. Некоторой точке ставится в соответствие число ***0***, задаётся единица измерения, определяющая точки ***1, 2, 3…*** - положительные значения координат, которые располагаются на равных расстояниях друг от друга и с одной стороны от точки ***0***. Отрицательные целые числа ***-1, -2, -3…*** определяются симметрично с противоположной стороны от положительных чисел, а дробные вставляют между ними. Произвольной точке ***A*** ставится в соответствие одно из этих чисел.

В двумерном случае положение точки на плоскости может быть определено её расстоянием до двух фиксированных перпендикулярных прямых – ***осей***. Эти понятия встречаются уже у Архимеда Сиракузского (его знаменитая фраза «дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир» говорит об этом) и Аполлония Пергского, живших более двух тысяч лет назад, и даже у древних египтян.

Впервые идея о прямоугольных координатах (рис. 23, *а*) была систематизирована французами Пьером Ферма (1601 – 1665) и Рене Декартом (1596 – 1650). Однако в их формулировках расстояния могли быть только положитель-

ными. Значительную роль в математике сыграла важная идея о том, что эти расстояния можно считать и отрицательными, которая принадлежала сэру Исааку Ньютону (1642 – 1727). Г. В. Лейбниц (1646 – 1716) первым назвал эти расстояния «координатами».



а *б*

Рис. 23.

Для некоторых целей можно использовать неперпендикулярные оси, расстояния от точки ***0*** представляют собой параллелограмм (рис.23, *б*). Отрезки ***AM = 0B = x*** – абсцисса; ***BM = 0A = y*** – ордината точки ***M*** от двух осей координат ***0x*** и ***0y***. Ось ***x*** выражается уравнением ***y =0***, так как каждая точка оси ***x*** удовлетворяет этому уравнению. По аналогии для оси ***y***: ***x=0***.

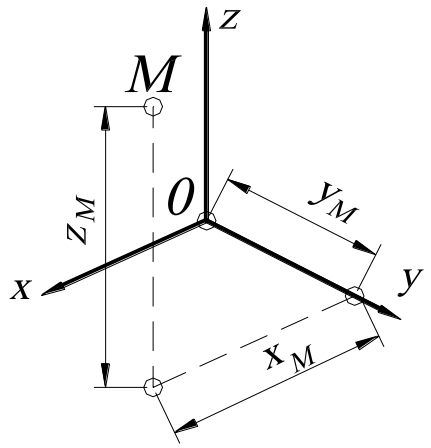


Рис. 24.

Систему координат в пространстве определяют три взаимноперпендикулярные плоскости, которые в своём пересечении дают три взаимноперпендикулярные оси ***x, y, z*** – аппликата (рис. 24). Точка ***0*** во всех случаях называется началом координат.

2.2. ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ

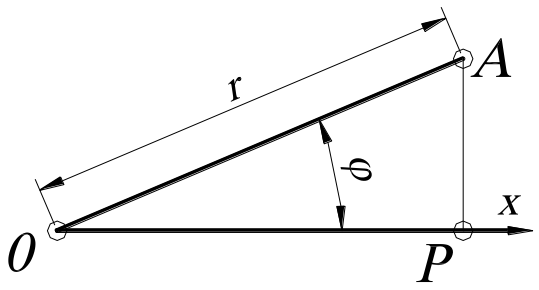


Рис. 25.

Полярные координаты на плоскости есть расстояние ***0A = r*** от фиксированной точки ***0*** (полюса) и угол $P\hat{0}M = \varphi$ между прямой ***0A*** и полярной осью ***0P***, где ***r***- радиус-вектор, φ - полярный угол (рис. 25).

Ось ***0P*** можно отождествить с осью ***x***

прямоугольных декартовых координат. Тогда точка ***A*** имеет две координаты ***(r; φ)***. Иногда можно использовать и отрицательные значения ***r***, считая, что точка ***(r; φ)*** совпадает с точкой ***(-r;φ+180^0)***.

Если даны декартовы координаты, то можно перейти к полярным координатам, используя тригонометрические функции, а именно: координаты точек

x = r cos φ, y = r sin φ.

Полярные координаты особенно удобны для описания тех движений и преобразований подобия (центральная симметрия, симметрия относительно прямой, гомотетия и т.д.), которые имеют неподвижную точку. Начало координат в этом случае выбирают именно в этой точке. В пространстве аналогом полярных координат служат цилиндрические и сферические координаты.

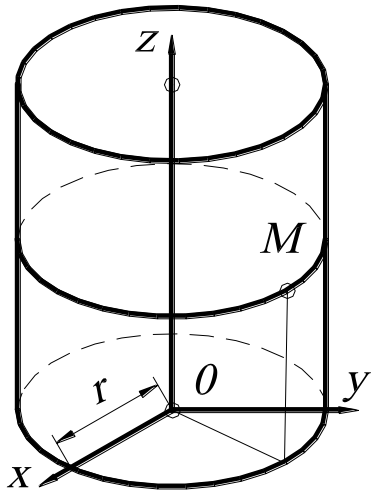


Рис. 26.

2.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Цилиндрические координаты точки ***M*** есть числа ***r, φ, z*** (рис. 26), связанные с декартовыми координатами ***x,y,z*** следующими уравнениями:

x = r cos φ;

y = r sin φ; z = z.

2.4. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Сферические координаты точки ***M*** есть три числа ***r, φ, θ*** связанные с декартовыми координатами следующими уравнениями:

$$x = r\cos\varphi\cos\theta;$$

$$y = r\sin\varphi\cos\theta,$$

$$z = \sin\theta,$$

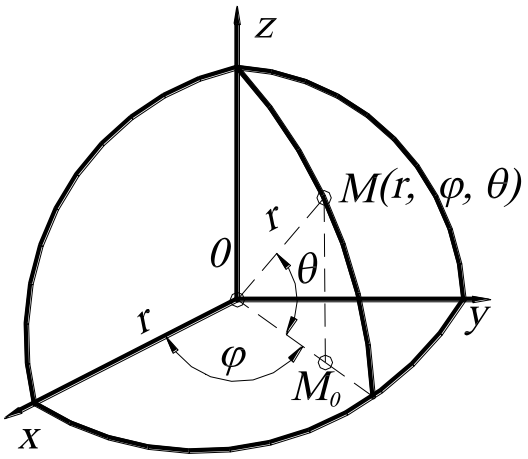


Рис. 27.

где r – радиус-вектор, равный $0M$ (рис. 27);

φ - угол между положительным направлением оси $0x$ и горизонтальной проекцией радиус-вектора $0M$ на плоскость $x0y$, взятый против часовой стрелки;

θ - угол между радиус-вектором $0M$ и горизонтальной проекцией его на плоскость $x0y$;

Угол $90^0-\theta = \sigma$ называется зенитным углом. Сферические координаты применяются для определения географических координат на земной поверхности.

2.5. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

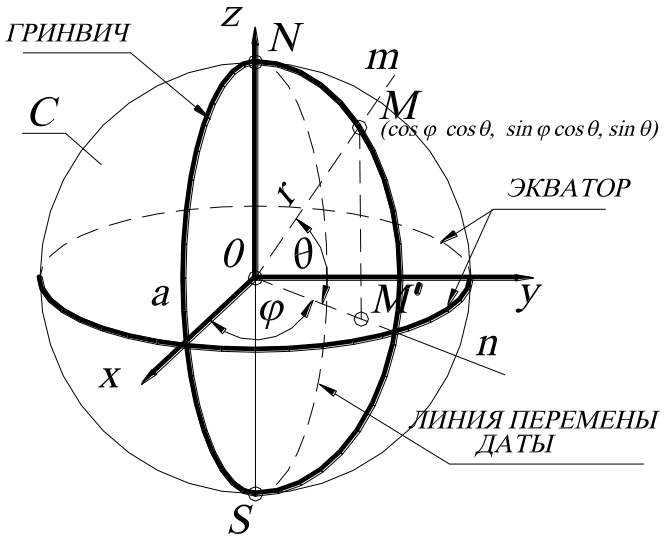


Рис. 28.

Любую точку Земли можно полностью охарактеризовать широтой θ, долготой φ и высотой (рис. 28). Астрономические координаты относятся к поверхности сферы C. Начало отсчёта O выбирается в центре сферы.

Широта θ - это угол, образованный отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора, то есть угол $\theta = M\hat{O}M'$.

Долгота φ - это двугранный угол между плоскостями астрономического меридиана и начального астрономического меридиана (Гринвичского меридиана). Широта отсчитывается от 0 до 90^0 к северу от экватора (со знаком «плюс») и от 0 до 90^0 к югу от экватора (со знаком «минус»).

Долгота отсчитывается от 0 до 180^0 к востоку от начального меридиана и, аналогично от 0 до 180^0 к западу от начального меридиана. Долгота корректно определена повсюду, кроме точек, принадлежащих полуокружности, называемой «линией перемены даты», ограниченной северным и южным полюсами, так как в этом случае долгота также равна нулю. Остальные точки, можно считать, имеют долготу, равную от 180^0 до -180^0. Одно из преимуществ состоит в том, что соответствующая линия перемены даты полностью проходит в Тихом океане, тем самым уменьшая возможность путаницы. Кривые, вдоль которых широта постоянна (соответственно долгота), называются параллелями (соответственно меридианами).

В качестве третьей координаты служит ***альтитуда***, или ***абсолютная высота***, – это расстояние по вертикали от какой-либо точки поверхности Земли до среднего уровня поверхности Мирового океана (для России альтитуда исчисляется от нуля Кронштадского футштока).

Величины θ и φ получают из астрономических наблюдений, а альтитуду – на основе геометрического нивелирования.

2.6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Поверхность Земли представляет собой поверхность, называемую геоидом.

Геоид (греч. geoeides, от geo – Земля и eidos – вид) – фигура Земли, ограниченная уровневой поверхностью силы тяжести, совпадающей со средним уровнем Мирового океана и продолженной под материками так, что она повсюду перпендикулярна линии отвеса. Форма геоида в результате суточного вращения Земли близка к эллипсоиду вращения, но поверхность его осложнена из-за неравномерности распределения масс внутри Земли. Геоид имеет сложную форму, и поэтому для решения геодезических задач геоид заменяют эллипсоидом вращения, у которого большая полуось $a = 6378388$ метров, а малая по-

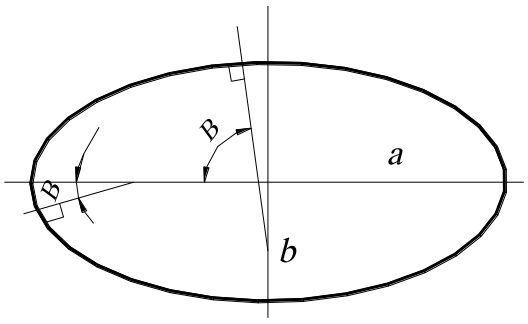


Рис. 29.

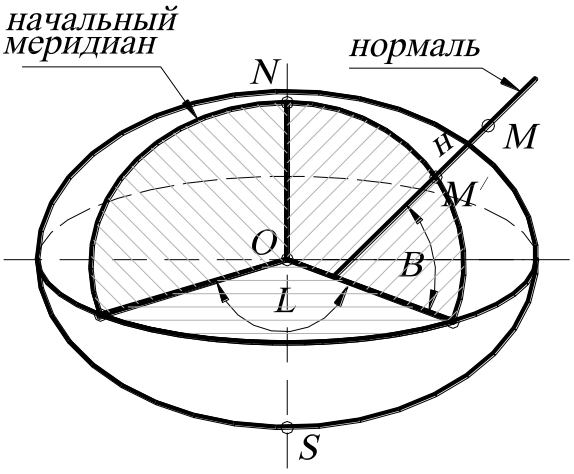


Рис. 30.

луось ***b = 6356912*** метров, и, следовательно, «уплощение» равно $\frac{1}{297}$ (рис. 29).

В каждой стране имеются свои эллипсоиды, то есть каждый эллисоид приближен к геоиду именно в конкретной области. Например, для Российской Федерации – эллипсоид Кроссовского, для США – эллипсоид Хейфорда, а также есть общеземной эллипсоид.

Геодезические координаты ***B*** и ***L*** относят к поверхности эллипсоида вращения. Широта ***B*** – угол, образованный нормалью к поверхности земного эллипсоида в данной точке ***M*** и плоскостью экватора (рис. 30). Долгота ***L*** - двугранный угол между плоскостями меридиана данной точки ***M*** и начальным меридианом (Гринвичским меридианом). Высота ***H*** – расстояние по нормали от поверхности земного эллипсоида до данной точки ***M*** (то есть расстояние ***MM′***).

Геодезические координаты отличаются от астрономических за счёт уклонения отвесной линии от нормали в данной точке. Обобщённое название астрономических и геодезических координат – географические координаты.

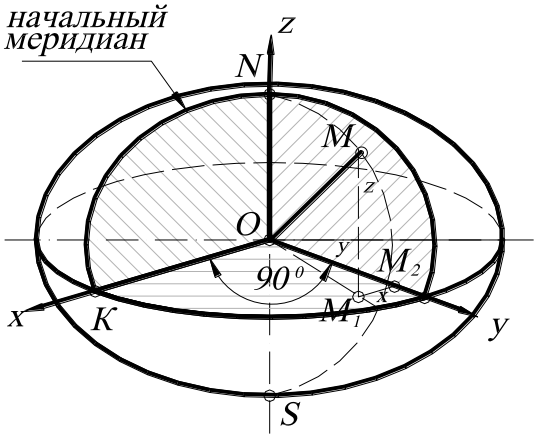


Рис. 31.

СИСТЕМУ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ (рис. 31) образуют три оси с началом в центре эллипсоида ***O***: ось ***Oz*** совпадает с полярной осью эллипсоида; ось ***Ox*** расположена в пересечении плоскости экватора и начального меридиана

SKN; ось ***Oy*** – в пересечении плоскостей экватора и меридиана ***SKN***, составляющего угол 90^0 с плоскостью начального меридиана. Положение точки ***M*** определяется отрезками: $x=M_1M_2$, $y=OM_2$, $z=MM_1$. Такие координаты широко используются для определения точек в космическом пространстве.

2.7. ГЕОЦЕНТРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

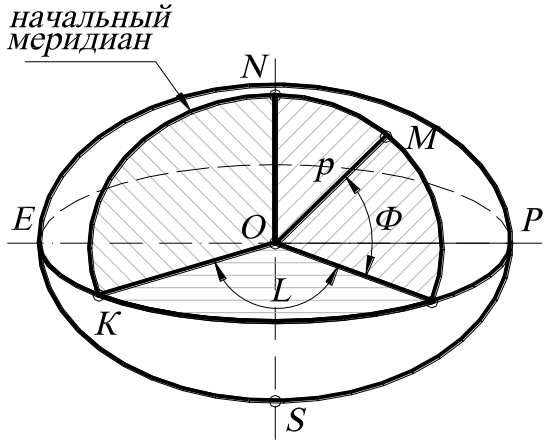


Рис. 32.

Прямоугольная геоцентрическая система имеет начало в центре масс Земли (рис. 32). Широта ***Φ*** – угол, образованный радиус-вектором ***p***, соединяющим центр масс Земли ***O*** с данной точкой ***M*** и плоскостью ***EKP***, перпендикулярной к оси вращения Земли.

Долгота ***L*** – двугранный угол между плоскостями геоцентрического меридиана данной точки и начального геоцентрического меридиана. Ось ***Oz*** параллельна оси вращения Земли, ось ***Ox*** – линия пересечения начального меридиана и экватора, ось ***Oy*** – перпендикулярна осям ***Ox***, ***Oz*** и дополняют систему координат до правой. Геоцентрическая система используется при спутниковом определении, от которой переходят к геодезическим координатам. Для отображения любой точки Земной поверхности вместе с её координатами на плоскость пользуются различными проекциями.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

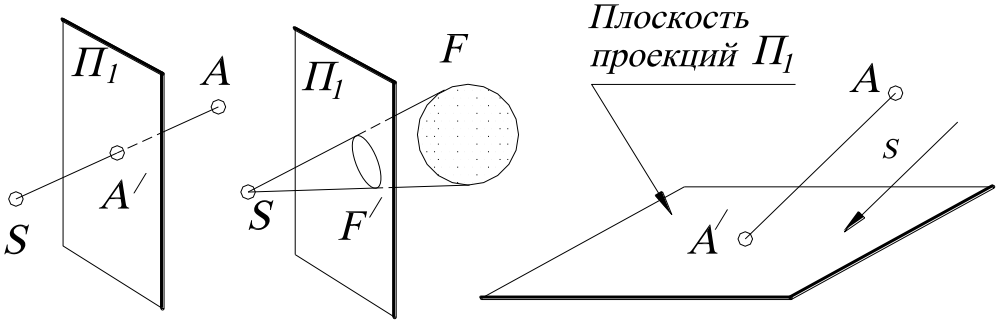
Дан куб с известной стороной ***l=1***. Написать координаты его вершин: в прямоугольных декартовых координатах; в полярных координатах; в цилиндрических и сферических координатах, если начало системы координат выбрать в центре куба, в одной из вершин куба.

3. ПРОЕКЦИИ

3.1. МЕТОД ПРОЕКЦИЙ

В основе всех методов начертательной геометрии лежат операции ***проецирования*** и ***сечения***. Наиболее распространены ***центральное***, ***параллельное*** и ***ортогональное*** проецирование. Получаемые с их помощью изображения – проекции наиболее естественно ассоциируются с рисунками, картинами, фотографиями, картами.

Во всех трёх случаях задаётся ***плоскость проекций*** и связка ***проецирующих прямых*** или проецирующих лучей (при центральном проецировании связка состоит из прямых, проходящих через данную точку, при параллельном и ортогональном – из прямых, параллельных данной прямой). ***Проекцией точки*** ***A*** называют точку A' пересечения с плоскостью Π_1 проецирующей прямой, проходящей через точку ***A*** и центр проекций ***S*** (рис. 33, *а*). ***Проекцией*** F' ***фигуры F*** считается множество проекций всех точек этой фигуры (***фигурой*** в геометрии называют любое множество точек, рис. 33, *б*). Точку ***A*** и фигуру ***F*** называют *оригиналами*.



а *б*

Рис. 33.

Рис. 34.

При ***центральном проецировании*** задают плоскость Π_1 – плоскость проекций и не лежащую в ней точку ***S*** – центр проекций. Прямые, проходящие через точку ***S***, называются проецирующими прямыми. Проекцией точки ***A*** называется точка A' пересечения с плоскостью Π_1 проецирующей прямой ***SA*** (см.

рис. 33, *а*). Чтобы построить проекцию фигуры, следует спроецировать все её точки (см. рис.33, *б*).

Параллельное проецирование – частный случай центрального проецирования, когда центр проекций ***S*** – бесконечно удалённая точка, то есть проходящие через эту точку проецирующие прямые параллельны. Таким образом, при параллельном проецировании задают плоскость проекций $\boldsymbol{\Pi_1}$ и не параллельную ей прямую ***s*** – ***направление проецирования***. Прямая ***s*** и все параллельные ей прямые называются ***проецирующими прямыми***. Точка $\boldsymbol{A'}$ пересечения с плоскостью $\boldsymbol{\Pi_1}$ проецирующей прямой, проходящей через точку ***A***, называется ***параллельной проекцией точки A*** на плоскость $\boldsymbol{\Pi_1}$ в ***направлении s*** или более кратко – ***проекцией точки A*** (рис. 34).

Ортогональное (прямоугольное) проецирование – частный случай параллельного, когда $\boldsymbol{s \perp \Pi_1}$, то есть направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций. Иначе говоря, ортогональная проекция $\boldsymbol{A'}$ точки ***A*** на плоскость $\boldsymbol{\Pi_1}$ есть основание перпендикуляра $\boldsymbol{AA'}$, опущенного из точки ***A*** на плоскость $\boldsymbol{\Pi_1}$. Дальнейшие подробности об ортогональных и параллельных проекциях см. п. 3 «Методы изображений».

Рассмотренные в этом параграфе изображения, состоящие из одной проекции, ***необратимы***. Точка ***A*** – оригинал определяет одну проекцию $\boldsymbol{A'}$, но проекции $\boldsymbol{A'}$ соответствует бесчисленное множество оригиналов - все точки проецирующей прямой $\boldsymbol{AA'}$. Одна проекция не определяет оригинала. Для построения обратимых чертежей, определяющих оригинал однозначно, добавляется вторая проекция (метод Монжа, аксонометрия, перспектива) или информация о расстояниях точек-оригиналов от плоскости проекций (проекции с числовыми отметками). Для отображения любой точки земной поверхности вместе с её координатами на плоскость пользуются проекциями, отличающиеся от предыдущих. Рассмотрим некоторые из них.

3.2. СТЕРЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Эти проекции используются не только математиками, но и применяются для составления карт областей земной поверхности. Стереографическая проекция является взаимно однозначным отображением, то есть единственной точке земной поверхности соответствует единственная точка на плоскости.

Стереографической проекцией будем называть проекцию сферы из центра – точки S, принадлежащую этой сфере, на плоскость α, касающуюся этой сферы в точке S' - диаметрально противоположной центру проецирования – точки S (рис. 35). Взяв точку проецирования в одном из полюсов, получим так называемую полярную сетку (см. рис. 35).

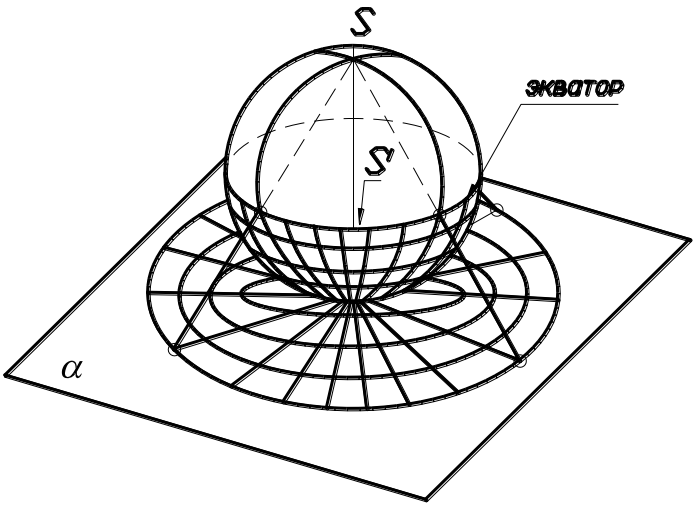


Рис. 35.

Меридианы на этой проекции изображаются прямыми, проходящими через образ полюса – точку S', а экватор и параллели – в виде окружностей. Если точку проецирования поместить на экваторе, получим сетку экваториального типа (подобно той, которая получается на карте двух полушарий мира). На рис. 36 показана стереографическая проекция точки M'' и её сферические координаты.

При стереографической проекции углы между кривыми, лежащими на сфере, изображаются равными углам их проекций. Под углом между кривыми понимается угол между касательными к ним в точке пересечения.

При повороте сферы вокруг диаметра, проходящего через полюс, на плоскости α происходит поворот вокруг точки её касания S' со сферой на тот же угол.

Следует отметить, что свойства этой проекции существенно не изменяются при замене плоскости проекций α на любую другую плоскость, параллельную ей и не проходящую через центр проекций S. Часто за эту плоскость принимают плоскость экватора, если считать центр проекции S и диаметрально противоположную точку S' полюсами.

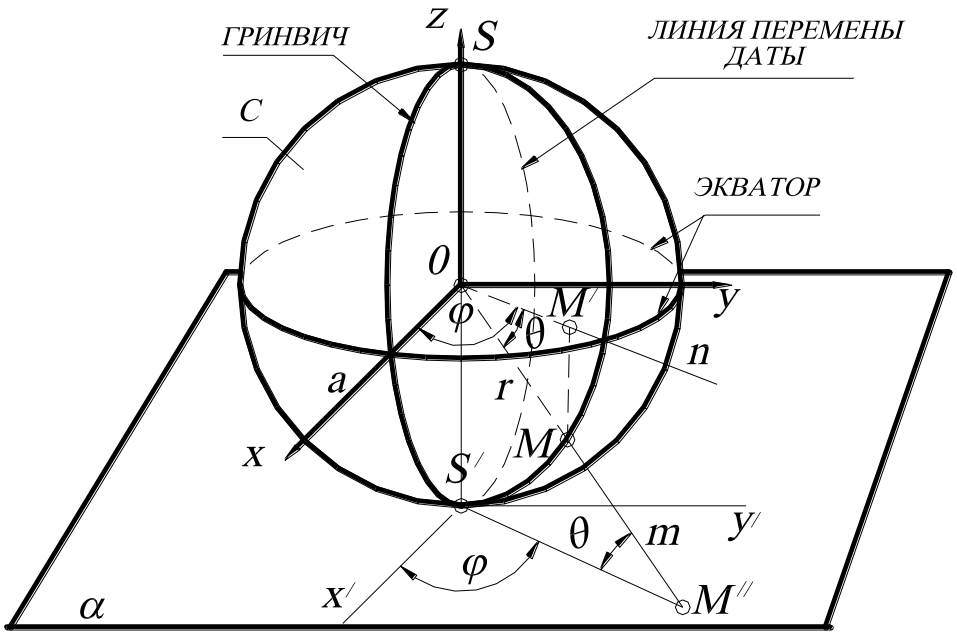


Рис. 36.

В результате построения стереографической проекции, то есть проекции сферы на плоскость, получают карту. Недостаток такой карты в том, что не сохраняются площади. Практически чаще всего на таких картах работают с очень малыми областями сферы, по которым, с необходимыми коррекциями, можно вычислять площади.

Очевидно, существуют карты, сохраняющие площади; они называются эквивалентными или равновеликими. Рассмотрим пример получения такой карты.

3.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Цилиндрическая проекция получается при взаимно однозначном отображении поверхности сферы, вписанной в цилиндр, на поверхность этого цилин-

дра пучком параллельных прямых, перпендикулярных к оси цилиндра. Разворачивая затем цилиндр на плоскость, получают цилиндрическую проекцию сферы. Такая проекция получила название «классическая проекция Меркатора». Эта проекция является равноугольной (или конформной, то есть такая, которая сохраняет углы, рис. 37).

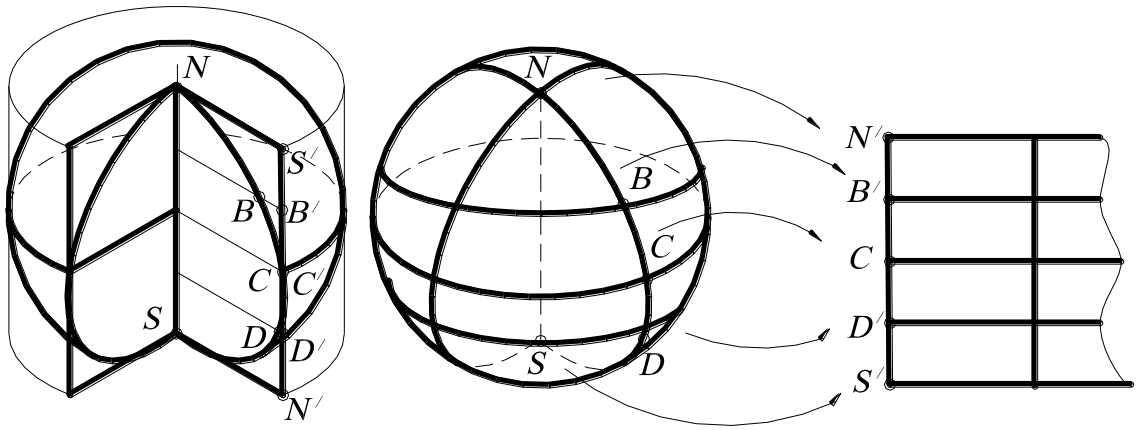


Рис. 37.

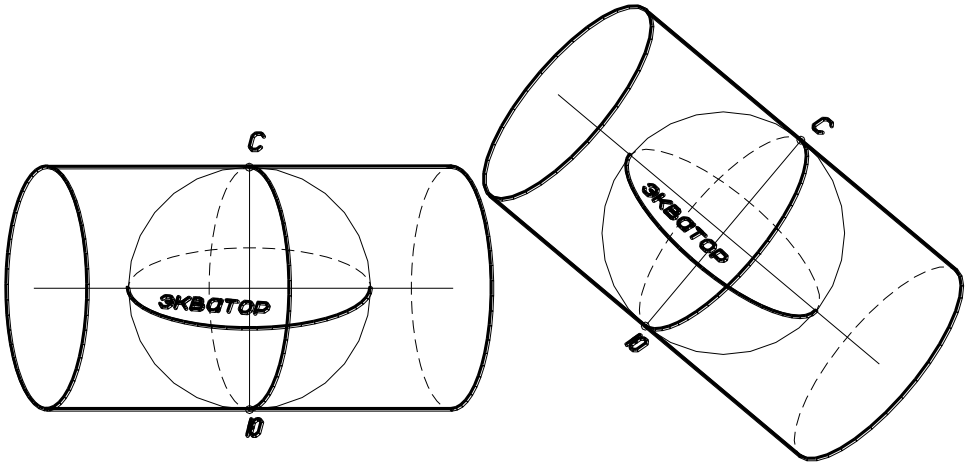
На этой проекции параллели и меридианы представляются ортогональными (прямоугольными) прямыми, а экватор является горизонтальной осью симметрии. Такие проекции имеют изменяющийся коэффициент искажения, который увеличивается к полюсам. В тех областях, где коэффициент искажения изменяется незначительно, построенная таким образом карта хорошо приспособлена к практическим нуждам, и поэтому она часто используется в морской и воздушной навигации.

Действительно, поскольку меридианы и параллели являются ортогональными координатными линиями, кроме того, построенная проекция конформна, то такая траектория движения судна или самолёта по постоянному курсу изобразится на этой карте в виде прямой линии, которую легко провести с помощью линейки. На практике судно или самолёт всегда в течение определённого времени придерживается постоянного курса. Для этого рулевой по компасу сохраняет постоянное направление движения, указанное капитаном.

На сфере такие траектории (то есть кривые, которые пересекают меридианы под постоянным углом) называются ***локсодромы***.

Классическая проекция Меркатора совершенно непригодна у полюсов, так как при приближении к полюсам коэффициент искажения стремится к бесконечности. Поэтому задача измерения с достаточной точностью расстояний и площадей в окрестности полюсов практически неразрешима, но классическая проекция Меркатора даёт прекрасный результат вблизи экватора.

В настоящее время во всём мире наиболее употребительной является поперечная проекция Меркатора. Она получается, если цилиндр, описанный около сферы, касается её по меридиану (рис.38, *а*). Эту проекцию называют проекцией Гаусса – Крюгера. Для неё используется сокращение ***MTU*** (по начальным буквам Mercator transvers universal). Её применяют, например, при создании топографических карт Российской Федерации, эта проекция используется топографической службой Швейцарии.

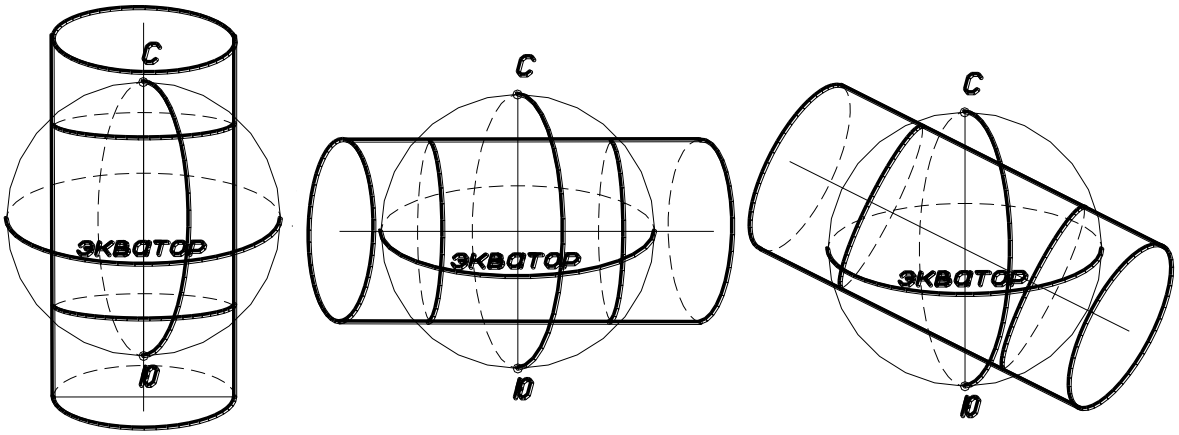


а *б*

Рис. 38.

Кроме рассмотренных цилиндрических проекций, имеются косые цилиндрические проекции (рис.38, *б*). В этом случае ось цилиндра располагается под произвольным углом к прямой, соединяющей северный и южный полюса. Параллели и меридианы при этом изобразятся в виде кривых, однако в малых областях они будут почти прямыми линиями.

Для цилиндрических проекций можно рассматривать цилиндры, пересекающие сферу. На рис. 39, *а* показана нормальная цилиндрическая проекция; на рис. 39, *б* – поперечная проекция; на рис. 39, *в* – косая проекция.



а *б* *в*

Рис. 39.

3.4. КОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Такие проекции при составлении карт называются равноугольными проекциями Ламберта.

Идея Ламберта состоит в том, чтобы меридианы и параллели оставались простыми кривыми на плоскости. Самой простой после ортогональной сетки параллельных прямых является сетка из концентрических окружностей и прямых, проходящих через их центр этих окружностей. Можно сказать, что мы имеем дело с полярной системой координат на плоскости.

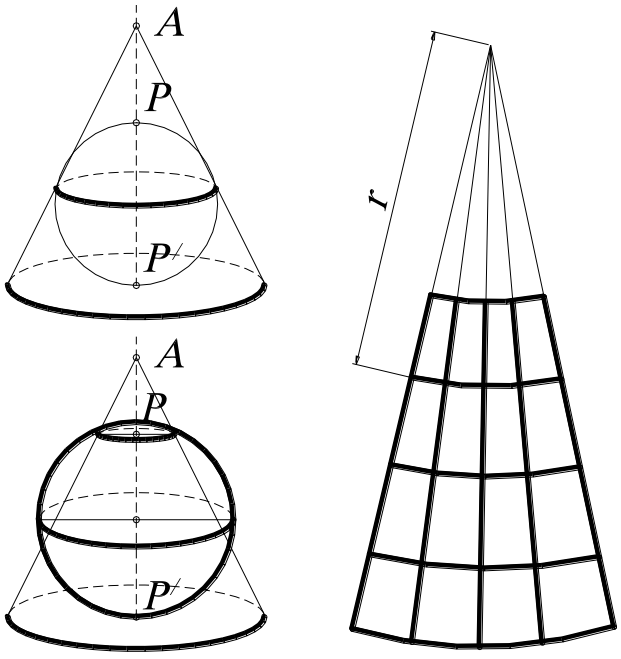


Рис. 40.

В этом случае сфера проецируется на конус, касающийся по выделенной параллели, а затем этот конус разворачивается на плоскость

(рис. 40). Полярный радиус r регулируется некоторой функцией так, чтобы обеспечить равные углы.

Меридианы в этой проекции изображаются прямыми линиями, а параллели – окружностями.

Картография Франции основана на проекциях Ламберта. Вся поверхность Франции покрывается тремя такими картами, одна из которых охватывает зону в три градуса. Однако состыковка этих трёх систем в настоящее время не удовлетворяет требованиям к точности. Поэтому используется карта, полученная при помощи стереографической проекции (с полюсом в Новой Зеландии).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каким образом можно установить взаимно однозначное соответствие между оригиналом, например, точкой A, трёхмерного пространства и её центральной, параллельной проекцией A'?

2. Как будет изображаться стереографическая проекция а) отрезка прямой, который принадлежит экватору сферы, меридиану, б) окружности ?

3. Докажите, что при стереографической проекции локсодромы переходят в логарифмические спирали (см. п. 4.5. «Трансцендентные кривые»).

4. Как задаётся центр проецирования при отображении сферы на конус (см. рис. 40).

ЧАСТЬ 2
ПРИНЦИПЫ ИНВАРИАНТНОСТИ

Построение какой-либо геометрической модели основывается на определённых свойствах объекта (геометрического многообразия). Для задания взаимно однозначных отображений большое значение имеют неизменяющиеся свойства – инварианты. *Инвариант - (invariants – от лат. неизменяющийся) – величина, остающаяся неизменной при тех или иных преобразованиях* (например, площадь какой- либо фигуры). В первой части мы уже сталкивались с инвариантами, например, размерность какого-то геометрического многообразия является величиной постоянной для конкретного пространства. Основными принципами инвариантности также являются симметрия и пропорциональность.

В части 2 рассматриваются преобразования, сохраняющие некоторые свойства геометрических множеств (симметрия относительно точки, прямой или плоскости, вращения, параллельные переносы). Однако отказ от сохранения метрики исследуемых объектов при соответствующем преобразовании расширяет возможности применения методов симметрии и приводит к другим преобразованиям – подобие, инверсия и др.

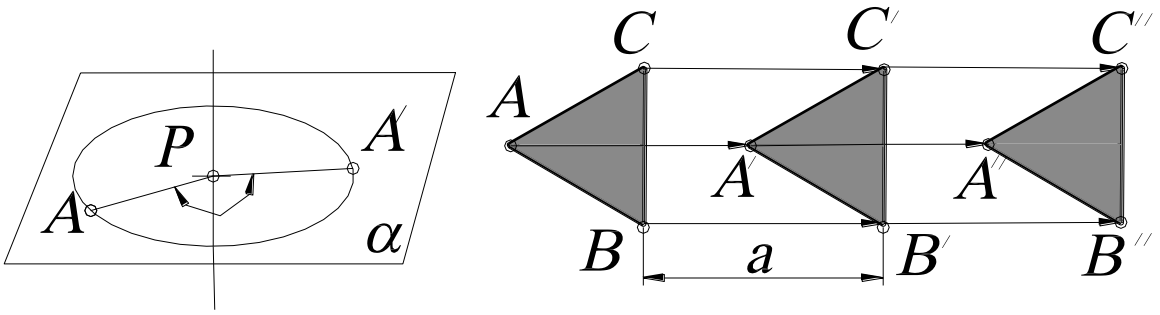
1. ДВИЖЕНИЯ

1.1. ДВИЖЕНИЯ В ЕВКЛИДОВОЙ ПЛОСКОСТИ

Движение - это преобразование, которое сохраняет длины. Например, (рис. 41, *а*) ***вращение*** точки A, принадлежащей плоскости α, вокруг точки P (или вокруг прямой, проходящей через точку P, перпендикулярно к плоскости α) является движением, имеющим одну неподвижную точку P (если угол по-

ворота не кратен 360^0). В противном случае получают ***тождественное преобразование***, точка ***A*** отображается на себя.

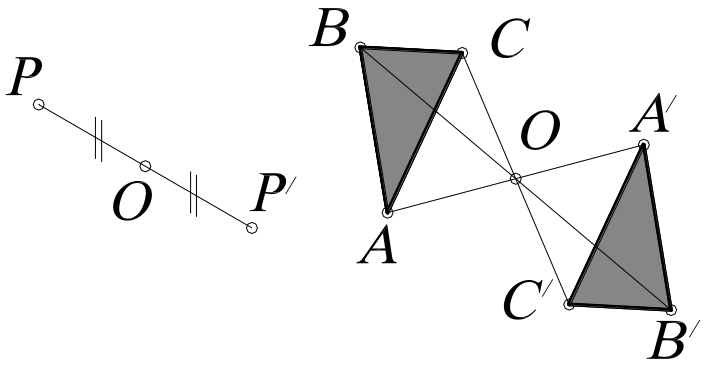
Параллельный перенос (или ***параллельное перемещение***) не имеет неподвижных точек; при этом преобразовании сдвигается каждая точка плоскости на расстояние ***a*** (рис. 41, *б*).



а *б*

Рис. 41.

Симметрия - это вид движения, характеризующийся тем, что распределение точек на пары симметрично. Неподвижными точками симметрии, в зависимости от её вида, являются точка, прямая или плоскость. Соответственно подразделяют симметрию относительно точки, прямой или плоскости. Эти симметрии называют также отражениями от точки, прямой или плоскости, соответственно.



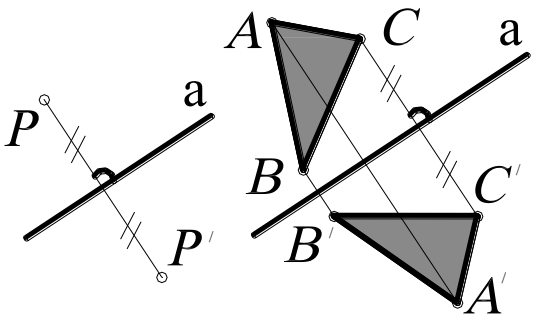
а *б*

Рис. 42.

Центральная симметрия. Две точки ***P*** и ***P′*** называются симметричными относительно точки ***O*** (или относительно центра симметрии ***O***), если точка ***O*** есть середина отрезка ***PP′*** (рис. 42, *а*).

Фигура симметрична относительно центра, если все её точки попарно лежат на прямых, проходящих через этот центр симметрии по разные стороны и на равных расстояниях (рис. 42, *б*).

Осевая симметрия. Две точки называются симметричными относительно прямой (оси), если они лежат на одном перпендикуляре к данной прямой ***a*** по разные стороны и на одинаковом расстоянии (рис. 43 *а*, *б*).



а *б*

Рис. 43.

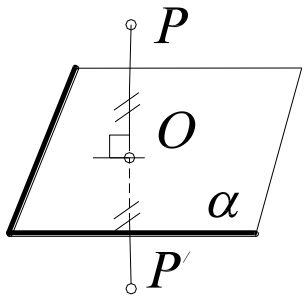


Рис. 44.

Плоскостная (зеркальная) симметрия. Две точки называются симметричными относительно плоскости, если они лежат на перпендикуляре по разные стороны и на одинаковом расстоянии от плоскости (рис. 44).

При рассмотрении вращений (в частности, центральная симметрия), осевых симметрий и параллельных переносов возникает вопрос о том, почему вращение или параллельный перенос можно осуществить непрерывным перемещением плоскости, а осевую симметрию – нельзя. Возникает понятие «ориентации». Любые два треугольника ***ABC*** и $\boldsymbol{A'B'C'}$ могут иметь одинаковую (см. рис.41, *б*) или противоположную (см. рис. 43, *б*) ориентацию.

Если треугольники ***ABC*** и $\boldsymbol{A'B'C'}$ ориентированы одинаково (см. рис.41, *б*), то движение называется ***собственным*** (или 1-го рода). Если же движение меняет ориентацию треугольников ***ABC*** и $\boldsymbol{A'B'C'}$ (см. рис.43, *б*), то такое движение называется ***зеркальным*** (или 2-го рода). Например, собственные движения переводят левую перчатку в левую, а левый винт – в левый (и наоборот). Зеркальные движения переводят левую перчатку в правую, а левый винт – в правый (и обратно).

Рассмотрим несколько видов симметрии на примерах различных фигур. Когда мы говорим, что фигура «симметрична», мы имеем в виду, что суще-

ствуют некоторые движения, оставляющие на месте фигуру в целом, но меняющие отдельные её части. Другими словами, если фигура симметрична, то элементы одной её части переходят в другую. Например, прописные буквы ***А*** и ***Е*** (рис. 45, *а*, *б*) обладают осевой симметрией, то есть переводятся в себя симметрией относительно некоторой оси – вертикальной в первом случае и горизонтальной – во втором.



Рис. 45.

Буква ***И*** (рис. 45, *в*) обладает центральной симметрией. Однако буква ***И*** может быть представлена последовательным выполнением (причём в любом порядке) отражений от горизонтальной, а затем от вертикальной оси. Как уже известно, результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их произведением или композицией преобразований.

К числу движений, переводящих фигуру в себя, относится и тождественное преобразование. Любая фигура обладает такой симметрией. Например, буква ***Г*** переводится в себя только тождественным преобразованием (рис. 45, *г*).

Изображенная фигура на рис. 45, *д* обладает симметрией 4-го порядка. Это означает, что она переводится в себя на угол, кратный прямому. Такая фигура допускает 4 существенно различных движения, переводящих её в себя, а именно вращения на 1, 2, 3 и 4 прямых угла. Последнее из них - тождественное преобразование.

Наименьшая степень, в которую нужно возвести данное преобразование, чтобы получить тождественное преобразование, называется порядком данного преобразования.

Например, осевая, центральная симметрия имеет порядок 2. Единственным преобразованием порядка 1 является тождественное преобразование. Параллельный перенос вообще не имеет конечного порядка (иногда говорят, что он имеет бесконечный порядок ∞).

Некоторые фигуры переводятся в себя одновременно и центральной и осевой симметрией. Так, например, буква ***H*** имеет горизонтальную ось симметрии (подобно букве ***E***), вертикальную ось симметрии (подобно букве ***A***), а также центр симметрии совпадает с точкой пересечения осей симметрии (рис. 45, *е*). Таким образом, эта буква допускает четыре различных преобразования:

1) тождественное преобразование;
2) отражение от горизонтальной прямой;
3) отражение от вертикальной прямой;
4) центральная симметрия.

Композиция (произведение) движений. Любое движение на плоскости можно определить как композицию поворота и параллельного переноса (параллельный перенос иногда называют трансляцией).

Параллельный перенос определяется как произведение двух центральных симметрий относительно различных точек ***O*** и ***O′*** (рис. 46).

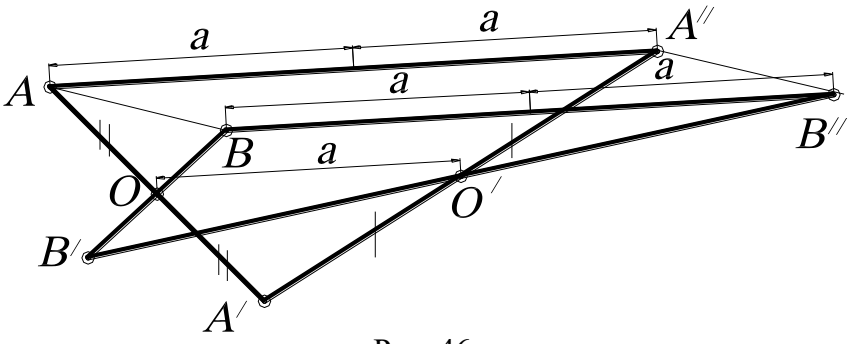
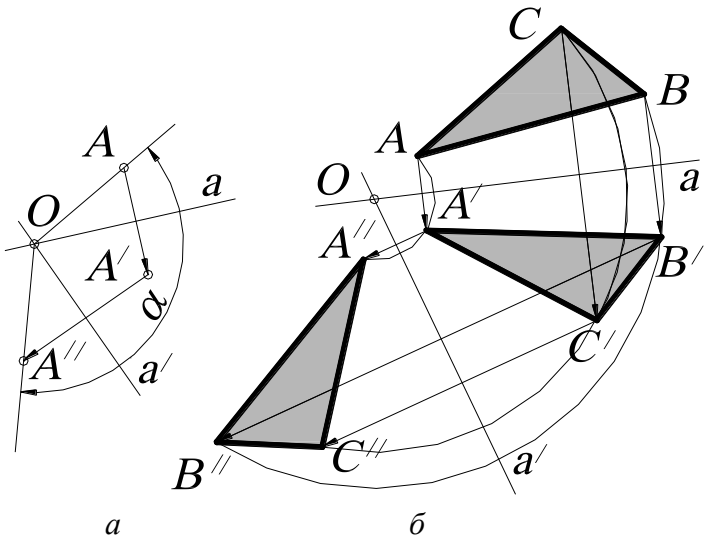


Рис. 46.

Пусть задана произвольная точка ***A*** и даны два центра симметрии ***O*** и ***O′***. Первая симметрия относительно точки ***O*** переводит точку ***A*** в точку ***A′***, а вторая – относительно точки ***O′*** - ***A′*** в ***A″***. Причём окончательно получается отрезок ***AA″***, который параллелен отрезку ***OO″*** и в два раза длиннее его. Таким образом, длина и направление отрезка не зависят от положения точки ***A***, так как параллельный перенос полно-

стью определяется длиной и направлением отрезка AA''. Это подтверждается, если задать параллельный перенос произвольной точки B, параллельный отрезку AA''. Тогда отрезки $AA''=BB''$, а также эти отрезки параллельны между собой и получаются при отображении от точек O и O'.

Движение, оставляющее точку O неподвижной, можно назвать поворотом вокруг точки O. Поворот можно представить как композицию двух осевых симметрий (рис. 47, *а*, *б*). Однако в этом случае результат отображения зависит от порядка выполнения операций симметрии, то есть для того чтобы получить поворот точки A на угол α (см. рис. 47, *а*), нужно сначала выполнить осевую симметрию относительно оси **a**, а затем – относительно оси **a′**. Говорят, что такая композиция преобразований не обладает свойством переместительности (или не коммутирует).



а *б*

Рис. 47.

Скользящая симметрия определяется как композиция симметрии относительно прямой m и параллельного переноса вдоль этой прямой. Ясно, что скользящая симметрия определяется своей осью m и величиной переноса a.

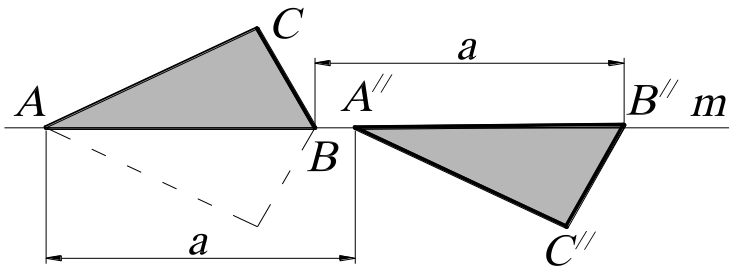


Рис. 48.

Пусть задана ось скользящей симметрии m и величина переноса вдоль этой оси a (рис. 48). Тогда, выполняя операции отражения от прямой и параллельный перенос (независимо в какой последовательности), треугольник ABC отобразится в треугольник $A''B''C''$.

Таким образом, скользящая симметрия – это зеркальное движение, не имеющее неподвижных точек. Такая симметрия часто встречается в орнаментальном искусстве, архитектуре и природе.

В геометрии симметрия и ***асимметрия*** – два противоположных понятия. Асимметрия, казалось бы, - это отсутствие симметрии. Однако асимметричная фигура может складываться из симметричных частей. Другими словами, асимметрия – это композиция симметрии. Асимметрию часто используют в архитектуре, дизайне и др.

1.2. ДВИЖЕНИЯ В ЕВКЛИДОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Существует семь типов перемещений пространства:

1. Тождественное преобразование.
2. Переносы.
3. Повороты (в частности, осевые симметрии – повороты на 180^0).
4. Винтовые перемещения.
5. Зеркальные симметрии или плоскостные.
6. Переносные симметрии.
7. Поворотные симметрии.

В ***тождественном преобразовании*** остаётся неподвижной каждая точка пространства.

Перенос имеет связку неподвижных параллельных прямых и связку неподвижных плоскостей, определяемых парами этих прямых, и не имеет неподвижных точек.

Поворот имеет прямую неподвижных точек – ось поворота – и пучок неподвижных плоскостей, перпендикулярных оси поворота; в осевой симметрии, кроме того, остаются неподвижными все плоскости, проходящие через ось симметрии, и все прямые, пересекающие ось симметрии под прямым углом.

Винтовое перемещение имеет одну неподвижную (двойную) прямую – его ось – и не имеет двойных точек и плоскостей (кроме угла 180^0, так как все плоскости через эту ось неподвижны). Винтовое перемещение определяется углом поворота и величиной переноса вдоль этой оси. Порядок, в котором выполняются обе операции, безразличен (что не имело бы места, если бы параллельное перемещение не было параллельно оси вращения).

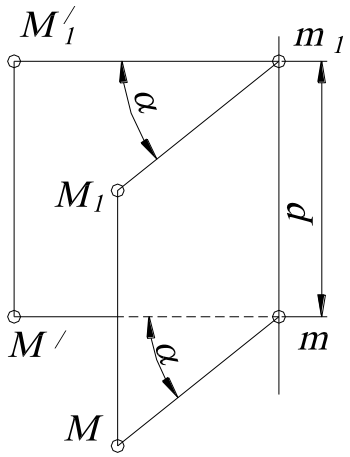


Рис. 49.

Иначе говоря, если точка M' есть то положение, которое занимает точка M после поворота R на угол α вокруг оси d (рис. 49), то M'_1 - положение, которое займёт точка M', если выполнить над ней перемещение p, параллельное оси d, то мы получим ту же самую точку M'_1, выполняя над точкой M сначала это же поступательное перемещение p, переводящее точку M в M_1, а затем поворачивая точку M_1 на данный угол вокруг оси d.

Частными случаями винтового перемещения являются, очевидно, вращение (когда параллельное перемещение равно нулю) и параллельное перемещение (когда вращение R равно нулю).

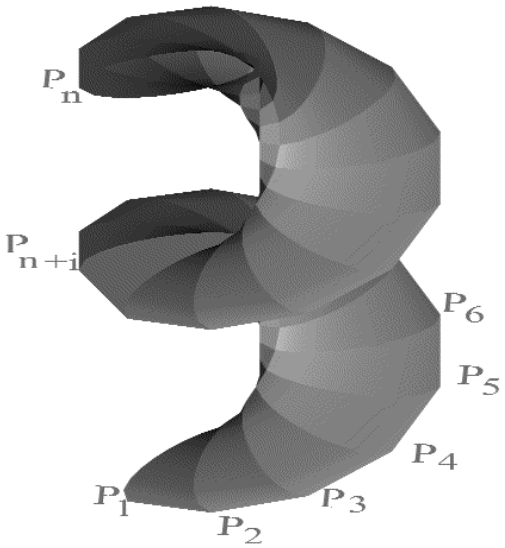


Рис. 50.

Если дано некоторое винтовое перемещение, то тем самым дано определённое направление перемещения. В соответствии с этим винтовое перемещение называется положительным (правым) или отрицательным (левым), смотря по тому, имеет данное вращение положительное или отрицательное направление по отношению к направлению поступательного перемещения. На рис. 50 показано положительное винтовое перемещение.

В ***зеркальной (плоскостной) симметрии*** неподвижны все точки и прямые плоскости симметрии и все прямые и плоскости, ей перпендикулярные.

Переносная симметрия имеет неподвижную плоскость α, пучок неподвижных параллельных прямых в α и пучок неподвижных плоскостей, проходящих через эти прямые перпендикулярно α, и не имеет неподвижных точек. Переносная симметрия есть произведение отражения от плоскости α и перенос параллельно этой плоскости в любом порядке.

Поворотная симметрия оставляет неподвижными взаимно перпендикулярные прямую и плоскость, а также точку их пересечения; центральная симметрия оставляет на месте одну точку (центр симметрии) и все проходящие через неё прямые и плоскости. Поворотная симметрия – это произведение отражения от плоскости α и поворота p с осью $p \perp \alpha$ в любом порядке.

В этом параграфе мы дали обзор различных видов движений в пространстве и их свойства. Читателю представляется возможность самостоятельно разобраться в этих видах движений.

1.3. ПОДОБИЕ

Подобием (или преобразованием подобия) называют преобразование, которое сохраняет отношение длин отрезков. Другими словами, отрезок AB переходит в отрезок $A'B'$, такой что $\frac{A'B'}{AB} = k$, где k - постоянное положительное число (одно и то же для всех отрезков), которое называют ***коэффициентом подобия***. Из этого определения следует, что произвольная фигура, например треугольник, переводится в подобный треугольник, а произвольный угол в равный (быть может противоположно ориентированный) угол. Частным случаем подобия, соответствующим $k = 1$, является движение. Другим частным случаем является гомотетия, при $\pm k$.

1.3.1. ГОМОТЕТИЯ

Пусть точка S – центр подобия (центр гомотетии), а число k – коэффициент подобия. Точкой, ***гомотетичной*** какой-либо точке M, называется точка M', которая получается, если соединить точку M с точкой S прямой линией и отложить на этой прямой от точки S в направлении SM (рис. 51) или в противоположном направлении такой отрезок SM', что имеет место: $\frac{SM'}{SM} = k$. Гомотетию подразделяют на следующие виды:

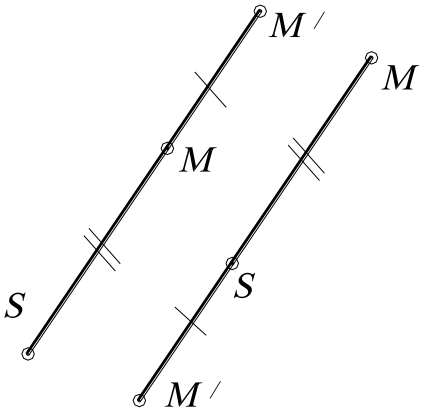


Рис. 51.

Прямая гомотетия – если отрезок SM' откладывается в ту же сторону, что и отрезок SM.

Обратная гомотетия – если оба отрезка SM' и SM направлены в противоположные стороны.

Фигура, гомотетичная (или перспективно-подобная, или подобная, или подобно расположенная) F' какой-либо фигуре F, есть фигура, образованная совокупностью точек M_i', гомотетичных точкам M_i, образующим фигуру F. Другими словами, фигуры называются ***гомотетичными***, если они подобны и подобно расположены, то есть если одну из них можно перевести в другую гомотетией.

Центр гомотетии есть точка, сама себе гомотетичная; это единственная точка, которая обладает данным свойством. Симметрия относительно точки есть частный случай обратной гомотетии.

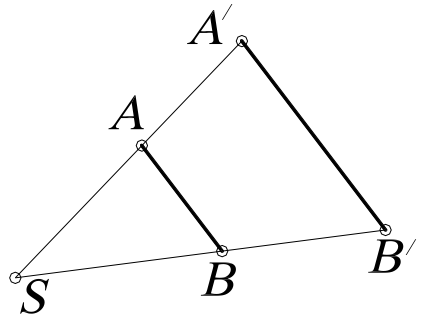


Рис. 52.

Гомотетией называется преобразование, которое сохраняет (или изменяет на противоположное) каждое направление; то есть переводит каждую прямую в параллельную ей прямую (рис. 52).

В двух гомотетичных системах точек, отре-

зок, соединяющий две какие-либо точки одной из систем, и отрезок, соединяющий соответственные им точки, - другой, всегда параллельны, и их отношение равно коэффициенту подобия. Они направлены в одну и ту же сторону или в противоположные, смотря по тому, будет гомотетия прямой или обратной.

Действительно, пусть A и B – две точки первой фигуры, а A' и B' - точки, им гомотетичные (см. рис. 52), S – центр гомотетии, k – коэффициент подобия. Пропорция $\frac{SA'}{SA} = \frac{SB'}{SB} = k$ показывает, что отрезки $A'B'$ и AB параллельны, а подобие треугольников $SA'B'$ и SAB показывает, что отношение этих отрезков равно отношению SA' к SA.

Теорема. Если прямая делит две стороны треугольника на пропорциональные части, то она параллельна третьей стороне.

Следствия.

1. Фигура, гомотетичная прямой линии, есть прямая линия.

Действительно, если точка B перемещается по прямой AB, причём последняя (то есть прямая) остаётся неподвижной, то точка B' описывает прямую, проходящую через точку A' и параллельную AB (см. рис. 52).

2. Фигура, гомотетичная окружности, есть окружность, причём их центры гомотетичны (рис. 53).

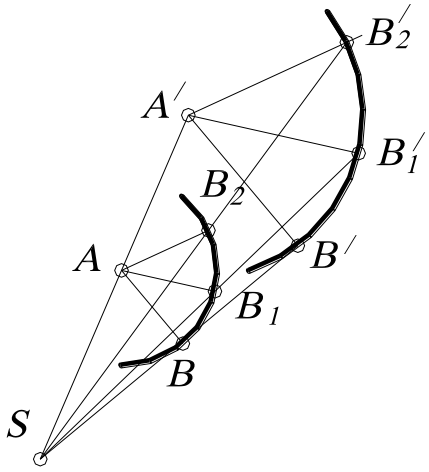


Рис. 53.

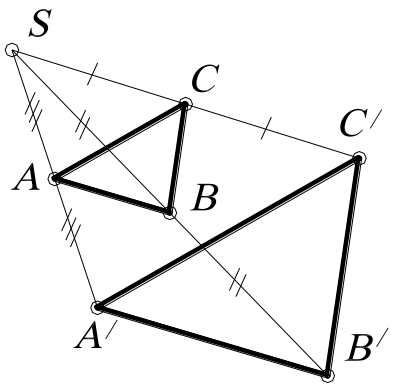
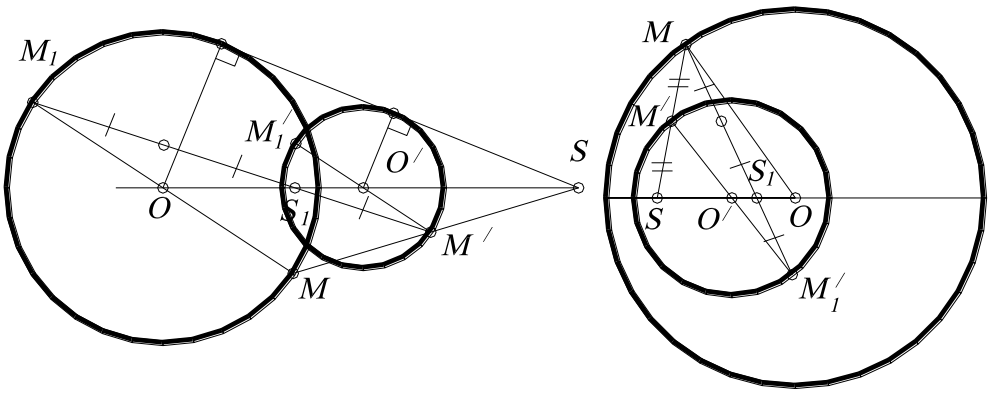


Рис. 54.

Действительно, если точка B перемещатся так, что её расстояние от определённой точки A остается постоянным (то есть можно построить окружность), то точка B' опишет окружность с центром A' и радиусом $A'B' = k \cdot AB$ (см. рис. 53). Фигура, гомотетичная данному треугольнику, есть треугольник, подобный первому (рис. 54), где S – центр прямой гомотетии, а коэффициент подобия $k = \frac{1}{2}$.

Две любые окружности можно рассматривать как гомотетичные и притом двумя различными способами.

Если O и O' - центры окружностей, а M и M' - концы двух соответственно параллельных радиусов, направленных в одну сторону, удовлетворяют условию: $\frac{SM'}{SM} = \frac{O'M'}{OM} = k$, где $k = \frac{1}{2}$, описывают две прямогомотетичные окружности. Тогда концы M и M' служат соответственными точками двух обратногомотетичных фигур; в обоих случаях коэффициент подобия равен отношению радиусов (рис. 55).



а *б*

Рис. 55.

Следовательно, две окружности имеют два центра – S, S_1; один соответствует прямой гомотетии и называется внешним; другой, соответствующий обратной гомотетии, – внутренним. Чтобы построить эти центры, нужно начертить произвольный диаметр первой окружности MOM_1 и параллельный ему радиус второй окружности $M'O'$ (причём точка M' лежит с той же стороны от

прямой OO', что и точка M), тогда точка S_1 лежит на пересечении прямых OO' и M_1M'.

Две равные или две концентрические окружности тоже можно перевести друг в друга двумя гомотетиями, но в этих случаях существует только один центр подобия. В случае концентрических окружностей это связано с тем, что две гомотетии имеют один и тот же центр.

В случае равных окружностей одна гомотетия представляет собой параллельный перенос, который не имеет центра (то есть центр удалён в бесконечность), другая гомотетия - симметрия относительно точки S, совпавшей с серединой OO' (рис. 56).

Если окружности касаются друг друга, то точка касания есть один из центров подобия. В том случае, если заданные окружности гомотетичны, то центры этих окружностей соответствуют друг другу и соответственные радиусы параллельны. В зависимости от того, будут ли они направлены в одну и ту же сторону или в противоположные, мы будем иметь ту или иную из двух гомотетий, установленных выше.

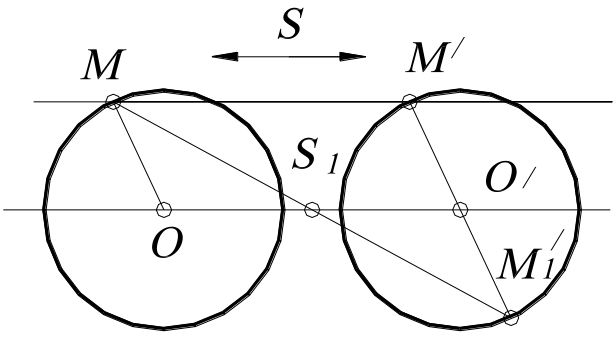


Рис. 56.

Таким образом, две окружности не могут быть гомотетичны более чем двумя различными способами. Однако три окружности c_1, c_2, c_3 можно рассматривать как фигуры попарно гомотетичные и притом четырьмя различными способами.

Можно выбрать произвольно прямую или обратную гомотетию между окружностями c_1 и c_3 (что составляет четыре возможных сочетания).

Гомотетия между окружностями c_2 и c_3 определяется двумя первыми гомотетиями. При этом три внешних центра подобия будут лежать на одной прямой; точно так же будут лежать на одной прямой каждый внешний центр подобия с двумя внутренними центрами, ему не соответственными. Четыре прямые, та-

ким образом определённые, называются ***осями подобия***: одна из них – внешняя ось подобия, три другие – внутренние. Оси подобия попарно пересекаются в шести центрах подобия (рис. 57).

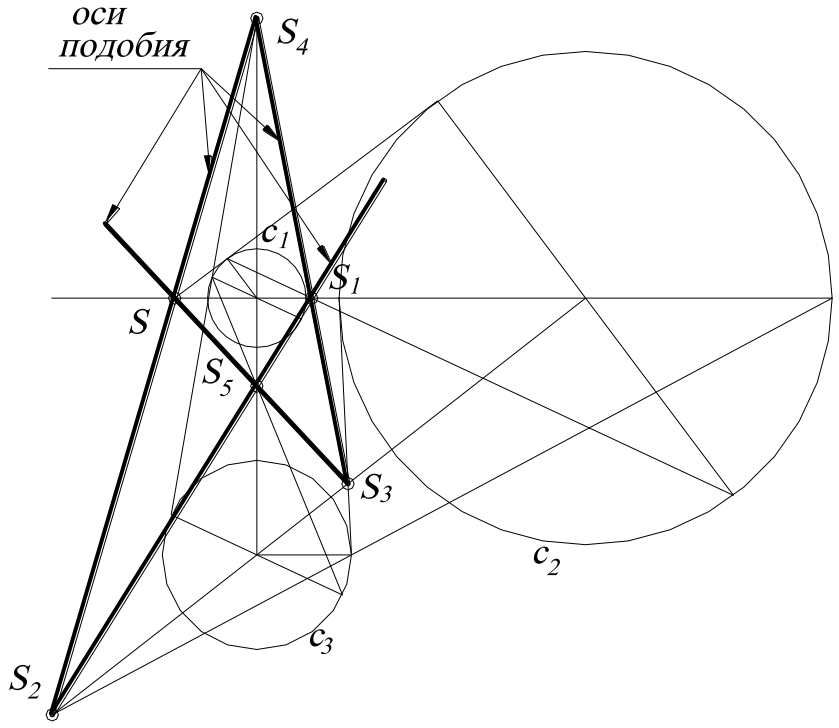


Рис. 57.

Следующее свойство гомотетии будет относится к трём гомотетичным фигурам. Итак, ***две фигуры, гомотетичные третьей, гомотетичны между собой, и три центра подобия лежат на одной прямой*** (рис.58). Если фигуры F_1 и F_2 гомотетичны относительно центра S_{21}, а фигуры F_1 и F_3 гомотетичны относительно центра S_{13}. Тогда фигуры F_2 и F_3 гомотетичны между собой относительно центра S_{23}, причём гомотетия будет прямой, если две исходные гомотетии одного рода, и обратной, если эти гомотетии различного рода. Точка S_{23}, рассматриваемая как центр гомотетии фигур F_2 и F_3, имеет в качестве соответственной в фигуре F_1 некоторую точку s. Прямая $s\ S_{23}$ пройдет через точку S_{13} (как соединяющая соответственные точки фигур F_1 и

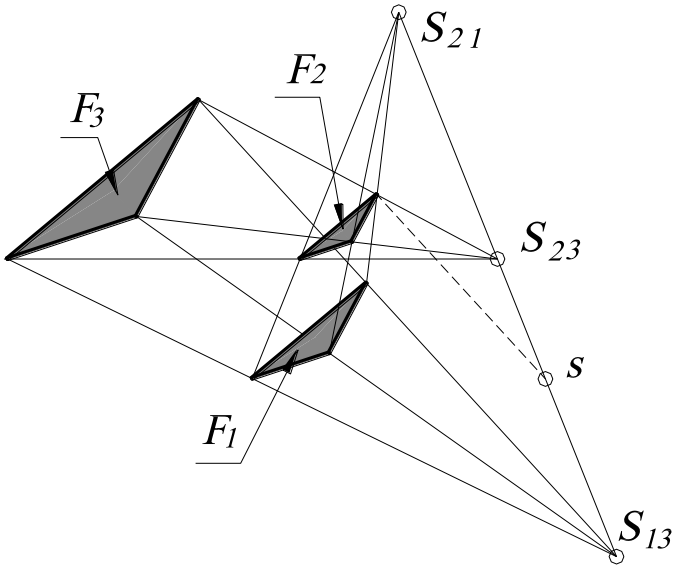


Рис. 58.

F_3) и через точку S_{21} (как соединяющая соответственные точки фигур F_1 и F_2). Таким образом, если фигуры попарно гомотетичны, то из трёх гомотетий прямыми будут одна или все три.

Композиция гомотетии и движений. Менее известен вид подобия, такой, как ***центрально-подобное вращение*** (или поворотное расширение, рис. 59) и представляющее собой произведение центральной гомотетии (центрально-подобного преобразования) ***G(k)*** с коэффициентом подобия ***k*** (например, при ***k=2***, см. рис. 59) и вращения вокруг точки ***O*** на угол α.

Ещё один вид подобия – это ***центрально-подобная симметрия*** (рис. 60), представляющая произведение гомотетии ***G(k)*** с коэффициентом ***k*** и симметрии относительно прямой ***n***, проходящей через точку ***O***. В обоих случаях неподвижная точка ***O*** называется ***центром*** преобразования подобия. При этом можно использовать гомотетию только с положительным коэффициентом ***k***. Другими словами, произведение гомотетии ***G(k)*** и вращения вокруг точки ***O*** на угол α совпадает с произведением гомотетии ***G(-k)*** и вращения вокруг точки ***O*** на угол $\alpha+\pi$. Аналогично, произведение гомотетии ***G(k)*** и симметрии относительно прямой ***n***, проходящей через точку ***O***, совпадает с произведением гомотетии ***G(-k)*** и симметрии относительно прямой, проходящей через точку ***O*** перпендикулярно к прямой ***n***. Центрально-подобная симметрия имеет две взаимно перпендикулярные неподвижные прямые, которые называются ***осями***.

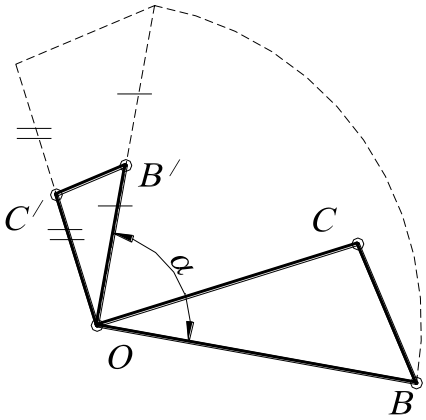


Рис. 59.

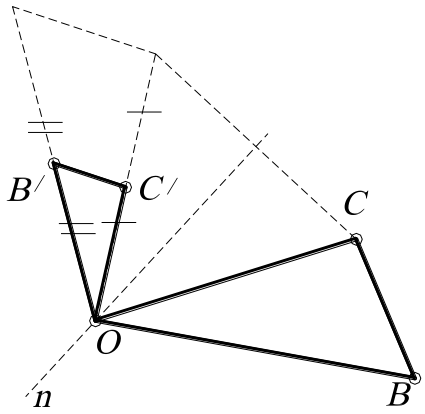


Рис. 60.

1.4. ИНВЕРСИЯ

Евклидову геометрию, в которой основную роль играют прямые и плоскости, можно расширить до круговой (сферической) геометрии. В такой геометрии роль прямых и плоскостей переходит к окружностям и сферам. Можно утверждать, что прямые и плоскости представляют собой окружности и сферы бесконечного радиуса. Это понятие можно заменить выражением, подтверждающим, что прямые и плоскости – это окружности или сферы, проходящие через некоторую идеальную точку, называемую бесконечно удалённой точкой. Преобразование относительно окружности (сферы), называемое ***инверсией***, рассматривал в 1835 году Л. Дж. Магнус (впервые встречается в трактате Аполлония Пергского «О плоских геометрических местах» в III в. до н. э.). Инверсия в одном отношении сходна с преобразованием подобия, но отличается от них в другом: оно переводит углы в равные им углы, но некоторые прямые преобразуются в окружности. Подобно симметриям относительно прямой или точки ***инверсия является симметрией*** (т. е. имеет порядок 2). Подобно симметрии относительно прямой (или плоскости, для пространства), инверсия имеет бесконечно много неподвижных точек, но эти точки заполняют не прямую (или плоскость), а окружность (сферу); поэтому инверсию часто называют «симметрией относительно окружности (сферы)».

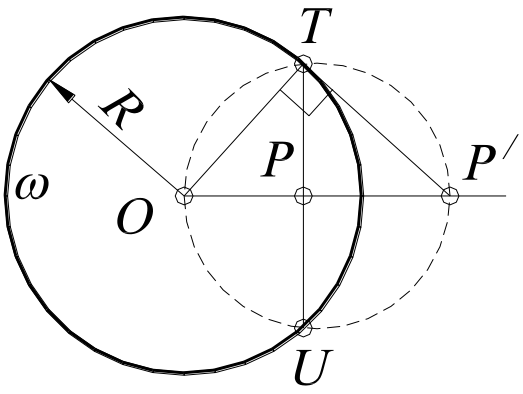


Рис. 61.

Пусть даны окружность ω с центром O и радиусом R и точка P, отличная от точки O (рис. 61). Образом точки P при инверсии относительно окружности ω назовём точку P', лежащую на луче OP, расстояние которой до точки O удовлетворяет соотношению $|OP| \cdot |OP'| = R^2$. Из этого определения следует, что образом точки P является точка P', а следовательно, инверсия (так же, как и симметрия)

обладает тем свойством, что двукратное применение её приводит к тождественному преобразованию.

Кроме того, каждая точка, лежащая вне окружности инверсии ω, имеет своим образом точку, лежащую внутри ее: инверсия «выворачивает внутренность окружности ω наружу», и наоборот, каждая внутренняя точка (за исключением центра O) – во внешнюю точку.

Построим инверсную точку к данной точке P (отличной от точки O), лежащей внутри окружности инверсии ω. Пусть T – один конец хорды окружности инверсии, проходящей через точку P, перпендикулярно к OP (см. рис. 61). Тогда касательная к окружности инверсии, проведённая в точке T, пересекает прямую OP вне окружности инверсии, в искомой точке P'. В самом деле, так как прямоугольные треугольники OPT, OTP' подобны и $OT=R$, то $\frac{OP}{R} = \frac{R}{OP'}$

и, следовательно, $|OP| \cdot |OP'| = R^2$.

Для того, чтобы построить образ произвольной точки P', лежащей вне окружности ω, нужно построить окружность на отрезке OP' как на диаметре, а точки ее пересечения T и U с окружностью ω соединить отрезком TU. Тогда его середина и будет искомой точкой P (являющейся точкой пересечения отрезков TU и OP).

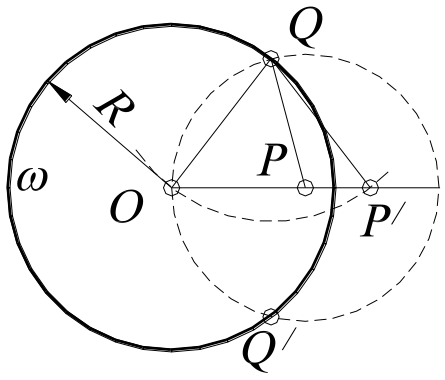


Рис. 62.

Если $OP > \frac{1}{2}R$, то инверсную точку P' к точке P легко построить одним циркулем. Пусть окружность с центром P и радиусом OP пересекает окружность инверсии ω в точках Q и Q' (рис. 62). Тогда точка P' - вторая точка пересечения окружностей с центрами Q и Q', проходящих через точку O (это легко можно увидеть из рассмотрения подобных треугольников POQ и QOP').

Рассмотрим, во что переходят при инверсии некоторые прямые и кривые линии. Окружность с центром ***O*** и радиусом ***r***, очевидно, переходит в концентрическую ей окружность радиуса $\frac{R^2}{r}$. Любая прямая, проходящая через точку ***O***, переходит в себя (при условии, что точка ***O*** не рассматривается (говорят, с выколотой точкой), так как образом точки ***O*** является сама точка ***O***. В противном случае нарушалось бы условие непрерывности преобразования).

Образом любой прямой ***n***, не проходящей через точку ***O***, является окруж-

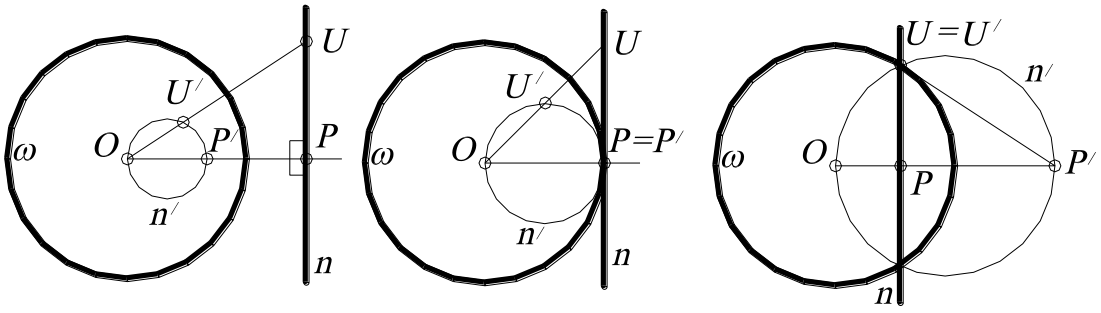


Рис. 63.

ность ***n′***, проходящая через точку ***O*** (за исключением самой точки ***O***), а её диаметр, проходящий через точку ***O***, перпендикулярен прямой ***n*** (рис. 63).

Образ окружности ***n***, не проходящей через точку ***O***, переходит при инверсии в другую окружность ***n′***, также не проходящую через точку ***O*** (рис. 64),

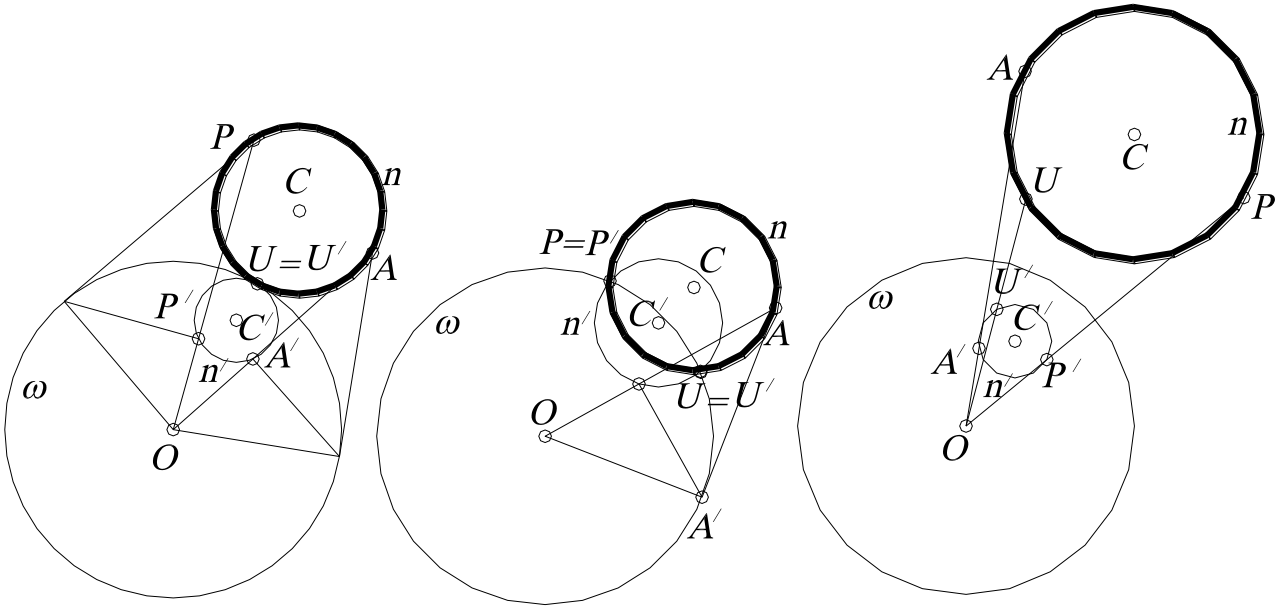


Рис. 64

или, может быть, в ту же самую окружность. Последняя возможность осуществляется в двух следующих случаях: 1) когда данная окружность совпадает с окружностью инверсии; 2) когда инверсия является тождественным преобразованием.

Произведение инверсий с общим центром O и радиусами R и R' окружностей инверсии представляет собой гомотетию $G(k)$, где $k = \left(\frac{R'}{R}\right)^2$.

1.5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

Законы симметрии играют огромную роль в строении кристаллов. В строении кристаллической решетки исчерпывается композиция всех видов симметрий реального мира. В связи с этим в данном параграфе рассматривается строение кристаллов.

Кристаллическое вещество характеризуется своим внутренним строением, которое можно назвать закономерно-дискретным (закономерно-прерывным). Материальные частицы, слагающие такое вещество, расположены в определённом порядке; они не заполняют пространства сплошь, а находятся друг от друга на некотором расстоянии.

Чтобы получить наглядное представление о структуре кристаллического вещества, вообразим себе систему параллелепипедов одной и той же формы, плотно сложенных друг с другом в параллельном положении. Каждый параллелепипед со всех сторон окружен такими же параллелепипедами. Восемь параллелепипедов сходятся углами в одной точке.

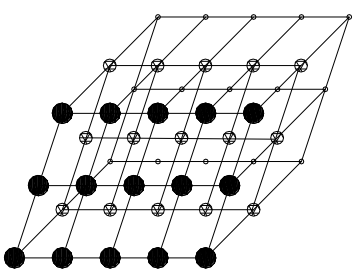


Рис. 65.

Если мысленно откинуть параллелепипеды, оставив на месте только точки, то получим пространственную решётку, состоящую только из одних точек. Пространственная решетка является «скелетом» вся-

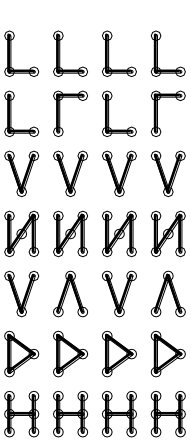
кого кристалла, независимо от внешней формы (рис. 65).

Отдельные точки, слагающие пространственную решетку, называются её узлами. Эти узлы являются атомами, из которых состоят кристаллы. Прямая, проведённая через два узла, называется ***рядом решетки***. Два ряда определяют плоскость пространственной решетки, или ***плоскую сетку***. Расположение узлов на плоской сетке можно рассматривать как вершины бесконечно большого числа равных параллелограммов, приложенных друг к другу без промежутков. Кроме этого, плоскую сетку можно представить в виде правильных треугольников, квадратов и прямоугольников, так как такими геометрическими фигурами можно покрыть всю плоскость без просветов и двойных покрытий.

Таким образом, можно сказать, что любое кристаллическое вещество имеет геометрическую структуру, порождаемую группами симметрий. Русский учёный-кристаллограф Е. С. Фёдоров создал теорию строения кристаллов на основе групп симметрии. Он выявил, что в действительности таких групп конечное число, а именно: для ряда решетки линейных групп всего 7, для плоской сетки – 17, а пространственной – 230. Линейные кристаллографические группы, образующие кристаллические ряды, порождаются с помощью семи бесконечных «одномерных» групп симметрий, приведённых в табл. 1.

Таблица 1

7 одномерных кристаллографических групп

№ п. п.	Типичный узор	Образующие
1		Один параллельный перенос
2		Одна скользящая симметрия
3		Две осевые симметрии
4		Две центральные симметрии
5		Одна осевая и одна центральная симметрии
6		Один параллельный перенос и одна осевая симметрия
7		Три осевые симметрии

В случае 3 обе оси симметрии вертикальны, одна рассекает повторяющуюся фигуру пополам, то есть переводит её в себя; другая симметрия переводит эту фигуру в одну из соседних. Таким образом, уже половина повторяющейся фигуры, расположенная между осями симметрии, порождает бесконечный одномерный ряд. В случае 4 повторяющаяся фигура уже имеет одну центральную симметрию (центр находится на пересечении диагоналей), вторая центральная симметрия, центр которой находится между этими фигурами, переводит её половину в соседнюю. В случаях 6 и 7 имеется горизонтальная ось симметрии. Для всех этих групп, кроме 1 и 2 , имеется некоторая свобода в выборе образующих; например, в случаях 4 и 5 одну из двух образующих можно заменить переносом.

Два ряда определяют плоскость пространственной решетки или плоскую сетку. Бесконечные дискретные двумерные группы движений (группы симметрий повторяющихся узоров) отличаются от бесконечных одномерных групп тем, что содержат два независимых параллельных переноса, то есть переноса в неколлинеарных направлениях. Русский кристаллограф Е. С. Федоров показал, что существует в точности 17 таких двумерных групп. Символы, которые обозначают эти группы (см. табл. 2), взяты из Международных таблиц рентгенокристаллографии.

Простейшей двумерной группой является группа **p1** (рис. 66), порождаемая двумя независимыми переносами. Так как преобразование, обратное параллельному переносу, и произведение двух параллельных переносов также являются переносами, эта группа состоит только из параллельных переносов.

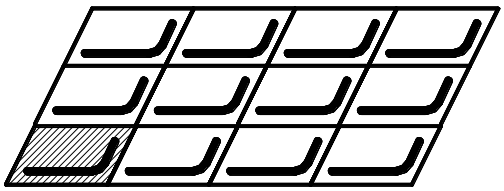


Рис. 66. Группа **p1**

Любая фигура, например фигура, показанная на рис. 66, переводится группой **p1** в бесконечное множество таких фигур, образующих двумерный узор. Обратно **p1** есть полная группа симметрий такого узора при условии, что сама фигура полно-

стью несимметрична, то есть её группа симметрий состоит из одного лишь тождественного преобразования.

Таблица 2

17 двумерных кристаллографических групп

№ п. п.	Обозначение	Образующие
1	**p1**	Два параллельных переноса
2	**p2**	Три центральные симметрии
3	**p3**	Два вращения на 120^0
4	**p4**	Центральная симметрия и вращение на 90^0
5	**p6**	Центральная симметрия и вращение на 120^0
6	**cm**	Осевая и скользящая симметрии с параллельными осями
7	**pm**	Две осевые симметрии и параллельный перенос
8	**pg**	Две скользящие симметрии с параллельными осями
9	**cmm**	Две осевые симметрии с перпендикулярными осями и одна центральная симметрия
10	**pmm**	Симметрия относительно четырёх сторон прямоугольника
11	**pmg**	Одна осевая и две центральные симметрии
12	**pgg**	Две скользящие симметрии с перпендикулярными осями
13	**p31m**	Симметрии относительно трёх сторон равностороннего треугольника
14	**p3m1**	Осевая симметрия и вращение на 120^0
15	**p4m**	Симметрии относительно трёх сторон прямоугольного равнобедренного треугольника
16	**p4g**	Осевая симметрия и вращение на 90^0
17	**p6m**	Симметрии относительно трёх сторон прямоугольного треугольника с углом 30^0

Если фигура представляет собой простую точку, узор называется двумерной решеткой. Характерным свойством такой решетки является то, что прямая, соединяющая любые две точки решетки, содержит множество других точек, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга, то есть одномерную решетку. Прямые, соединяющие узлы решетки, образуют мозаику из равных между собой параллелограммов, заполняющих всю плоскость без просветов и двойных покрытий (термин «мозаика» применяем для обозначения любого расположения многоугольников, полностью покрывающих всю плоскость и не перекрывающихся между собой, см. рис. 66). Типичный параллелограмм образован четырьмя точками. Параллельный перенос переводит этот параллелограмм в некоторый другой параллелограмм таким образом, что устанавливается взаимно однозначное соответствие между ячейками мозаики и преобразованиями

группы, обладающее тем свойством, что каждое преобразование группы переводит любую точку первоначального параллелограмма в точку, аналогичным образом расположенную относительно сторон нового параллелограмма. Поэтому типичный параллелограмм называют фундаментальной областью.

Выбор фундаментальной области весьма неоднозначен. Фундаментальной областью может служить любой параллелограмм с вершинами в точках решетки, не содержащих других точек решетки внутри или на контуре.

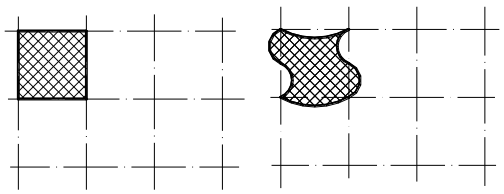


Рис. 67.

Фундаментальная область не обязательно должна быть параллелограммом. Например, можно заменить пары противоположных сторон парами кривых, совмещающихся параллельным переносом (рис. 67).

Однако независимо от того является ли она параллелограммом или любой другой фигурой, имеет ту же площадь, что единичный параллелограмм.

Любая выпуклая фундаментальная область группы параллельных переносов является центрально-симметричным многоугольником (параллелограммом или центрально-симметричным шестиугольником).

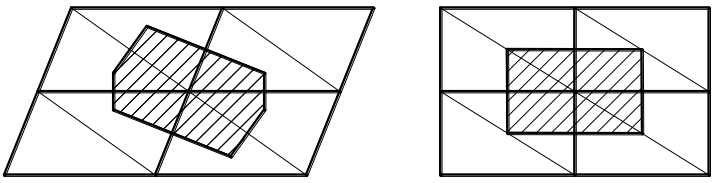


Рис. 68.

Мы можем выделить среди всех параллелограммов, являющихся фундаментальными областями (см. рис. 66, заштрихованная область), приведённый параллелограмм, имеющий самые короткие стороны. Переносы вдоль этих сторон называются приведёнными образующими группы. Соединив вершины приведённого параллелограмма и пары соответствующих вершин параллелограмма, придём к мозаике конгруэнтных нетупоугольных треугольников с вершинами в точках решетки. Каждая точка решетки принадлежит шести таким треугольникам (рис. 68). Соединив центры окружностей, описанных око-

ло шести треугольников, получим область Дирихле (или «многоугольник Вороного»). Такие области в совокупности заполняют всю плоскость и являются специальным видом фундаментальной области. Область Дирихле является центрально-симметричной. Её форма зависит от отношения длин образующих параллелограмма и угла между ними. Если этот угол прямой, то область Дирихле – прямоугольник (или квадрат). Во всех остальных случаях область Дирихле – шестиугольник (необязательно правильный, но имеющий, в силу центральной симметрии, равные и параллельные противоположные стороны).

Любая данная решетка симметрична относительно середины отрезка, соединяющего любые две точки решетки. Середины таких отрезков образуют решетку с более мелкими клетками, у которой образующие переносы вдвое короче.

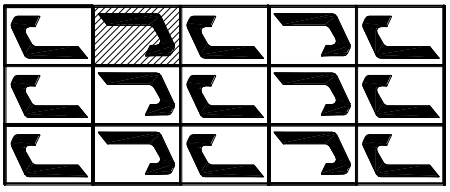


Рис. 69. Группа **p2**

В этом случае симметрии решетки исчерпываются переносами и центральными симметриями. Другими словами, группа симметрии **p2** (рис. 69) образуется из группы **p1** добавлением центральной симметрии (параллельный перенос является композицией двух центральных симметрий).

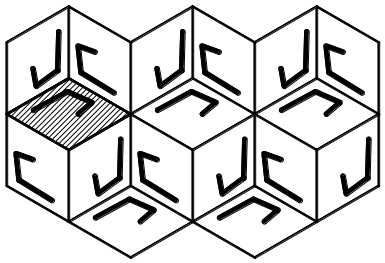


Рис. 70. Группа **p3**

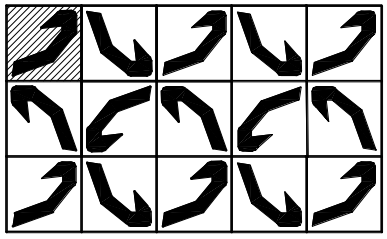


Рис. 71. Группа **p4**

Группы **p1** и **p2** являются двумя простейшими из 17 дискретных групп движений. Полное описание 17 двумерных групп заняло бы слишком много места. Поэтому представляется целесообразным привести только их наглядные изображения (рис. 70 – 84).

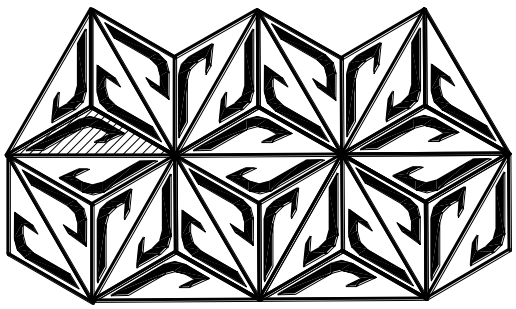


Рис. 72. Группа **p6**

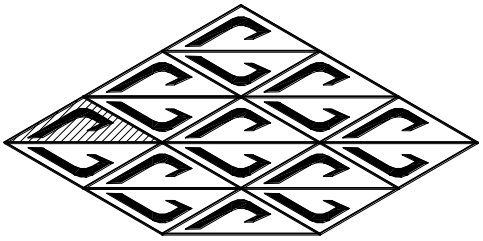


Рис. 73. Группа **cm**

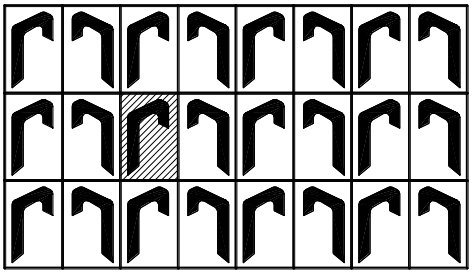


Рис. 74. Группа **pm**

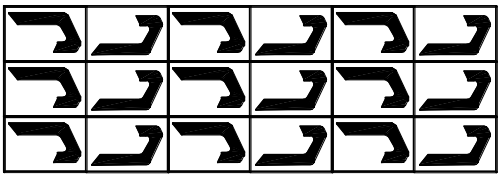


Рис..75. Группа **pg**

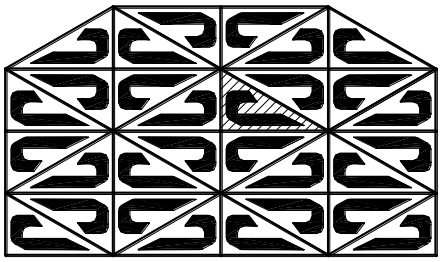


Рис. 76. Группа **cmm**

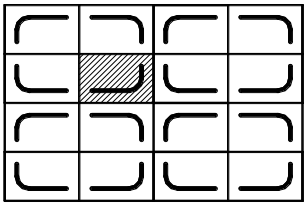


Рис. 77. Группа **pmm**

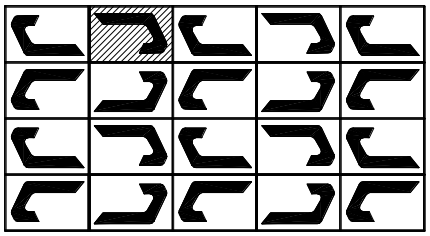


Рис. 78. Группа **pmg**

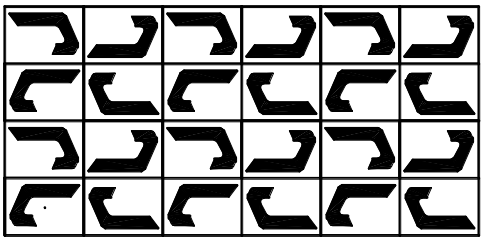


Рис. 79. Группа **pgg**

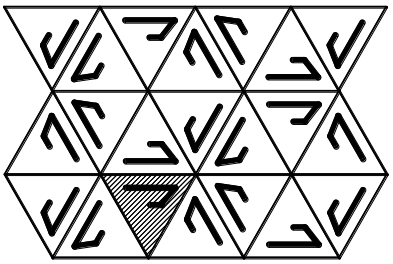


Рис. 80. Группа **p31m**

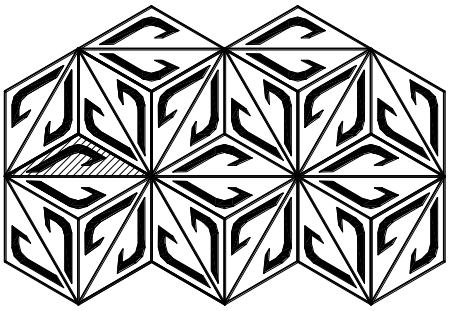


Рис. 81. Группа **p3m1**

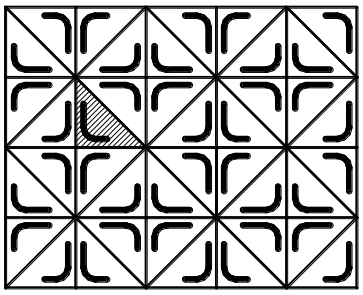


Рис. 82. Группа **p4m**

Заполнение плоскости многоугольниками (см. рис. 66 – 84) возможно в том случае, когда сетка состоит из параллелограммов (в частности ромбов, прямоугольных четырёхугольников, квадратов) и правильных треугольников (правильный шестиугольник складывается из шести правильных треугольников).

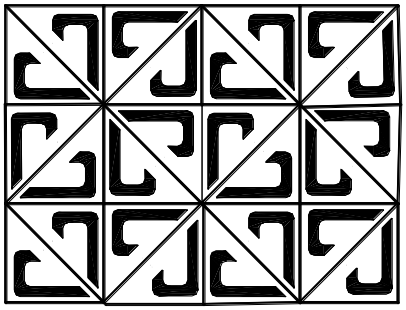


Рис. 83. Группа **p4g**

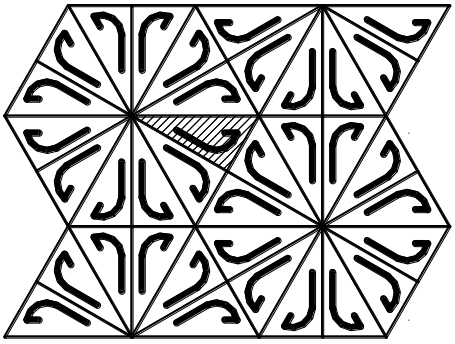


Рис. 84. Группа **p6m**

Известно, что единственно возможные порядки осей вращения, входящих в группу симметрий решетки, равны 2, 3, 4 или 6. Из пятиугольников сетку на плоскости построить нельзя. Следовательно, ось симметрии 5-го порядка в кристаллах невозможна. По той же причине невозможны и все оси порядка выше шести.

Уравнение:

$$\frac{1}{\alpha}+\frac{1}{\beta}+\frac{1}{\gamma}=1,$$

где α, β, γ - порядки осей вращения, подтверждает возможные порядки осей вращения. Рассмотрим существующие вращения, при котором плоскость заполняется многоугольниками (четырёхугольниками или треугольниками), плотно прилегающими друг к другу, то есть без зазоров и наложений.

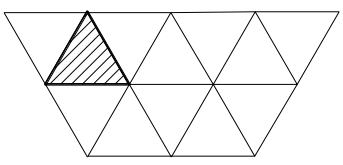


Рис. 85. Сеть **T**

Правильный треугольник (на рис. 85 этот треугольник заштрихован) имеет ось симметрии третьего порядка. Его зеркальное отражение, то есть такой же треугольник, имеющий ось симметрии 3-го порядка, который переходит в себя при поворотах вокруг оси на угол 120^0. Следовательно, возникает ещё

ось 3-го порядка. Таким образом, получаем равенство: ***1/3+1/3+1/3 = 1***, то есть сеть, которую обозначим буквой ***T***.

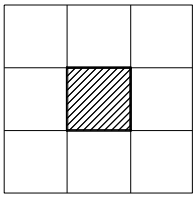


Рис. 86. Сеть ***Q***

Далее рассмотрим квадрат, то есть фигуру, обладающую осью симметрии 4-го порядка (рис. 86).

Пристроим к исходному квадрату (показан на рис. 86 штриховкой) ещё один квадрат, так, чтобы заданный квадрат переходил в другой квадрат при повороте на 180^0 вокруг некоторой оси 2-го порядка. Чтобы сохранить исходную симметрию заданного квадрата, необходимо окружить его ещё тремя квадратами (всего четыре квадрата). Таким образом, в этой конфигурации появляется ещё одна ось 4-го порядка, и в результате получаем равенство ***1/4 +1/2+1/4 = 1***, то есть сеть, обозначаемую буквой ***Q***.

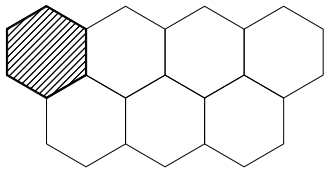


Рис. 87. Сеть ***S***

Правильный шестиугольник имеет ось симметрии 6-го порядка. Ось 2-го порядка переводит исходный шестиугольник в другой (рис. 87). Чтобы сохранить исходную симметрию шестиугольника, необходимо использовать ось симметрии 3-го порядка, переводящего шестиугольник в себя. Следовательно, получаем равенство для сети ***S***: ***1/6+1/2+1/3=1***.

Таким образом, единственно возможными случаями будут те, которые указаны в табл. 3.

Таблица 3

Двумерные сети

Наименование сети	$1/\alpha$	$1/\beta$	$1/\gamma$
T	1/3	1/3	1/3
Q	1/4	1/2	1/4
S	1/6	1/2	1/3
D	1/2	1/2	1/∞
U	1/1	1/∞	1/∞

Сети ***U*** и ***D*** отвечают, соответственно, группам симметрий тождественного преобразования и одномерных групп движений. Рассуждение легко закончить, показав, что сети ***T***, ***Q, S*** отвечают группам, связанным соответственно с рис. 70 – 72.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что представляет собой произведение двух центрально-подобных вращений?

2. Что представляет собой произведение двух скользящих симметрий?

3. Пусть точка ***B*** – середина отрезка ***AC***. Какие движения преобразуют:

а) отрезок ***AB*** в ***CB***; б) отрезок ***AB*** в ***BC***?

4. Постройте образ квадрата, описанного вокруг окружности инверсии.

5. Определите группы симметрий следующих узоров:

…p p p p…

…p b p b…

…b q b q…

…b d p q b d p q…

2. ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТЬ

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ТЕОРИИ ЧИСЕЛ

Одно из основных понятий математики, которое зародилось в глубокой древности и постепенно расширилось и обобщилось, – это понятие числа. В связи со счётом отдельных предметов возникло понятие о ***целых положительных*** (***натуральных***) числах, а затем идея о бесконечности натурального ряда чисел 1, 2, 3,…. Задачи измерения длин, площадей, масс и т. п., а также выделение именованных величин привели к понятию ***рационального дробного*** числа. В связи с решением уравнений 1-й степени (линейных уравнений) введены по-

нятия об ***отрицательных*** числах. Понятие об отрицательных числах возникло ещё у индийцев в VI – XI вв.

Все целые и дробные положительные и отрицательные числа, включая нуль, называются рациональными.

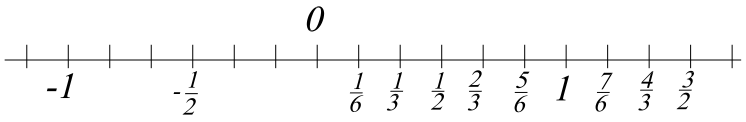


Рис. 88.

Для наглядности воспользуемся изображением чисел на прямой (рис. 88). Представим, что на прямой отмечены все точки с рациональными координатами. Говорят, что совокупность всех этих рациональных точек образует на числовой оси «всюду плотное множество». Другими словами, между любыми двумя рациональными точками имеется ещё, по крайней мере, одна рациональная точка. Примером может служить совокупность всех рациональных дробей, содержащихся между нулём и единицей, если сами эти два числа не включать. В самом деле, какова бы ни была правильная дробь, всегда существует ещё меньшая дробь, содержащаяся между нею и нулём, и большая, содержащаяся между нею и единицей. Однако когда мы обращаем рациональную дробь в десятичную, мы можем кроме конечных дробей получать ещё и бесконечные десятичные дроби, которые должны быть периодическими. Простейшим примером будет $\frac{1}{3} = 0{,}333\ldots$, период которой состоит из одной цифры 3, начинается непосредственно после запятой. Но тогда нет препятствий к тому, чтобы представить себе непериодическую десятичную дробь, цифры которой следуют друг за другом по какому-либо определённому закону. Каждый, конечно, признает такую дробь иррациональным числом. Исторически возникновение понятия иррационального числа начинается с Пифагора, который рассуждал следующим образом. Если мы имеем прямоугольный треугольник, в котором два катета равны единице длины $a=b=1$, то его гипотенуза имеет длину $\sqrt{2}$. Таким образом, мы геометрически построили такой отрезок, отложив который на числовой оси от нулевой точки,

мы придем к точке ***иррациональной***, то есть такой точке, которая не содержится в прежнем множестве рациональных точек. Другими словами, ***иррациональные числа – числа, несоизмеримые с единицей, а потому не могущие быть точно выраженными ни целыми, ни дробными рациональными числами***. К таким числам относятся числа $\pi = 3{,}1415926\ldots$ (значение числа «пи» с точностью до пятисотого знака имеется в Интернете), $e = 2{,}7182818\ldots$, $\sqrt{2} = 1{,}4142136\ldots$. Вообще, в большинстве случаев, гипотенуза $\sqrt{a^2 + b^2}$ прямоугольного треугольника, в котором катеты выражаются числами a и b, будет выражена иррациональным числом. На рис. 89 показано построение таких иррациональных чисел. Начертив квадрат и наложив его диагональ на сторону, получают $\sqrt{2}$; наложив на сторону этого прямоугольника его диагональ, – получают $\sqrt{3}$ и т. д. Строят ряд так называемых динамических прямоугольников со сторонами $\sqrt{1}$, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{6}$ и т. д.

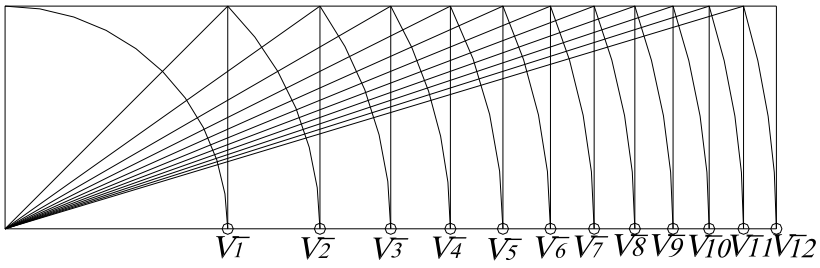


Рис. 89.

Школа Пифагора очень усердно занималась изысканием таких пар чисел a и b, которым соответствует рациональная гипотенуза; это так называемые пифагоровы числа, примером которых являются числа 3, 4, 5.

Рациональные и иррациональные числа составляют совокупность ***действительных чисел***.

В связи с решением квадратных и кубических уравнений в XVI в. возникли ***комплексные числа***. Лишь в XIX в. пришли к логическому пониманию сущности комплексных чисел. Здесь прежде всего надо указать на геометрическую интерпретацию, к которой почти одновременно пришли многие исследователи. Наиболее глубоко проник в сущность вопроса Гаусс.

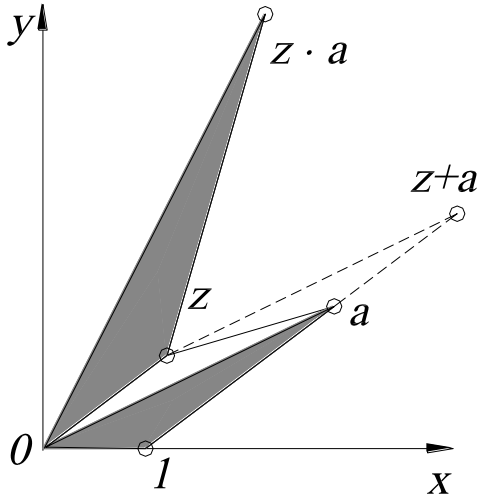


Рис. 90.

Комплексное число – это число вида $x+iy$, где x и y – действительные числа, i – так называемая мнимая единица (число, квадрат которого равен минус единице $i^2=-1$). Совокупность точек плоскости в декартовой системе координат x, y рассматривают как изображение совокупности комплексных чисел $x+iy$. Геометрически каждое комплексное число $x+iy$ изображается точкой на плоскости, имеющей прямоугольные координаты x и y.

Рассмотрим геометрическое толкование операций над комплексными числами. Сумма произвольных чисел $z+a$ получается тогда посредством известного построения параллелограмма по соответствующим этим числам точкам и по началу координат O. Здесь, точнее сказать, речь идёт о сложении двух векторов, изображаемых направленными отрезками, идущих от нулевой точки O к точкам a и z (если эти векторы коллинеарны, то «параллелограмм» вырождается (рис. 90)). Произведение $z\cdot a$ получается при помощи точки-единицы 1 ($x=1, y=0$) посредством построения треугольника, подобного треугольнику $a01$. Другими словами, сложение $z'=z+a$ изображается параллельным переносом, а умножение $z'=z\cdot a$ - подобным преобразованием, то есть центрально-подобным вращением (поворотным расширением) при неподвижном начале O.

Если полярные координаты точки обозначить через r и φ, то соответствующее комплексное число можно представить в виде $r(\cos\varphi+i\sin\varphi)$, где $r=\sqrt{x^2+y^2}$ - модуль комплексного числа $x+iy$, φ - аргумент комплексного числа.

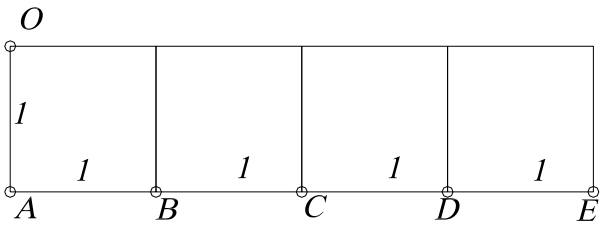
2.2. ПРОПОРЦИИ

Природа создала человека, соблюдая постоянные отношения частей к целому. Леонардо да Винчи исследовал пропорциональность человеческого тела. В его рисунках имеется изображение фигуры человека с распростертыми руками, вписанной в квадрат и в окружность, которое подтверждает отношение частей к целому. В отношении архитектуры Микеланджело говорил, что тот, кто знает анатомию человеческого тела, в состоянии понять внутреннее соответствие архитектурного целого, где каждая отдельная часть требует соответствующего отношения к прилегающей части и не одна из них не должна быть создана без правильного соотношения с целым.

Пропорции – это одно из средств создания элементов, что приводит к гармонии.

Как известно, в математике пропорцией называется равенство двух отношений: ***a : b = c : d***. Известны простые отношения и иррациональные.

ПРОСТЫЕ ОТНОШЕНИЯ (ПРОПОРЦИИ) – это отношения, в которых зависимость двух величин выражается дробным числом, где числитель и знаменатель – целые числа. Например, ***1:1***, ***1:2***, ***1:3***, ***1:4***, ***1:5***,…. На отношении ***1:1*** строятся простейшие геометрические формы – квадрат, куб. Остальные отношения дают в прямоугольной форме построение квадрата целое число раз, при этом меньшая величина служит единицей измерения (модулем) большей (рис. 91).

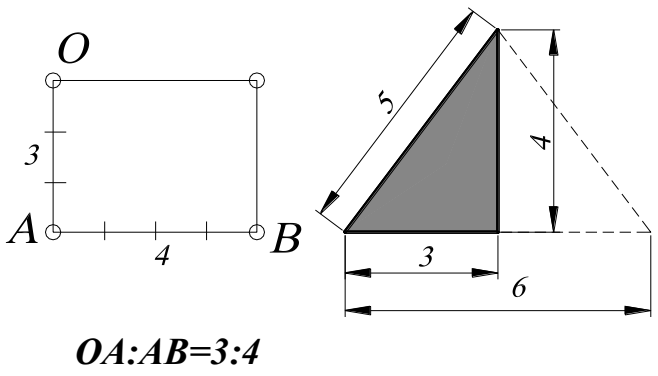


OA:AB=1:1; OA:AC=1:2;
OA:AD=1:3; OA:AE=1:4.

Рис. 91.

Простые отношения – ***2:3***, ***3:4***, ***2:5***, ***3:5***, ***5:6*** и т. п. содержат единицу измерения – модуль, укладывающийся не целое число раз в каждой пространственной величине, входящей в отношение. Примерами простых отношений могут служить сле-

дующие формы: полтора квадрата, два с половиной квадрата (рис. 92, *а*), отношение сторон в «египетском треугольнике» (рис. 92 ,*б*).



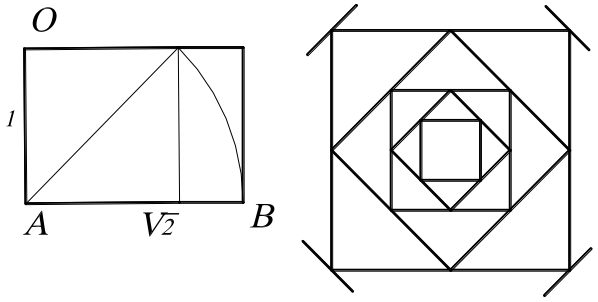
OA:AB=3:4

а *б*

Рис. 92.

ИРРАЦИОНАЛЬНЫЕ ОТНОШЕНИЯ. Эти отношения основываются на простой геометрической закономерности их построения. Такими отношениями являются следующие отношения.

Отношение диагонали квадрата к его стороне: ***OA:AB = 1:*** $\sqrt{2}$ (рис. 93, *а*). На рис.93, *б* приводится построение ряда отношений ***1:*** $\sqrt{2}$, где сторона описанного квадрата равна диагонали вписанного. Таким образом, имеем бесконечный ряд величин, построенных на отношении ***1:*** $\sqrt{2}$. К числу иррациональных отношений принадлежит ***1:*** $\sqrt{5}$ - отношение диагонали прямоугольника, составленного из двух квадратов, к его короткой стороне.

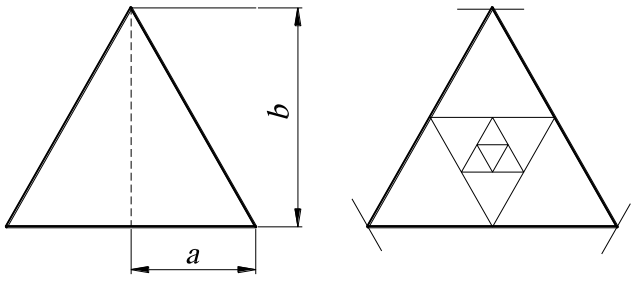


OA:AB=1: $\sqrt{2}$

а *б*

Рис. 93.

Иррациональным отношением является отношение высоты равностороннего треугольника к половине его основания ***a : b=1*** : $\sqrt{3}$ (рис.94, *а*). В ряде вписанных треугольников имеется бесконечный ряд величин (рис. 94, *б*).



а *б*

Рис. 94.

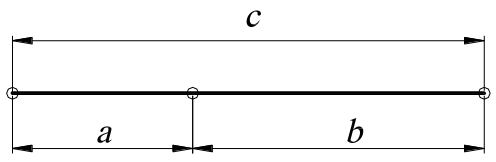
2.3. ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ

В математике это сечение называют делением в крайнем и среднем отношении. Эта пропорция характерна для многих творений природы. Многие знаменитые произведения архитектуры и художественного творчества созданы по законам «золотого сечения».

«Геометрия владеет двумя сокровищами: одно из них – это теорема Пифагора, а другое – деление отрезка в среднем и крайнем отношении…. Первое можно сравнить с мерой золота; второе же больше напоминает драгоценный камень»*

Евклидово построение правильного пятиугольника опирается на деление отрезка в отношении $\tau : 1$, где $\tau = \frac{\sqrt{5}+1}{2} = 1{,}618033...$. Другими словами, у пятиугольника ***ADCDE*** со стороной, равной единице, диагонали равны τ (рис. 95).

Золотое сечение – это такое пропорциональное деление отрезка на неравные части, при котором весь отрезок относится к большей части, как сама большая часть относится к меньшей; или, другими словами, меньший отрезок так относится к большему, как больший – ко всему (см. рис. 95).



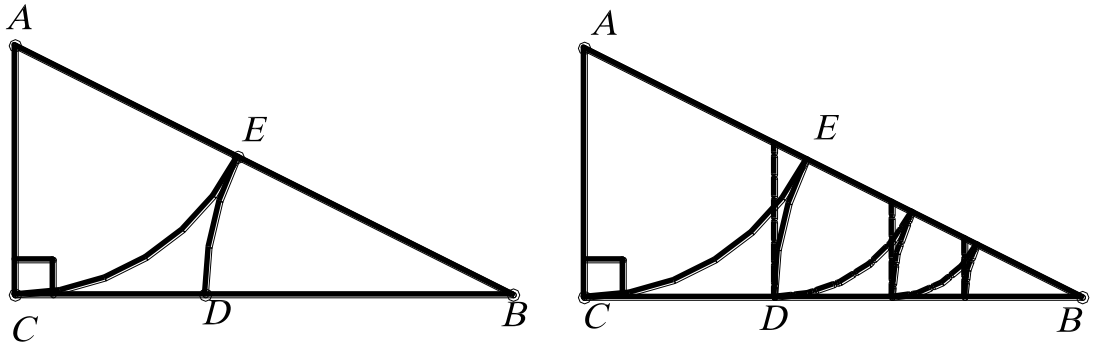
$$\frac{a}{b} = \frac{b}{c} \quad \text{или} \quad \frac{c}{b} = \frac{b}{a}$$

Рис. 95.

На рис. 96, *а* изображён один из способов построения по данному отрезку ***BC*** точки ***D***, которая делит отрезок ***BC*** в отношении «золотого сечения», то есть $\frac{BD}{DC} = \frac{BC}{BD}$ или $\frac{DC}{BD} = \frac{BD}{BC}$. Для построения точки ***D***, принадлежащей отрезку ***BC*** и делящей этот отрезок ***BC*** в пропорции «золотого сечения», строится прямоугольный треугольник ***ABC***, где

* Кеплер И. (Kepler J.). Gesammelte Werke, t. 1, 2, 3, Munchen, 1938, 1939, 1941.

сторона $AC = \frac{1}{2}BC$. Затем строится точка ***E***: с помощью циркуля отрезок ***AC*** откладывается на стороне ***AB***, при этом ***AC=AE.*** Построение точки ***D*** выполняется вращением точки ***E*** вокруг точки ***B***, то есть ***BE=BD***.



а *б*

Рис. 96.

Отрезки «золотого сечения» выражаются иррациональной дробью ***BD=0,618…***, если ***BC*** принять за единицу, тогда ***CD=0,382…***. Для практических целей часто используют приближённые значения, то есть ***0,62*** и ***0,38***. Если отрезок принять за сто частей, то большая часть отрезка равна ***62***, а меньшая – ***38*** частям. В литературе можно встретить названия ***майор*** и ***минор***. Майор – это обозначение большей части, а минор – меньшей части.

Деление по «золотому сечению», проделанное над основным целым, может быть продолжено до бесконечности, давая непрерывный ряд пропорций по «золотому сечению», путём откладывания каждый раз минор на соответствующий майор (см. рис. 96, *б*).

Построение правильного пятиугольника основано на построении пропорций «золотого сечения», так как диагонали правильного пятиугольника делятся в отношении «золотого сечения». На рис.97, *а* показано построение правильного пятиугольника. Пусть ***O*** – центр описанной окружности, ***A*** – точка на окружности и ***E*** – середина отрезка ***OA***. Перпендикуляр к радиусу ***OA***, восстановленный в точке ***O***, пересекает окружность в точке ***D***. Пользуясь циркулем, откладывают на диаметре отрезок ***CE***, равный отрезку ***ED***. Длина стороны вписанного в окружность правильного пятиугольника равна ***DC***. Откладывая на окруж-

ности отрезки ***DC***, получают пять точек, которые являются вершинами правильного пятиугольника. При этом отрезок ***OC***, равный отрезку ***BD***, будет являться стороной вписанного в эту окружность правильного десятиугольника.

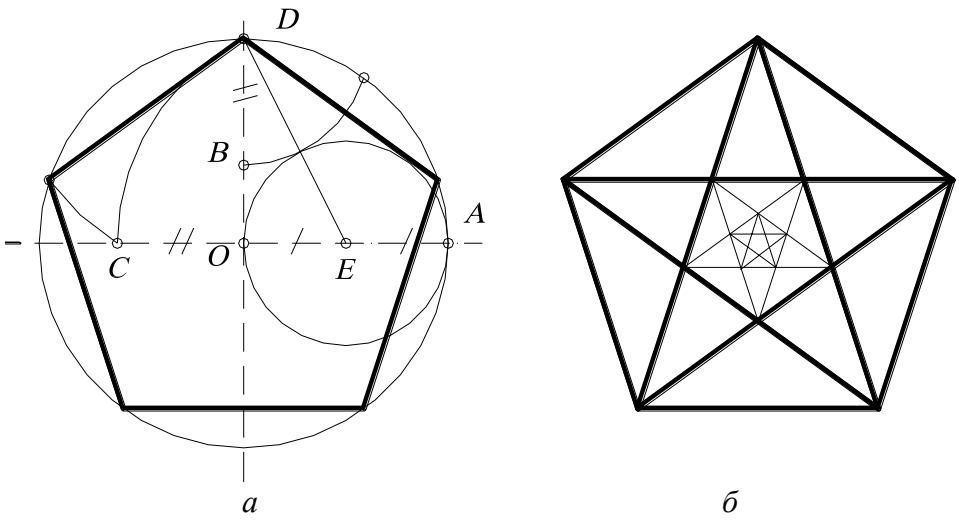


Рис. 97.

Соединяя вершины правильного десятиугольника через одну, получают фигуру, называемую пентаграммой (на рис.97, *б* пентаграмма выделена толстыми линиями). В ряде вписанных пентаграмм, строится ряд величин, связанных между собой «золотым сечением». Таким образом, нетрудно убедиться в том, что отношение «золотого сечения» позволяет получать бесконечный пропорциональный ряд, в котором каждый член есть сумма двух предыдущих. Причём эта сумма относится к большему слагаемому точно так же, как большее слагаемое – к меньшему.

Вообще говоря, на соотношении стороны диагонали квадрата и прямоугольника, образованного из двух квадратов, могут быть развиты связанные, взаимопроникающие ряды, составленные из простых и иррациональных чисел.

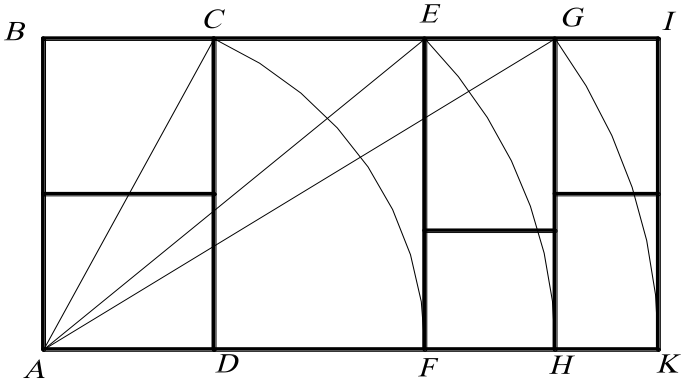


Рис. 98

Построение показывает, как, откладывая на продолжении прямоугольника ***ABCD***, составленного из двух квадратов, получают прямоугольник ***ABEF***, соотношение сторон которого равно $2:\sqrt{5}$ (рис. 98). Одновременно возникает

прямоугольник ***CDEF*** - прямоугольник «золотого сечения». Диагональ ***AE***, отложенная на продолжении стороны ***AF***, определит сторону нового прямоугольника ***ABHG***. Соотношение его сторон - $2:3$. Часть его – ***CDGH*** – квадрат. Таким образом. Повторяя один и тот же приём построения, приходят сначала к целочисленным отношениям, затем к иррациональным и вновь возвращаются к целочисленным. Следующий цикл операций приводит к иррациональным отношениям, причём прямоугольник ***GHIK*** будет состоять из двух прямоугольников «золотого сечения».

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дан отрезок прямой единичной длины. Используя пропорциональность, постройте точки с координатами: $\frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{7}{9}$.

2. Дан правильный пятиугольник со стороной ***a***. Используя пропорциональность, построить правильный пятиугольник со стороной ***b***, радиус описанной окружности которого равен ***r***.

3. МЕТОДЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

При обсуждении метода изображения начертательной геометрии нас прежде всего интересуют четыре вопроса: ***1) что***, ***2) чем***, ***3) на чём*** и ***4) каким способом изображается?*** Другими словами: 1) какое множество служит областью отправления отображения, 2) какое множество – областью прибытия, 3) какое множество является исходным для конструирования области прибытия и 4) по какому правилу сопоставляются элементы области прибытия (прообразы и образы)?[*]

[*] Пеклич В. А. Высшая начертательная геометрия. М., 2000. 173 с.

3.1. ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА МОНЖА

Этот метод предложил в конце XVIII в. французский математик, инженер и политик Гаспар Монж. В основе этого метода лежит ортогональное проецирование.

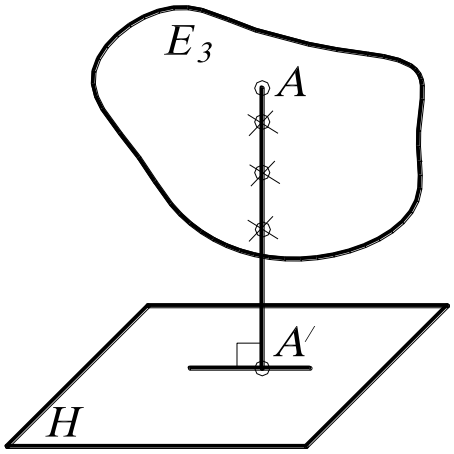


Рис. 99.

Ортогональной (или ***прямоугольной***) проекцией точки ***A*** (рис. 99) на плоскость ***H*** называют основание перпендикуляра A', опущенного из точки ***A*** на плоскость ***H***. Точку ***A*** называют оригиналом, плоскость ***H*** – плоскостью проекций, отрезок прямой AA' - проецирующей прямой. Иногда оригиналы называют ***прообразами***, проекции – ***образами***, а соответствие между ними – ***отображениями***.

Получаемый при этом на плоскости ***H*** чертёж ***необратим***, так как соответствие между оригиналом ***A*** и проекцией A' однозначно только в одну сторону. Оригиналу соответствует единственная проекция ***A***, но проекции точки A' соответствует бесчисленное (однопараметрическое) множество точек на проецирующей прямой AA'. Поэтому Гаспар Монж вводит вторую взаимно перпендикулярную плоскость проекций. На рис. 100 изображе-

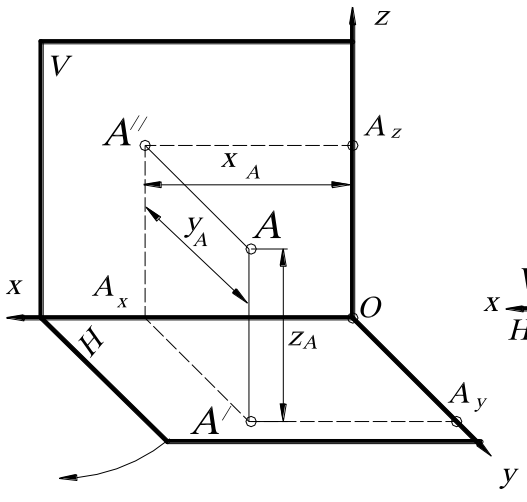


Рис. 100.

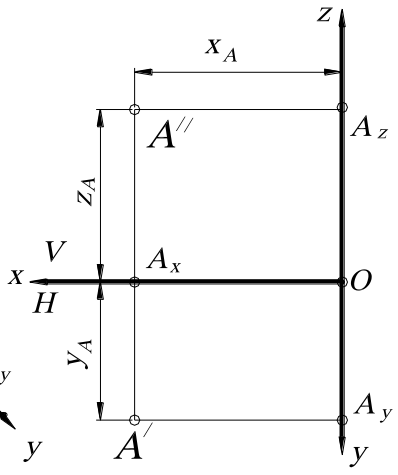


Рис. 101.

на* прямоугольная декартова система с координатными осями x, y, z. Плоскости xy и xz обозначаются H и V. Плоскость H называется горизонтальной плоскостью проекций, а V – фронтальной плоскостью проекций. Плоскость V расположена в пространстве вертикально, а плоскость H – горизонтально. Ортогональные проекции точки A на эти плоскости обозначаются: A' - горизонтальная проекция точки; A'' - фронтальная проекция точки. Перпендикуляры, опущенные из проекций A' и A'' на ось x, пересекаются в точке A_x.

Совмещая плоскости V и H с построенными в них проекциями поворотом плоскости H вокруг оси x на 90^0 так, чтобы эти плоскости совпали, получают ***чертёж*** (или ***эпюр***) Монжа (рис. 101). Проекции A' и A'' расположены на эпюре на вертикальной прямой $A'A'' \perp x$, называемой ***линией проекционной связи***, или, коротко, ***линией связи***.

Построенный по таким правилам чертёж, состоящий из пары проекций, расположенных на одной линии связи, обратим, то есть соответствие между оригиналом и чертежом однозначно в обе стороны. Так по рис.101 можно определить координаты x, y и z точки A (расстояния от точки A до координатных плоскостей yz, zx, xy соответственно), равные длинам $x=OA_x$, $y=A_xA'$, $z=A_xA''$.

Кроме горизонтальной и фронтальной плоскостей проекций (в черчении их называют видом сверху и видом спереди) иногда строят третью проекцию – ***профильную*** (вид слева). Координатную плоскость yz обозначают W и называют профильной плоскостью проекций (рис. 102). Построив профильную проекцию A''', поворачивают W вокруг оси z на 90^0 и получают эпюр, содержащий три проекции (рис.103). При этом третья проекция располагается в проекционной связи с первой и со второй. Новой информации об оригинале эта проекция не добавляет, она является зависимой и лишь делает имеющуюся информацию

* Рядом с чертежами будем давать наглядные изображения, по которым легче представить, что на них изображено. Такие изображения (рис. 100, 102, 104 и др.) выполняются по правилам аксонометрии, которая рассматривается в параграфе 3.3.

более удобной, то есть, имея профильную проекцию, легче догадаться, что изображено на чертеже.

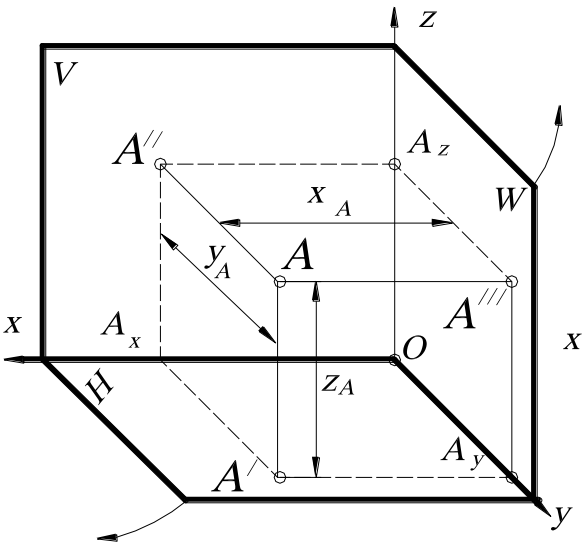


Рис. 102.

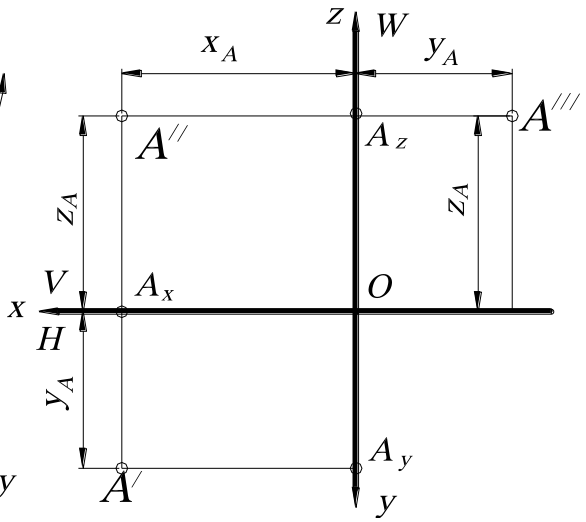


Рис. 103.

Таким образом, для чертежа Монжа областью отправления служит трёхмерное евклидово пространство, областью прибытия – множество пар точек на линиях проекционной связи (прямых пучка с несобственным центром), которое является подмножеством декартова квадрата плоскости чертежа. Другими словами, прообразом точки ***A***, принадлежащей трёхмерному пространству при отображении, назначается пара её образов A' и A'' на две плоскости проекций (лежащих на одной линии связи), представляющих собой произведение определённых проецирований и сечений.

3.2. ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

В этом методе изображения только одна плоскость проекций, которая расположена горизонтально. Точку пространства задают на чертеже её ортогональной проекцией на плоскость ***xOy*** (горизонтальной проекцией) и числовой отметкой этой точки, равной расстоянию от точки до плоскости проекций. Отметку пишут в виде индекса справа внизу у обозначения проекции точки. На

рис. 104 предполагается, что отрезок проецирующей прямой AA_3 перпендикулярен плоскости проекций ***xOy*** (или ***основная плоскость проекций***) и пересекает эту плоскость в точке A_3. Длина отрезка AA_3 равна трём метрам (отметки обычно указывают в метрах). Перед отметками точек, расположенных под плоскостью ***xOy***, пишут знак «минус».

Другими словами, плоскость ***xOy*** – это плоскость ***z=0*** (её часто называют ***плоскостью нулевого уровня***)*, а отметка точки – это координата ***z*** этой точки.

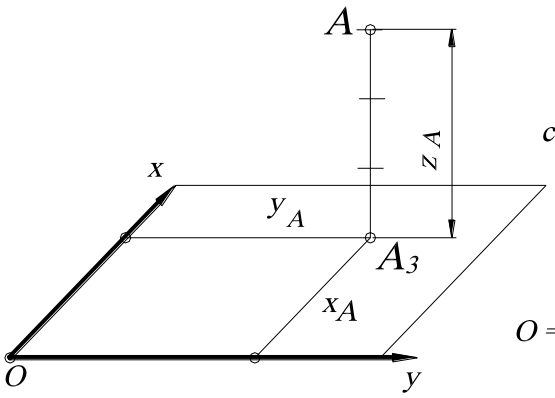


Рис. 104.

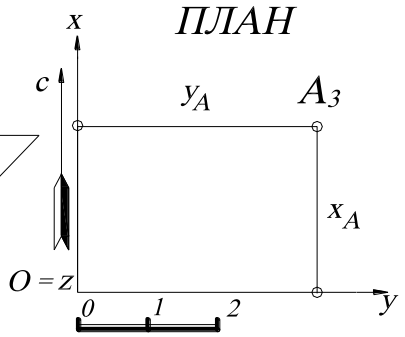


Рис. 105.

На рис. 105 показан чертёж точки A_3 в проекциях с числовыми отметками. Такие чертежи обычно называют ***планами***. Система координат ***xOy*** на плане располагается так, что ось ***Ox*** параллельна осевому меридиану, совпадающему с северным направлением, а ось ***Oy*** совпадает с направлением на восток. План дополняется линейным масштабом, который определяет единицу измерения по оси ***z***.

От такого чертежа легко перейти к чертежу Монжа, считая, что плоскость ***xOy*** в методе Монжа совпадает с плоскостью ***H*** (при этом проекция A' совпадает с проекцией A_3): выбрав произвольно ось проекций ***x*** (что соответствует произвольному выбору фронтальной плоскости проекций ***V***), провести перпендикулярно ей линию проекционной связи и, отложив на ней от оси ***x*** координату $z_A=3$, получить проекцию A''. Очевидно, что чертёж (см. рис. 105), на кото-

* За абсолютную нулевую отметку для европейской части России принимают уровень Балтийского моря.

ром задана точка A_3, обратим – этой проекцией однозначно определяется оригинал A.

Таким образом, в проекциях с числовыми отметками ***областью отправления*** является пространство E_3, а ***областью прибытия*** – декартово произведение множества точек плоскости чертежа и множества вещественных чисел. В этом отображении точке $A \in E_3$ сопоставляется пара её образов A_3 и z_A, переводящие оригинал A в её горизонтальную проекцию A_3 и в координату z_A.

3.3. АКСОНОМЕТРИЯ

Аксонометрические проекции относят к наглядным изображениям, построенным на одной плоскости проекций (картине) методом параллельного* проецирования объекта и жестко связанной с ним системы трёх взаимно перпендикулярных осей координат. Аксонометрию используют в тех случаях, когда требуется дать более наглядное, по сравнению с чертежом Монжа (или проекций с числовыми отметками), изображение, по которому легче представить оригинал. Слово «аксонометрия» буквально означает «измерение по осям». На аксонометрическом чертеже имеются проекции координатных осей, и проекции точек в аксонометрии строят, откладывая по осям координаты этих точек.

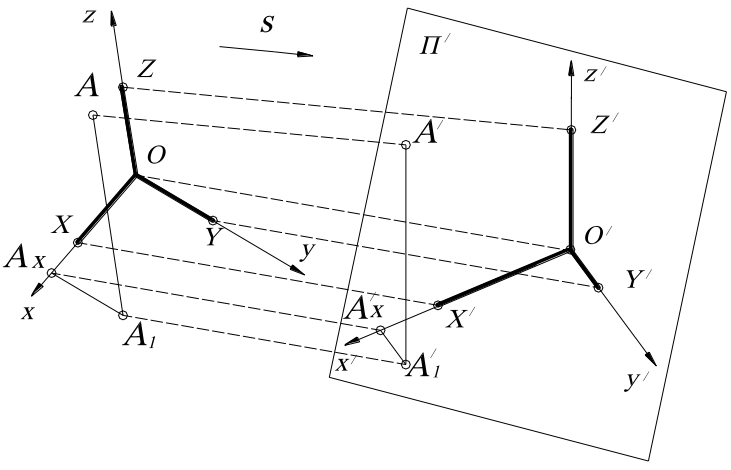


Рис. 106.

На проецируемом объекте (рис. 106) – точка A – выбирают прямоугольную (декартову) систему координат, жестко связанную с данным объектом. Пусть OX, OY, OZ –

* Аксонометрическая проекция может быть и центральной (перспектива), но здесь и далее будем иметь в виду параллельную аксонометрическую проекцию.

единичные отрезки этой системы координат ***Oxyz***, то есть равные единице длины (например, 1 см, 1 дм и т. п.) попарно перпендикулярные отрезки, отложенные от начала координат ***O*** по координатным осям ***x***, ***y***, ***z***. В аксонометрии их принято называть ***натуральными масштабами***, а систему координат – ***натуральной системой координат***. Пусть далее A_1 – ортогональная проекция точки A на плоскость ***xy*** (горизонтальная проекция), а A_x - ортогональная проекция точки A_1 на ось ***x***, то есть OA_xA_1A – координатная (натуральная) ломаная точки A, звенья OA_x, A_xA_1, A_1A которой равны координатам ***x***, ***y***, ***z*** точки A.

После этого расположим в пространстве плоскость ***аксонометрических проекций*** (или ***картинную плоскость***) Π' и выберем направление проецирования ***s***. Если угол между Π' и ***s*** отличен от прямого, то аксонометрию называют ***параллельной*** или ***косоугольной***, если $s \perp \Pi'$, то ***прямоугольной*** или ***ортогональной***.

Спроецировав точку A вместе с системой координат и координатной ломаной на плоскость Π', получают:

- проекцию A' точки A, которая называется аксонометрической проекцией, или аксонометрией точки A;

-проекции x', y', z' осей ***x***, ***y***, ***z***, называемые аксонометрическими осями;

-проекции $O'X'$, $O'Y'$, $O'Z'$, называемые аксонометрическими масштабами;

-проекцию $O'A_xA_1'A'$ координатной ломаной – аксонометрическая координатная ломаная, звенья которой $O'A_x'$, $A_x'A_1'$, $A_1'A'$ - это аксонометрические координаты точки A.*

Точку A_1' называют ***вторичной проекцией***** точки A или основание точки A (рис. 107), поскольку это проекция проекции, а именно аксонометрическая проекция горизонтальной проекции A_1 точки A.

---

* Проекции в аксонометрии обозначают, добавляя штрих (′) к обозначению соответствующего оригинала.

** Термин ввёл проф. В.И. Курдюмов.

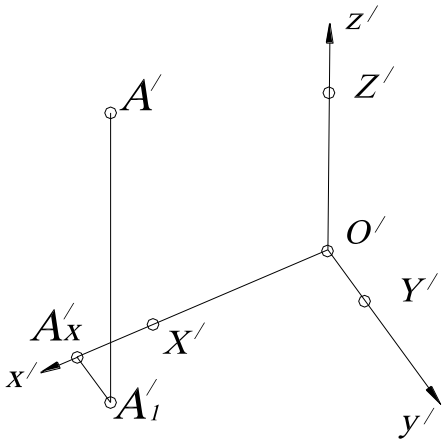


Рис.107

Таким образом, на аксонометрическом чертеже должны быть заданы аксонометрические оси и масштабы и две проекции точки A – аксонометрическая A' и вторичная A_1', расположенные на линии проекционной связи, параллельной оси z'.

Одной только аксонометрической проекцией A' оригинал не определён – ей соответствуют все точки проектирующей прямой $A'A \parallel s$ (см. рис. 106). Двум же проекциям A' и A_1' при условии, что $A'A_1' \| z'$, соответствует однозначно определённый оригинал A. В самом деле, проведя через точки A' и A_1' прямые $A'A$ и $A_1'A_1$, параллельные направлению проецирования s (см. рис.106), находят на пересечении прямой $A_1'A_1$ с плоскостью xy точку A_1, проводят через неё прямую $A_1A \parallel z$ и получают точку $A=A_1A \cap A'A$.

Это означает, что построенный по таким правилам чертёж обратим, то есть оригиналу A однозначно соответствуют две проекции A' и A_1', и двум проекциям A' и A_1' однозначно соответствует оригинал A. Чертёж даёт полную информацию об оригиналах, и задачи могут быть однозначно переведены на язык изображений.

ПОКАЗАТЕЛИ ИСКАЖЕНИЯ. Отношения $\frac{O'X'}{OX}=k_x$; $\frac{O'Y'}{OY}=k_y$; $\frac{O'Z'}{OZ}=k_z$ аксонометрических масштабов называют ***показателями искажения по осям x, y, z***.

На практике обычно вместо аксонометрических масштабов задают показатели искажения по осям и строят проекции A' и A_1', то есть откладывают вдоль аксонометрических осей натуральные координаты точки A, помноженные на соответствующие коэффициенты искажения k_x, k_y, k_z. Натуральные координ-

наты обычно берут с чертежа Монжа или с чертежа в проекциях с числовыми отметками.

Выбирать произвольно аксонометрические оси и показатели искажения можно на основании ***теоремы Польке***, которая гласит: ***три выходящих из одной точки, произвольных отрезка на плоскости можно считать параллельной (косоугольной) аксонометрической проекцией****. Другими словами, произвольно можно выбирать направление проецирования ***s*** и расположение картинной плоскости Π'.

Однако есть некоторые ограничения этого произвола:

1. Направление проецирования должно быть не параллельно ни одной из координатных осей. В противном случае ось спроецируется в точку, то есть один из коэффициентов будет равен нулю, а это уже не «измерение по осям».

2. Направление проецирования должно быть не параллельно ни одной из координатных плоскостей. Если задать направление проецирования параллельно одной из координатных плоскостей, то эта плоскость и все параллельные ей плоские фигуры оригинала спроецируются в прямые, и будет утрачено основное преимущество аксонометрии – наглядность.

Практически применяется всего несколько видов косоугольной аксонометрии, перечислим их. Если все три показателя искажения равны: $k_x = k_y = k_z$, то такую аксонометрию называют ***изометрией***; ***диметрия*** – если равны только два коэффициента искажения ($k_x = k_z \neq k_y$); ***триметрия*** – если никакие коэффициенты не равны: $k_x \neq k_y \neq k_z$.

Если картинную плоскость Π' расположить параллельно координатной плоскости ***xz*** (фронтальной плоскости проекций ***V***), то при *любом направлении проецирования* ***s*** фигуры, расположенные в плоскости ***xz*** и в параллельных ей плоскостях, будут изображаться без искажения. Это означает, что $k_x = k_z = 1$,

* Доказательство этой теоремы см. Глазунов Е. А., Четверухин Н. Ф. Аксонометрия. М., 1953.

такая аксонометрия называется ***косоугольной фронтальной диметрией***; если $k_y = 0,5$ - ***кабинетной проекцией*** (рис. 108). Если же вдобавок направление проецирования ***s*** наклонено к плоскости Π' под углом 45^0, то $k_y = 1$, и аксонометрия называется ***косоугольной фронтальной изометрией***, или ***кавальерной проекцией*** (рис. 109).

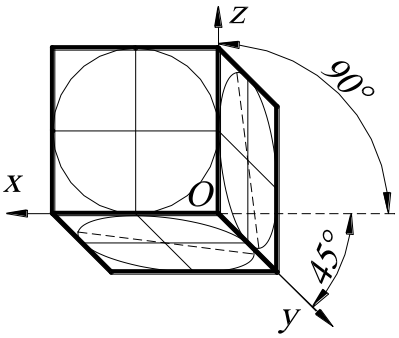


Рис. 108.

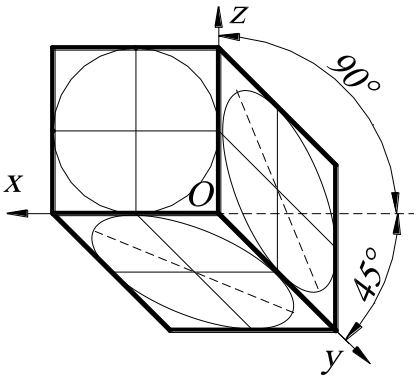


Рис. 109.

Если $\Pi' \| xy$ и угол между направлением проецирования ***s*** и картинной плоскостью Π' составляет 45^0, то $k_x = k_y = k_z = 1$, и такую аксонометрию называют ***косоугольной горизонтальной изометрией***, или ***военной перспективой*** (рис. 110) и ***лягушачьей перспективой*** при виде сверху (рис. 111).

Во всех перечисленных проекциях две аксонометрические оси взаимно перпендикулярны, а третью можно выбрать произвольно, но обычно её направляют в соответствии с ***ГОСТ 2.317-69***.

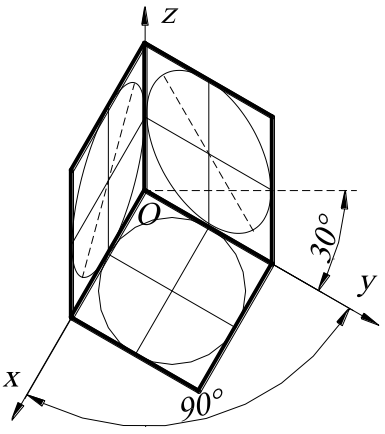


Рис. 110.

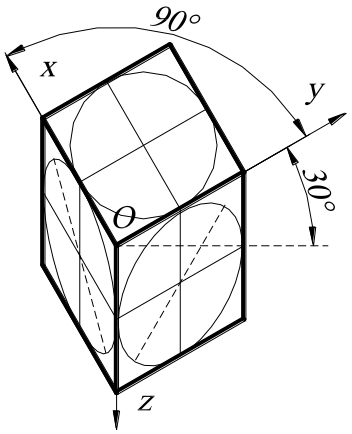


Рис. 111.

ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ИЗОМЕТРИЯ И ДИМЕТРИЯ

Для вычерчивания наглядных изображений технических деталей и сооружений чаще всего применяют ***прямоугольную изометрию***, в которой $k_x = k_y = k_z$ (рис. 112), и ***прямоугольную диметрию***, в которой $k_x = k_z \neq k_y$ (рис. 113).

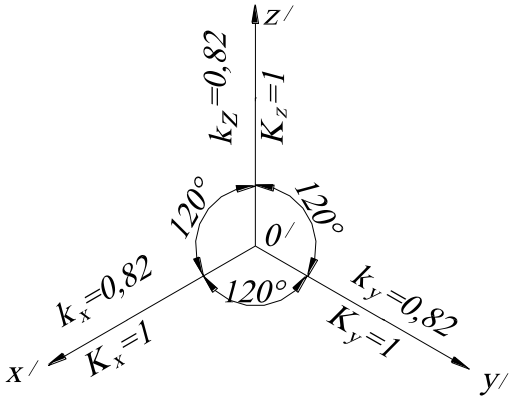


Рис. 112.

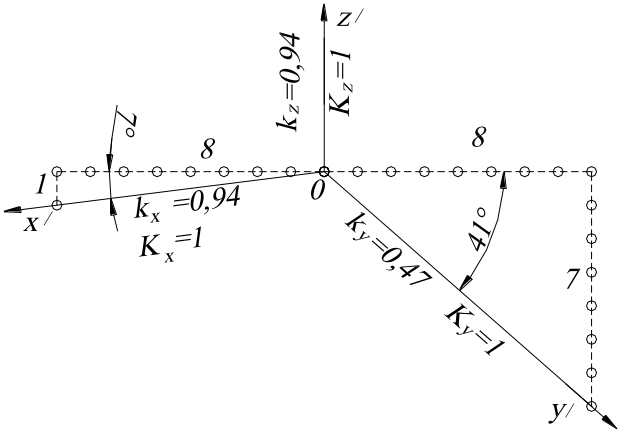


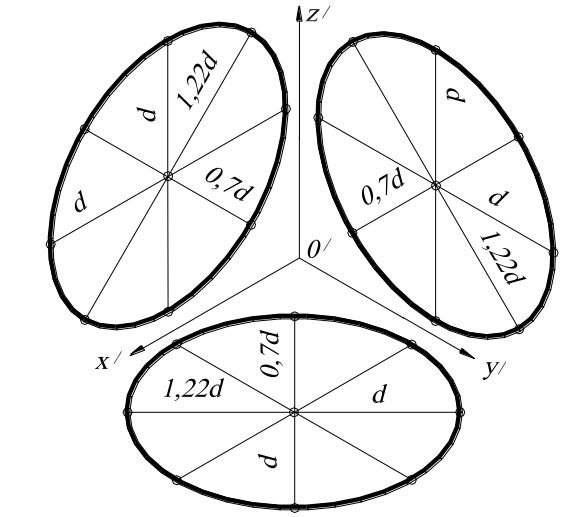
Рис. 113.

Прямоугольная изометрия получается в том случае, когда картинная плоскость Π' равнонаклонена к натуральным осям x, y, z. При этом аксонометрические оси x', y' z' образуют углы 120^0. Все три показателя искажения в прямоугольной изометрии равны: $k_x = k_y = k_z = 0{,}82$, и при построении все три координаты точки нужно умножить на $0{,}82$. На практике для удобства обычно пользуются так называемыми ***приведёнными показателями искажения*** $K_x = K_y = K_z = 1$, округляя $0{,}82$ до 1 (см. рис. 112). При этом аксонометрический чертёж увеличивается в $1:0{,}82 \approx 1{,}22$ раза, и говорят, что он выполнен в ***аксонометрическом масштабе 1,22:1***.

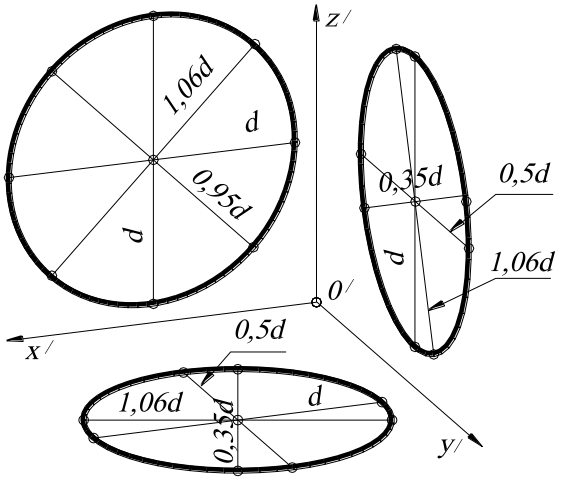
Для получения прямоугольной диметрии, в которой $k_x = k_z \neq k_y$, картинная плоскость Π' должна быть одинаково наклонена к координатным осям x и z, при этом аксонометрическая ось y' - биссектриса угла между осями x' и y'. В такой диметрии аксонометрические оси x' и z' образуют с горизонтальной прямой (при условии, что ось z' направлена вертикально) углы, примерно равные, 7^0 и

41^0. Зная, что $tg7^0 \approx 1/8$ и $tg41^0 \approx 7/8$, эти углы легко построить с помощью прямоугольных треугольников, у которых горизонтальные катеты равны восьми единицам, а вертикальные *1* и *7* (см. рис. 113).

Как и в прямоугольной изометрии, на практике обычно заменяют ***точные*** показатели искажения $k_x = k_z = 0{,}94$; $k_y = 0{,}47$ приведёнными показателями: $k_x = k_z = 1$; $k_y = 0{,}5$, то есть натуральные координаты x и z откладывают по соответствующим аксонометрическим осям в натуральную величину, а координату y уменьшают в два раза. При этом чертёж получается увеличенным в $1:0{,}94 = 0{,}5:0{,}47 \approx 1{,}06$ раза (см. рис. 113).



а



б

Рис.114

На рис. 114, *а* в прямоугольной изометрии с приведенными коэффициентами искажения показаны проекции окружностей, лежащих в координатных плоскостях ***xy***, ***xz***, ***yz***. Это эллипсы, большие оси которых равны ***1,22d***, а малые – ***0,7d***, где ***d*** – диаметр окружностей.

В диметрии с приведёнными показателями искажения окружности, лежащие в плоскостях ***xy***, ***xz***, ***yz***, изображаются эллипсами с большой осью, равной ***1,06d***; малые оси эллипсов равны соответственно ***0,35d***, ***0,95d***, ***0,35d*** (рис. 114, *б*)

Таким образом, для аксонометрии областью отправления служит трёхмерное пространство, областью прибытия – множество пар точек на линиях, параллельных оси z, то есть произведение отображений, переводящих точку трёх-

мерного пространства в её основную и вторичную проекцию. Различие с методом Монжа и проекциями с числовыми отметками заключается лишь в различии применяемых в них проецирований и сечений и их комбинаций.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чём заключается обратимость чертежа в проекциях с числовыми отметками?

2. Дайте определение ортогонального проецирования.

3. Определяет ли одна проекция точки её положение в трёхмерном пространстве?

4. Сколько нужно иметь проекций точки, чтобы можно было однозначно определить её положение в трёхмерном пространстве при центральном и параллельном проецировании?

5. Сколько проекций необходимо, чтобы отобразить точку четырёхмерного пространства?

6. Чем отличаются чертежи, выполненные в проекциях с числовыми отметками, от чертежа Монжа и аксонометрии?

ЧАСТЬ 3
ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

1. ПРЯМАЯ ЛИНИЯ

1.1. ИЗОБРАЖЕНИЕ ПРЯМЫХ ЛИНИЙ В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

Прямая линия может быть задана парой точек, точкой и направлением или двумя пересекающимися плоскостями.

По расположению относительно основной плоскости проекций различают прямые общего положения и прямые частного положения. ***Прямой общего положения*** называется прямая, не параллельная и не перпендикулярная основной плоскости проекций. Остальные прямые называются прямыми ***частного положения***.

Прямые частного положения могут быть двух типов: 1) ***горизонтальные (или прямые уровня)*** – это прямые параллельные основной плоскости проекций; 2) ***проецирующие (или вертикальные)*** **–** это прямые перпендикулярные основной плоскости проекций. На рис. 115 приведены примеры чертежей прямой общего положения ($A_{50}B_{10}$), горизонтальной прямой ($C_{30}D_{30}$) и проецирующей прямой ($F_{80}E_{20}$).

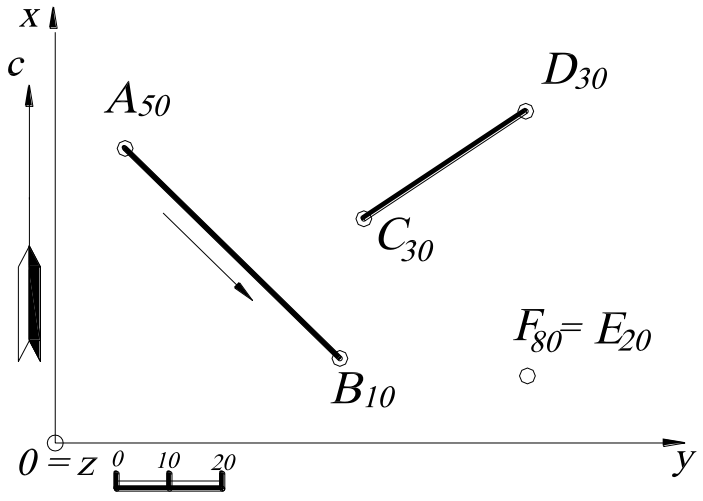


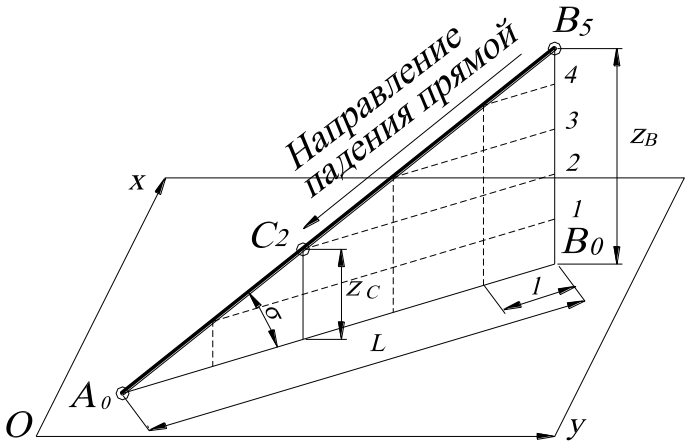
Рис. 115.

Направление прямой в проекциях с числовыми отметками в пространстве удобнее всего задавать углами в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

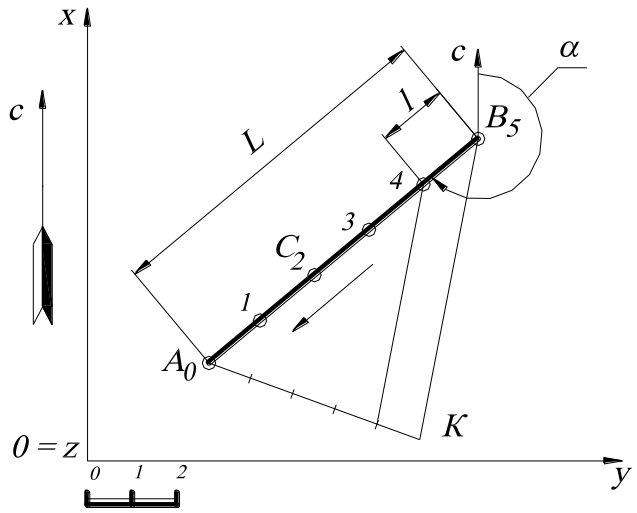
Угол α, отсчитываемый по

часовой стрелке от северного направления меридиана до направления падения прямой, называется ***азимутом падения прямой***, если изменить этот угол на 180^0, то ***азимутом восстания*** (рис. 116, *а*, *б*).

Направление падения прямой соответствует направлению спуска прямой от точки с большей отметкой к точке с меньшей высотной отметкой. Направление падения прямой на чертеже обозначают стрелкой (см. рис. 116, *б*, проекция отрезка прямой A_0B_5).



а



б

Рис. 116.

Горизонтальная проекция отрезка прямой называется ***заложением прямой*** и обозначается ***L*** (см. рис.116, *а*, *б*).

Если разница между отметками двух точек равна единице линейного масштаба, то заключённый между ними отрезок называют ***интервалом*** данной прямой. Другими словами, заложение, соответствующее единичному подъёму прямой, называется ***интервалом прямой***, или ***масштабом заложения***, и обозначается ***l*** (см. рис.116, *а*, *б*).

Интервал прямой может быть определён путём обычного пропорционального деления отрезка прямой (см. рис.116, *б*). Построение на горизонтальной проекции прямой нескольких её точек с соседними целочисленными (то есть выражаемыми целыми числами) отметками называется ***градуированием*** прямой. Градуирова-

ние прямой может выполняться способом пропорционального деления или с помощью палетки.

Пропорциональное деление отрезка прямой заключается в делении его горизонтальной проекции на ***n*** равных частей, где ***n*** – разность числовых отметок двух точек, задающих этот отрезок. На рис. 116, *б* показано градуирование отрезка A_0B_5 пропорциональным делением на пять равных частей (***n=5-0=5***). Для этого из точки A_0 проведена вспомогательная прямая под любым углом к проекции отрезка и на ней отложено пять равных отрезков произвольной длины. Конечная точка ***K*** последнего отрезка соединяется со второй заданной точкой B_5 отрезка. Параллельно этой прямой KB_5 проводят прямую через одно деление, определяя интервал прямой ***l***. Таким образом, с помощью градуирования можно построить числовую отметку любой точки.

Угол наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций (или основной плоскости проекций) называется ***углом падения*** σ прямой.

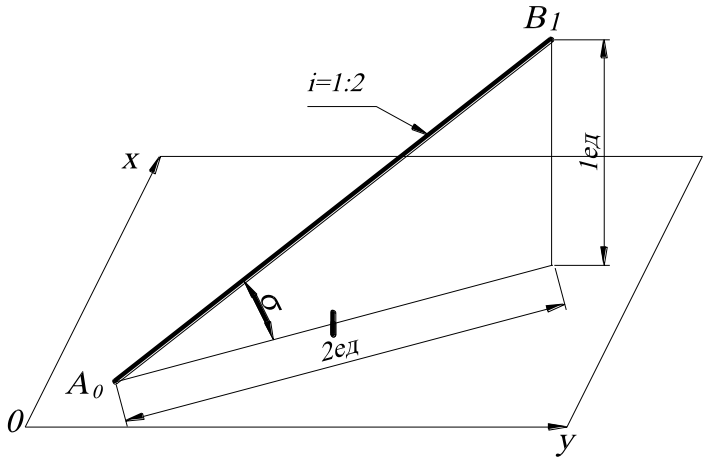


Рис. 117.

Угол падения прямой может быть задан ***уклоном прямой i*** – отношением единичного отрезка к интервалу прямой, или, другими словами, отношением противолежащего катета к прилежащему, обозначается ***i*** (рис.117). Интервал и уклон – взаимно обратные величины, то есть $l = \frac{1}{i}$ и $i = \frac{1}{l}$. Очевидно, уклон численно равен тангенсу угла σ, который данная прямая образует с горизонтальной плоскостью проекций H_0. Чем меньше уклон прямой (и больше интервал), тем ближе она к горизонтальному направлению, и, наоборот, чем больше уклон (и меньше интервал), тем прямая ближе к вертикальному направлению. Другими словами,

если ***l=0***, то ***i=∞*** и прямая вертикальна, если ***l=∞***, то ***i=0*** и прямая горизонтальна (все её точки имеют одну и ту же отметку).

Интервал прямой может быть определён с помощью ***профиля*** (вертикального разреза). Профиль является вертикальной (фронтальной) проекцией заданной прямой. Профиль строится в масштабе чертежа, по одной оси откладываются заложения, а по другой – высотные отметки по координаты ***z***.

Для построения профиля вводят локальную систему координат ***0′x′y′z′*** на плане (рис. 118), которая определяет фронтальную плоскость проекций. Ось ***z′*** выбирается вертикально, то есть перпендикулярно к оси ***x′***. На профиле по оси ***z′*** откладываются числовые отметки, в соответствии с линейным масштабом. В этом случае основная плоскость проекций ***0′x′y′*** на профиле будет проецироваться в виде прямой, совпадающей с осью ***x′***. На рис. 118 в соответствии с заданным масштабом построен профиль прямой и определена величина интервала ***l***. Полученный интервал на профиле может быть отложен несколько раз на плане от точки B_5 (или от точки A_0) для построения любой целочисленной отметки точки прямой. Точки A_0 и B_0 называются соответственно основаниями точек ***A*** и ***B*** на профиле.

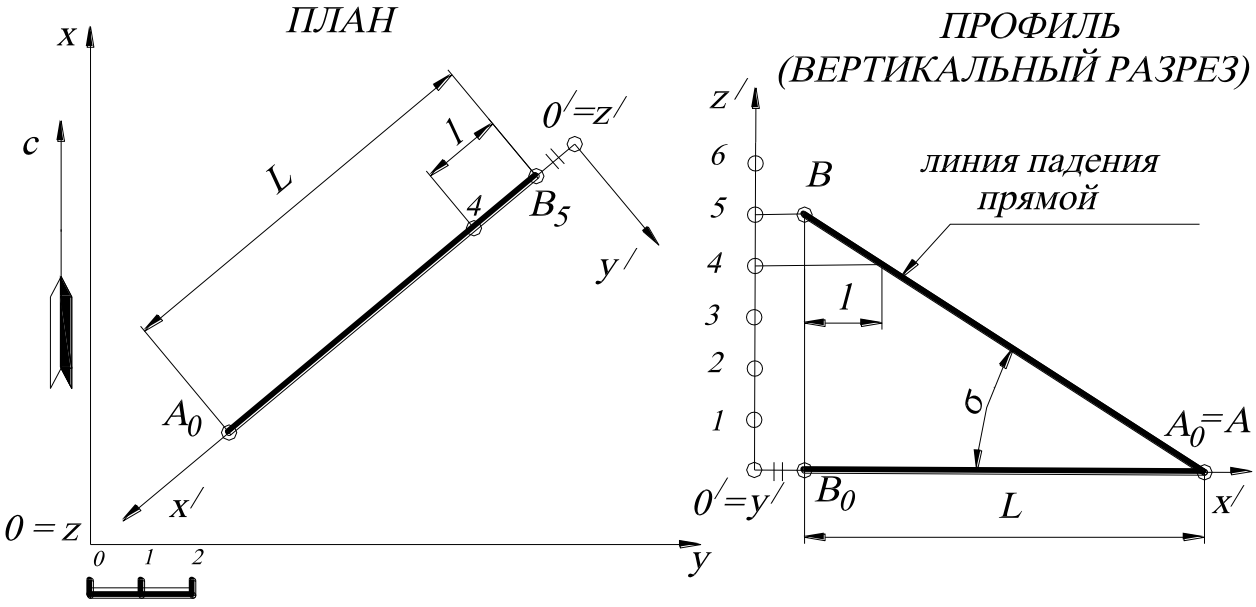
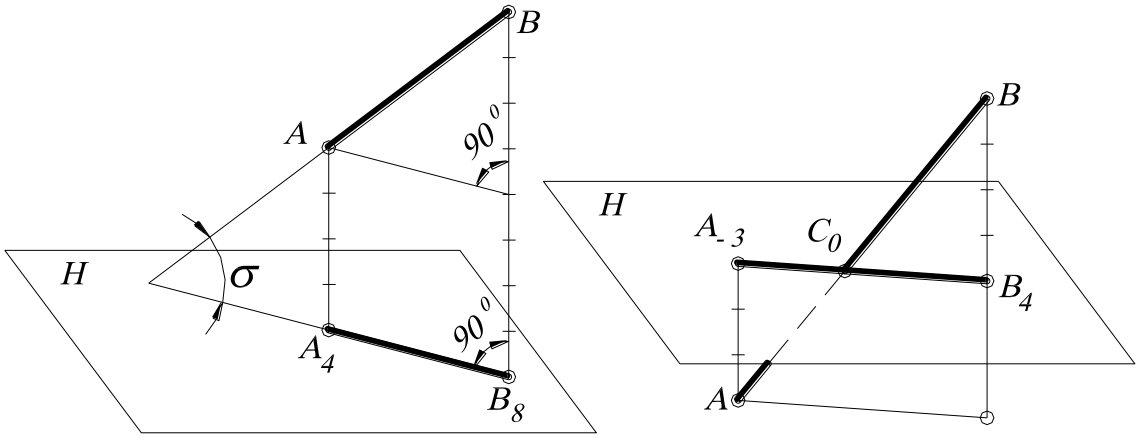


Рис. 118.

1.2. ПОСТРОЕНИЕ НАТУРАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ И ЕЁ УГЛА НАКЛОНА К ОСНОВНОЙ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ Н

Угол прямой σ с плоскостью проекций H определяется как угол, составленный прямой и её проекцией (заложением) на этой плоскости.

Длина отрезка прямой и угол σ могут быть определены из прямоугольного треугольника (рис. 119, *а*, *б*), в котором один катет равен проекции отрезка прямой (заложению), а другой катет равен разности расстояний концов отрезка от плоскости проекций H.



а *б*

Рис. 119.

Если координаты, определяющие расстояния концов отрезка от плоскости проекций H, имеют разные знаки (рис.119, *б*), то надо иметь в ***виду разность алгебраическую.***

На рис. 120 длина отрезка AB и угол σ, составленный прямой AB с плоскостью H, определены из прямоугольного треугольника, построенного на заложении

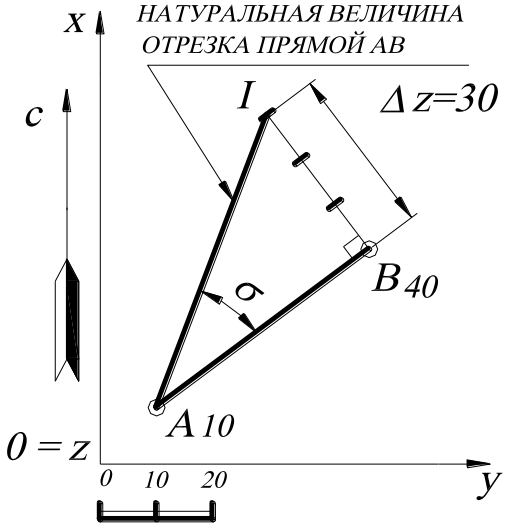


Рис. 120.

$A_{10}B_{40}$, где $|B_{40}I| = z_B - z_A = 40 - 10 = 30$. В прямоугольном треугольнике ABI гипотенуза AI выражает натуральную величину отрезка прямой, а угол между натуральной величиной и заложением отрезка прямой определяет угол наклона σ прямой к плоскости H.

Нахождение числовой отметки произвольной точки, принадлежащей прямой, рассмотрим на конкретном примере. Например, найти числовую отметку точки C, принадлежащей отрезку прямой AB (рис. 121). Для этого выполняют градуирование отрезка прямой AB. Через точку A проводят произвольную прямую $B_{10}I$, на которой откладывают разность высотных отметок концов отрезка A и B. Выбрав единичный масштаб ***1ед.=10 мм***, откладывают ***50 мм***. С помощью пропорциональности, через подобные треугольники находят высотную отметку точки C, то есть пересечение прямой, проходящей через точку C и параллельную AI, с прямой $B_{10}I$. На рис. 121 отметка точки C равна ***37*** (***10+27=37***).

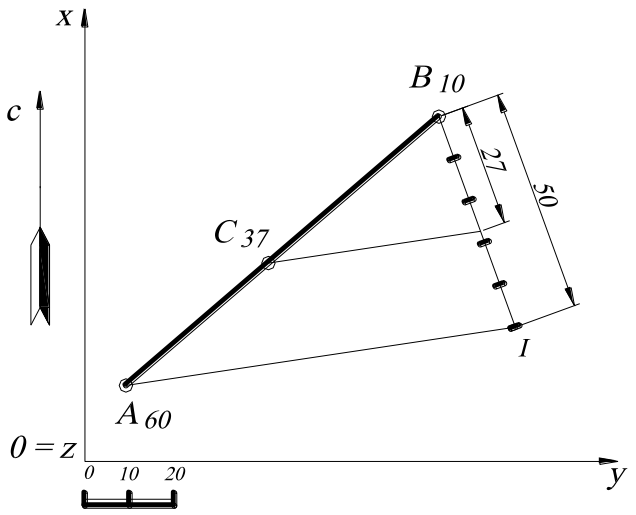


Рис. 121.

1.3. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ

Прямые линии в пространстве могут пересекаться, быть параллельными и скрещиваться.

1.3.1. ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПРЯМЫЕ

Это прямые, принадлежащие одной плоскости и имеющие одну действительную общую точку. На чертеже проекции этих прямых пересекаются, и про-

екции точек их пересечения имеют одну высотную отметку (рис. 122). В этом случае прямые, соединяющие одинаковые отметки заданных прямых, будут параллельны. Эти прямые являются горизонталями плоскости (см. тему «Плоскость»).

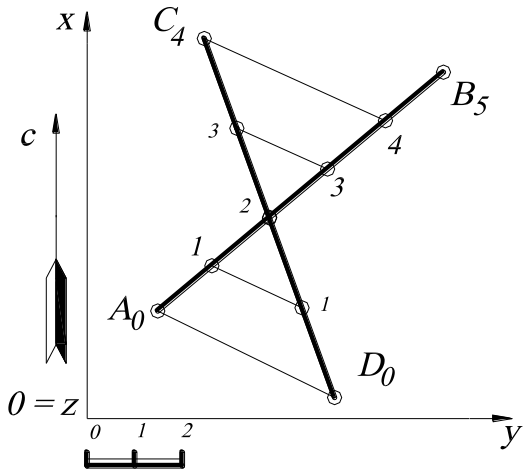


Рис. 122.

Если заданные прямые не градуированы, то необходимо определить величины числовых отметок обеих прямых в точке пересечения их проекций.

ПРИМЕР. Определить пересекаются ли заданные прямые $A_{60}B_{10}$ и $E_{20}F_{60}$ (рис. 123).

Для того чтобы определить, пересекаются ли эти прямые в пространстве, необходимо найти отметки точек этих прямых в пересечении их проекций, то есть точки $C_?$, принадлежащей прямой $A_{60}B_{10}$ и точки $K_?$, принадлежащей прямой $E_{20}F_{60}$. Поэтому последовательно выполняют градуирование прямых $A_{60}B_{10}$ и $E_{20}F_{60}$. Точка C, принадлежащая прямой $A_{60}B_{10}$, имеет числовую отметку, равную 37, а точка K, принадлежащая прямой $E_{20}F_{60}$,– числовую отметку, равную 38.

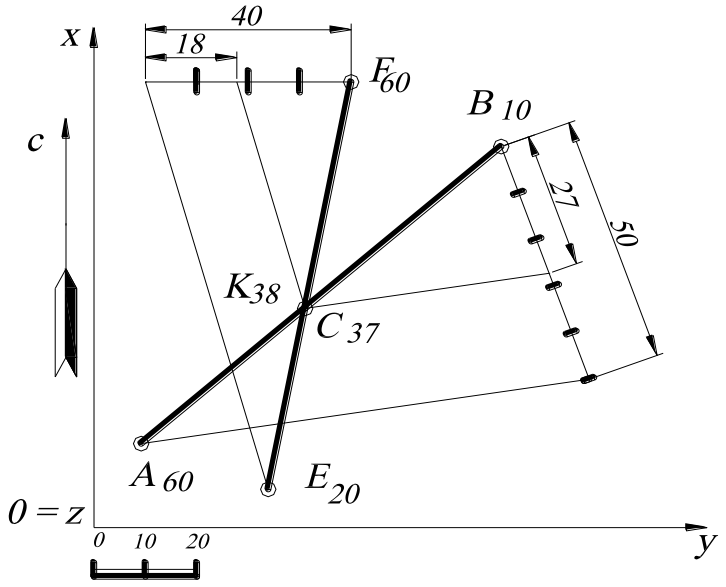


Рис. 123.

Следовательно, отрезки прямых $A_{60}B_{10}$ и $E_{20}F_{60}$ в пространстве не имеют общих точек, то есть не пересекаются. Подробное описание нахождения числовой отметки произвольной точки, принадлежащей прямой (см. рис. 121).

1.3.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПРЯМЫЕ

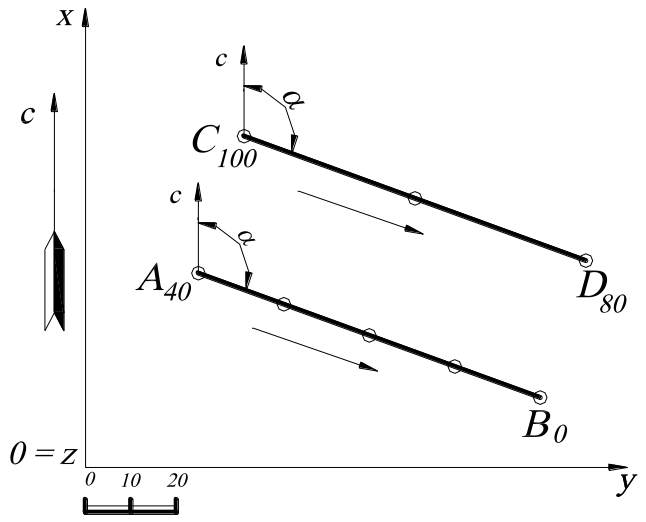


Рис. 124.

Параллельные прямые – это прямые, лежащие в одной плоскости и не имеющие действительных общих точек. На чертеже проекции этих прямых параллельны, углы падения равны, азимуты падения равны, равны заложения (рис. 124).

1.3.3. СКРЕЩИВАЮЩИЕСЯ ПРЯМЫЕ

Скрещивающиеся прямые – прямые, не лежащие в одной плоскости и не имеющие никаких (действительных, мнимых) общих точек. На чертеже проекции прямых могут пересекаться, но точки пересечения их проекций имеют разные числовые отметки (рис. 125, *а*).

На плане проекции скрещивающихся прямых могут быть параллельны, интервалы равны, но направление падения должно быть противоположным (рис. 125, *б*). В том случае, если и направления падения совпадают, тогда прямые параллельны.

На плане проекции скрещивающихся прямых могут быть параллельны, направления падения совпадают, но интервалы должны быть различны (рис.125, *в*).

Скрещивающиеся прямые используются для определения видимости на чертеже (рис.125, *а*). Точка, принадлежащая прямой ***CD*** и имеющая отметку ***4***, будет закрывать точку, принадлежащую на прямой ***AB***, имеющую отметку ***2***. Следовательно, прямая ***CD*** будет закрывать прямую ***AB***.

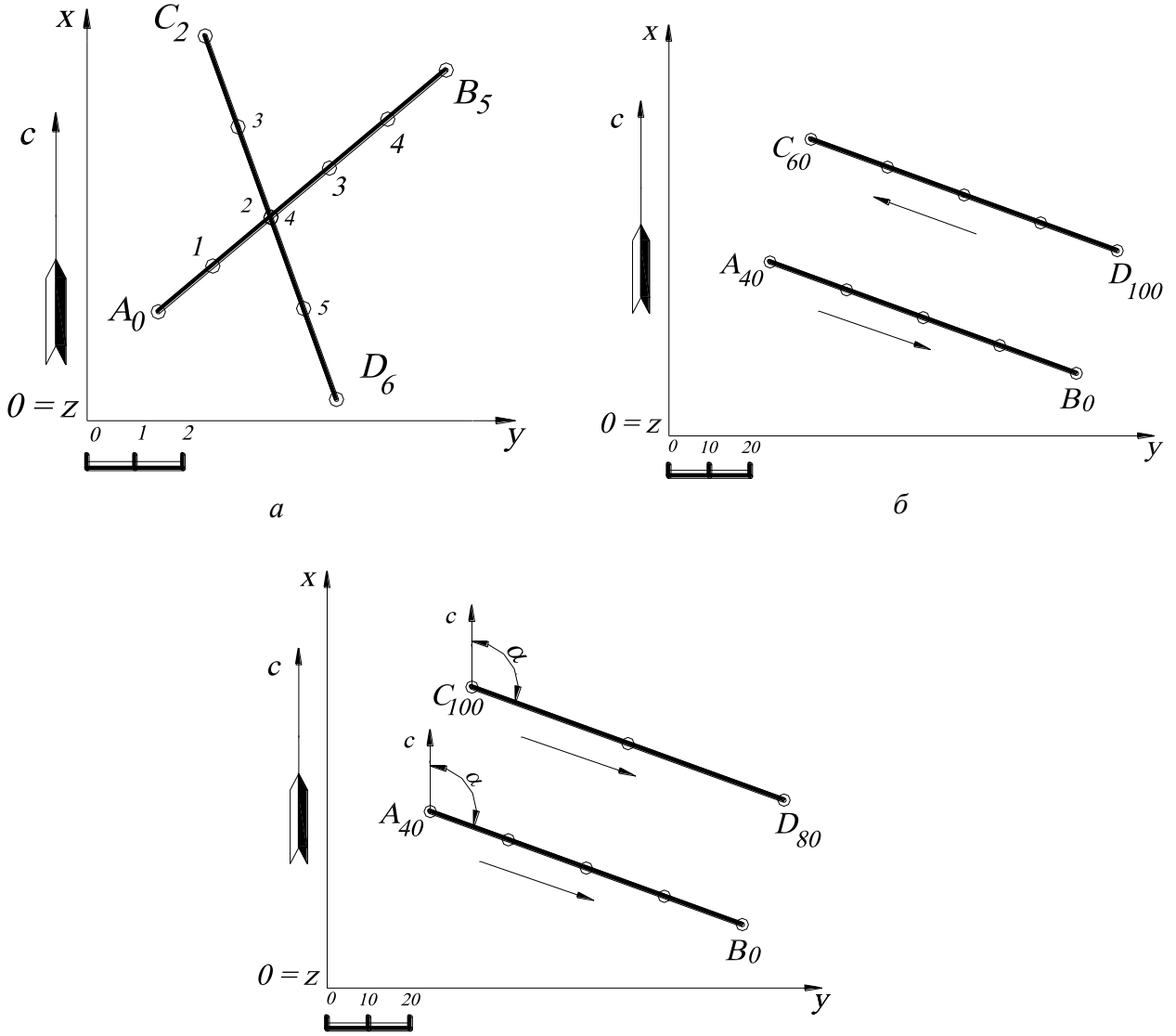


Рис. 125.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Перечислите способы задания прямой в проекциях с числовыми отметками.

2. Что такое уклон, заложение и интервал прямой?

3. Что называется градуированием прямой?

4. Изобразите на плане две пересекающиеся прямые, параллельные, скрещивающиеся.

5. Сформулируйте признаки параллельности прямых, заданных проекциями с числовыми отметками.

6. На заданной прямой $A_{25}B_{80}$ построить точку $C_?$, отстоящую от основной плоскости проекций на ***50***. Прямая задана точками ***A(20,15, 25)***, ***B(50,70,80)***.

7. На отрезке прямой $A_{50}B_{10}$ найти точку $C_?$, делящую этот отрезок в отношении ***AC:CB=2:3***. Прямая задана точкой ***A(50;30;50)***, азимутом падения $\alpha=120^0$, углом падения $\sigma=30^0$.

8. Построить отрезок прямой, симметричный отрезку заданной прямой ***AB*** относительно: а) основной плоскости проекций, б) оси ***Ox***, в) оси ***Oy***, г) начала координат ***O***. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

9. На отрезке ***AB*** построить отрезок ***AC*** заданной длины ***/AC/=40*** мм и определить отметку точки ***C***. Отрезок прямой задан координатами концов ***A*** и ***B***. Отрезок задан точками ***A(35,15,10)***, ***B(15,50,40)***.

10. Найти расстояние от точки ***C*** до прямой ***AB***. Проекции точек заданы координатами: ***A(40,30,40)***, ***B(20,70,30)***, ***C(10,25,20)***.

11. Построить прямую $CD_?$, проходящую через точку ***C***, параллельную прямой ***AB***, длиной ***50***. Проекции точек заданы следующими координатами: ***A(40,25,50)***, ***B(10,70,10)***, ***C(90,30,20)***.

12. Построить проекции ромба ***ABCD***, диагональ которого ***/BD/=50 мм*** и лежит на прямой ***MN***. ***A(35,60,50)***, ***M(40,20,30)***, ***N(10,80,30)***.

13. Прямая ***AB*** имеет уклон ***i=1:2***. Определить отметку точки ***B***. Прямая задана точками ***A(20,15, 25)***, ***B(50,70,z)***.

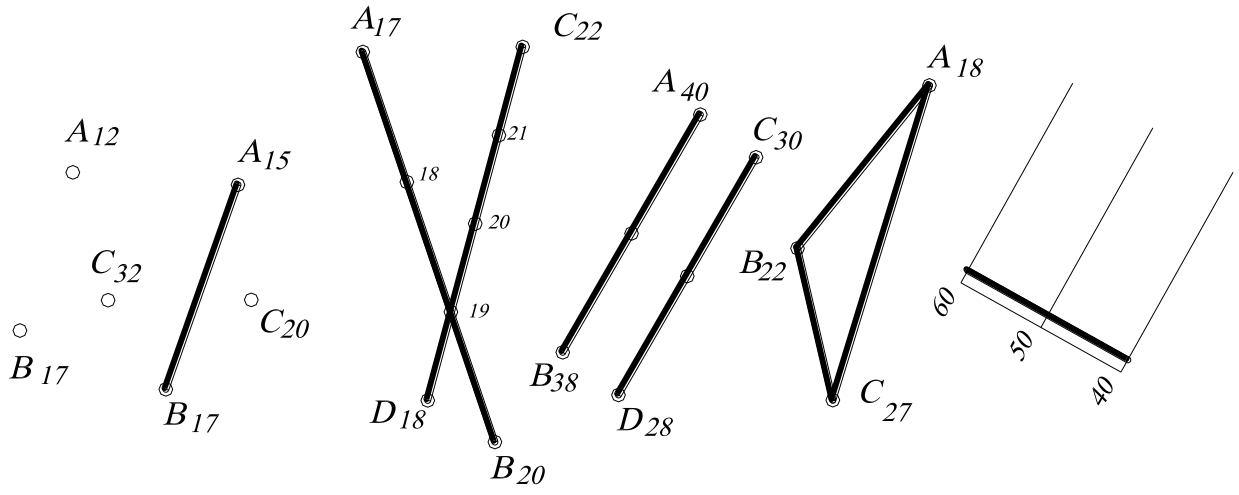
2. ПЛОСКОСТЬ

Плоскость – простейшая поверхность. Понятие плоскости (подобно точке и прямой) принадлежит к числу основных понятий геометрии. Плоскость обладает тем свойством, что любая прямая, соединяющая две её точки, целиком принадлежит ей.

2.1. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПЛОСКОСТЕЙ

Плоскость на чертеже можно задать:

1. Тремя неколлинейными точками, то есть тремя точками, не лежащими на одной прямой (рис. 126, *а*).
2. Точкой и прямой, не проходящей через эту точку (рис. 126, *б*).
3. Двумя пересекающимися прямыми (рис. 126, *в*).
4. Двумя параллельными прямыми, которые на чертеже в проекциях с числовыми отметками могут быть горизонталями (рис. 126, *г*; см. рис. 122).
5. Плоским отсеком (то есть любой плоской фигурой – кругом, многоугольником и т. п., рис. 126, *д*).
6. Масштабом заложения (рис.126, *е*).



а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 126.

Плоскость относительно основной плоскости проекций ***H*** может занимать следующие положения:

- горизонтальное (параллельное плоскости ***H***);
- вертикальное или проецирующее (перпендикулярное плоскости ***H***);
- наклонное или общее положение (непараллельное и неперпендикулярное основной плоскости проекций ***H***).

Наиболее удобным и наглядным изображением плоскости в проекциях с числовыми отметками является задание с помощью ***масштаба заложения плоскости***.

На рис. 127, 128 в аксонометрии и на плане изображена плоскость общего положения ω. Дадим определения основных элементов этой плоскости, которые используются в проекциях с числовыми отметками.

След плоскости $\omega_н$ - линия пересечения плоскости ω с основной плоскостью проекций ***H*** (горизонталь с нулевой отметкой).

Горизонталь плоскости – прямая, принадлежащая плоскости и параллельная основной плоскости проекций ***H*** (***0–0***, ***1–1***, ***2–2***, на рис. 127, 128). Горизонтали плоскости могут рассматриваться как сечения заданной плоскости ω семейством плоскостей, параллельных основной плоскости проекций.

Отметка горизонтали – высота z горизонтали над основной плоскостью проекций ***H*** (на рис. 127, 128 горизонтали проведены соответственно с отметками 0, 1 и 2 единицы масштаба). След плоскости $\omega_н$ является горизонталью с нулевой отметкой.

Линиями падения (наибольшего ската) плоскости называются прямые, лежащие в этой плоскости и перпендикулярные к горизонталям этой плоскости (в том числе и к её горизонтальному следу $AB \perp \omega_н$).

Согласно правилам проецирования прямого угла, горизонтальная проекция линии наибольшего ската плоскости перпендикулярна к горизонтальной проекции горизонтали этой плоскости и к её горизонтальному следу.

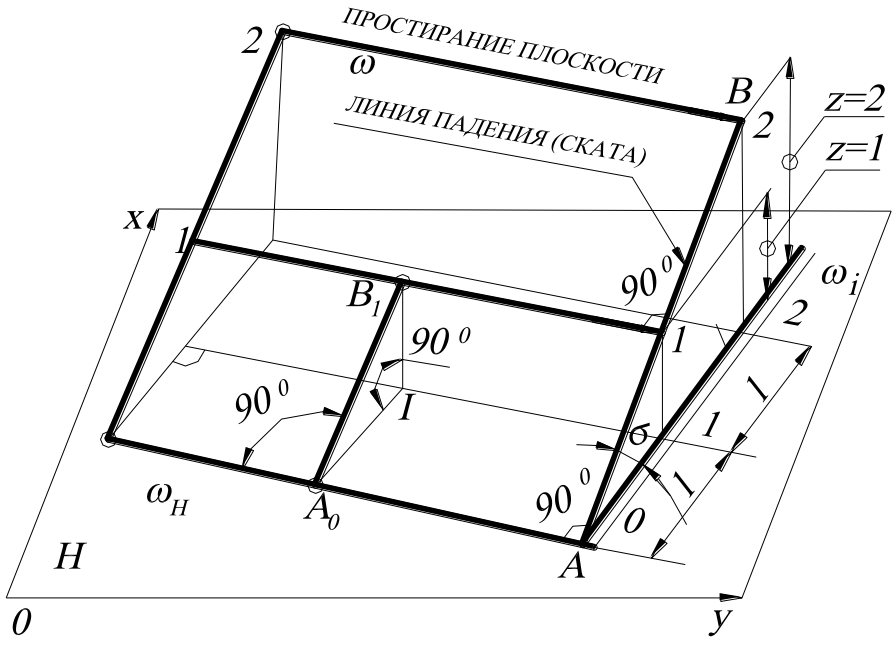


Рис. 127.

Профиль линии наибольшего ската есть линейный угол двугранного, образованного плоскостями **ω** и ***H***. Следовательно, линия наибольшего ската плоскости может служить для определения угла наклона этой плоскости к плоскости проекций ***H***.

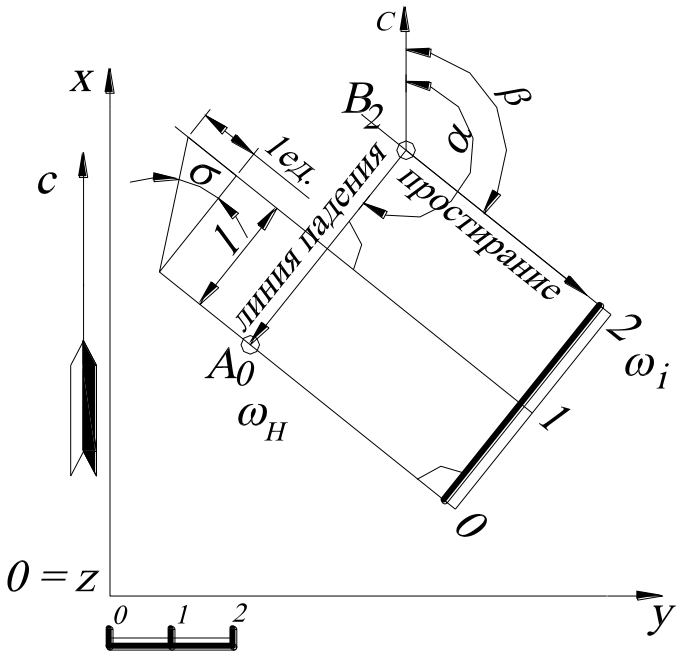


Рис. 128.

Масштаб заложения. Так называют градуированную проекцию линии падения (ската) плоскости. Так как линия ската плоскости перпендикулярна горизонталям, то масштаб заложения тоже перпендикулярен горизонталям плоскости. Масштаб заложения плоскости изображается на чертеже двумя параллельными прямыми (утолщённой и тонкой) и обозначается той же буквой, что и плоскость, с нижним индексом ***i*** – ω_i.

Перпендикулярно масштабу заложения плоскости проводят проекции её горизонталей. Вдоль масштаба заложения плоскости (со стороны тонкой линии) указываются отметки этих горизонталей, цифры числовых отметок проставляются так, чтобы их верх был ориентирован в сторону подъёма плоскости.

Изображение плоскости ω масштабом заложения плоскости показано на рис. 128.

Кратчайшее расстояние на плане между проекциями двух соседних горизонталей, соответствующее единице высотного превышения, называется ***интервалом плоскости*** ω и обозначается l (см. рис. 127, 128).

Угол падения плоскости σ - угол наклона плоскости ω к основной плоскости проекций H. Определяется углом наклона между линией падения и её проекцией на основную плоскость проекций (см. рис. 127, 128).

Уклон плоскости i – отношение единицы линейного масштаба к интервалу: $i = \frac{1}{l}$, или тангенс угла падения плоскости: $i = \mathrm{tg}\sigma$.

Иногда при решении инженерных задач на земной поверхности возникает необходимость ориентировать заданную плоскость относительно меридиана Земли. Для этого вводятся следующие термины.

Азимут падения α ***плоскости*** - это угол, отсчитываемый по часовой стрелке на плане, от северного направления меридиана до направления падения плоскости (рис. 128). ***Азимут восстания*** отличается от азимута падения на 180^0.

Направление простирания плоскости – это правое направление горизонталей, если наблюдатель смотрит в сторону восстания плоскости.

Азимут простирания β ***плоскости*** – угол, отсчитываемый по часовой стрелке на плане, от северного направления меридиана до направления простирания (см. рис. 128).

Угол между азимутом простирания и азимутом падения всегда равен 90^0.

Сечение вертикальной плоскостью называют в геологии профилем, или разрезом. Если разрез выполняется перпендикулярно простиранию плоскости, то он называется ***вкрест простирания***, или ***прямой***. Если вертикальный разрез не перпендикулярен простиранию, то такой разрез называется ***косым***.

ПРИМЕР. Определить элементы залегания плоскости, заданной тремя неколлинейными точками A_3, B_2, C_0. Построить разрез вкрест простирания, то есть вертикальная плоскость разреза должна проходить перпендикулярно горизонталям заданной плоскости (рис. 129).

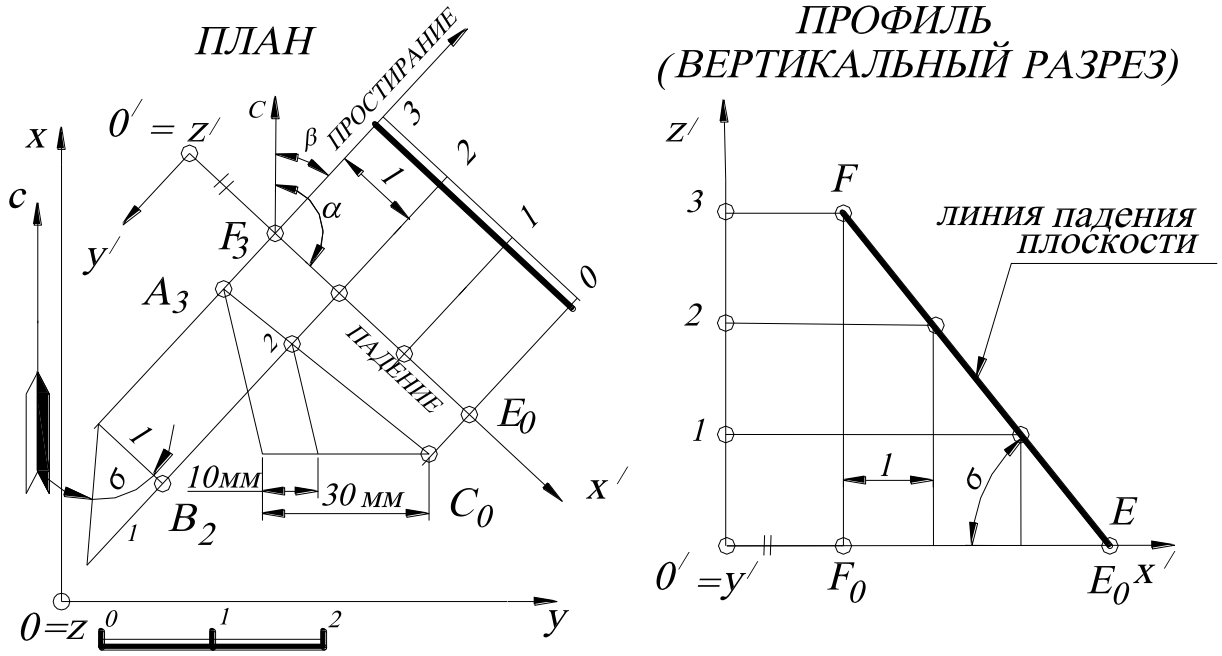


Рис. 129.

Алгоритм решения.

1. В заданной плоскости ($A_3B_2C_0$) на плане строят горизонталь 2-2. Для этого необходимо проградуировать проекцию отрезка прямой A_3C_0 (см. рис. 129). Горизонталь с соседней целочисленной отметкой (3-3) будет параллельна горизонтали 2-2. Кратчайшее расстояние между горизонталями 2-2 и 3-3 является интервалом заданной плоскости ***l***. Перпендикулярно к проекциям горизонталей задают масштаб заложения.

2. Находят линию падения плоскости (линию наибольшего ската), проекция которой перпендикулярна горизонталям плоскости. Линия падения плоскости является масштабом заложения.

3. Определяют азимуты падения и простирания.

4. Находят угол падения плоскости на разрезе вкрест простирания. Такой разрез (профиль) строится также как показано на рис. 119.

2.2. ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ ПЛОСКОСТИ

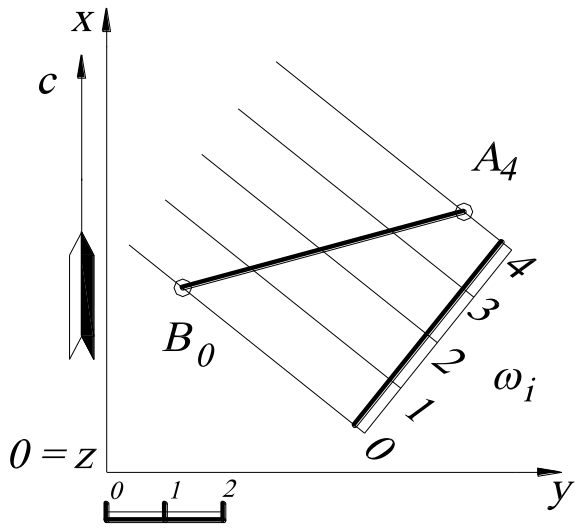


Рис. 130.

1. Точка принадлежит плоскости, если через неё проходит прямая, лежащая в этой плоскости. На чертеже в проекциях с числовыми отметками такой прямой может служить горизонталь плоскости. Следовательно, на плане если точка принадлежит плоскости, то она лежит на горизонтали этой плоскости и имеет с ней одинаковую числовую отметку (рис. 130).

2. Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, лежащие в этой плоскости (см. рис. 130). На чертеже прямая имеет две точки, высотные отметки которых с плоскостью являются общими.

Рассмотрим примеры принадлежности прямой и точки плоскости на конкретных примерах.

ПРИМЕР 1. В плоскости, заданной масштабом заложения ω_i, через точку A_9 провести прямую с уклоном $i = \frac{1}{5}$ (рис. 131).

Интервал прямой, которую требуется построить, равен $l = \frac{1}{i} = 5$ единицам масштаба. Следовательно, точка этой прямой, имеющая отметку **8**, должна ле-

жать на горизонтали плоскости с отметкой ***8*** и удалена от точки A_9 на величину интервала прямой ***l=5*** единиц линейного масштаба. Для выполнения этих условий из точки A_9 как из центра проводят окружность радиусом ***R=5*** и находят точки пересечения её с ***8***-й или ***10***-й горизонталью плоскости ω_i (точки B_8 и C_8). Точка A_9 и точки B_8 и C_8 определят две прямые, удовлетворяющие условию задачи: прямые A_9B_8 и A_9C_8 принадлежат плоскости ω, проходят через точку A_9 и имеют уклон ***i = 1:5***.

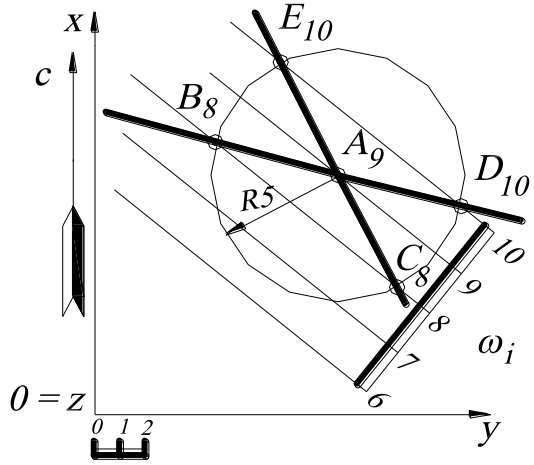


Рис. 131.

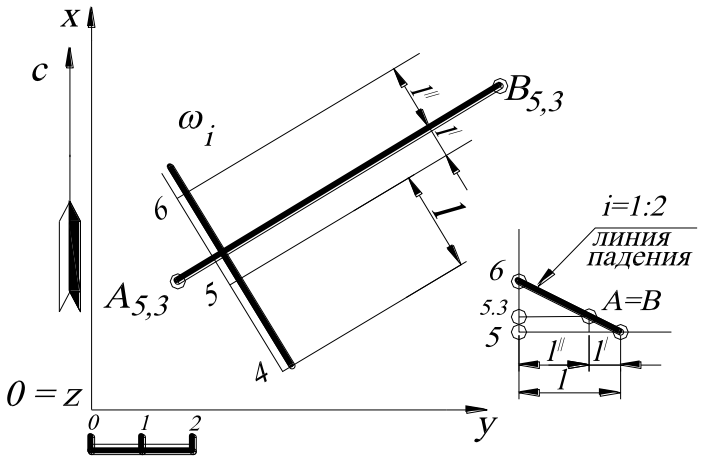


Рис. 132.

ПРИМЕР 2. Через проекцию отрезка горизонтальной прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ провести плоскость ω с уклоном $i = \frac{1}{2}$ (рис. 132).

Проекция прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ является проекцией горизонтали плоскости ω с отметкой ***5,3 – 5,3***, так как по условию задачи через неё проходит плоскость. Следовательно, проводят перпендикулярно прямой $A_{5,3}B_{5,3}$ масштаб заложения и градуируют его, зная интервал $l = \frac{1}{i} = 2$ единицы масштаба. Для этого строят профиль, на котором определяют расстояния l' и l'' от горизонтали с числовой отметкой ***5,3*** (то есть прямой $A_{5,3}B_{5,3}$) до ближайших горизонталей с целочисленными значениями 5 и 6. Масштаб заложения ω_i определяет искомую плос-

кость ω. Задача имеет два решения, так как вторая плоскость будет иметь противоположное направление падения.

ПРИМЕР 3. Через прямую A_2B_5 общего положения провести плоскость ω с уклоном ***i =1:1,5*** (рис. 133).

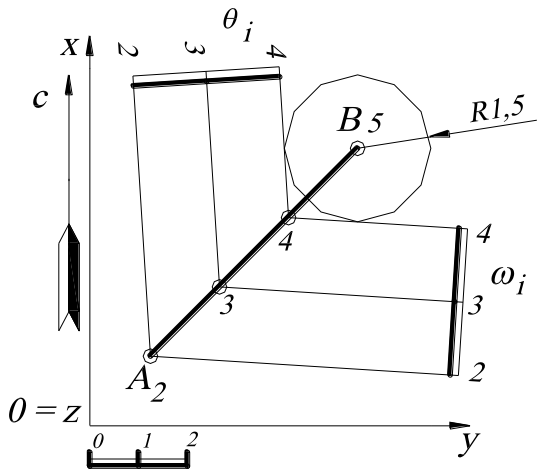


Рис. 133.

Градуируют прямую A_2B_5. Строят конус вращения с вершиной в точке ***B***, вертикальной осью и окружностью основания, радиус которой равен ***1,5*** единицы линейного масштаба и которая расположена в горизонтальной плоскости с отметкой ***4*** (на 1 м ниже точки ***B***). Уклон любой образующей конуса и уклон любой его касательной плоскости ***i=1:1,5***. Поэтому две искомые плоскости θ_i ***и*** ω_i - это две касательные плоскости к конусу, проходящие через прямую A_2B_5.

2.3. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Плоскости в пространстве могут быть параллельны, пересекаться и быть взаимно перпендикулярными.

2.3.1. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПЛОСКОСТИ

Плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости будут соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости. На чертеже проекции горизонталей параллельных плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения одинаковые и направления падения их совпадают.

При решении конкретных инженерных задач в проекциях с числовыми отметками встречается необходимость определения мощности слоя. Будем рас-

сматривать ***слой*** как часть пространства, ограниченного двумя параллельными плоскостями (рис. 134). Верхняя плоскость слоя θ называется ***кровлей*** (на чертеже изображается красным цветом), а нижняя плоскость слоя ω – ***подошвой*** (на чертеже изображается синим цветом).

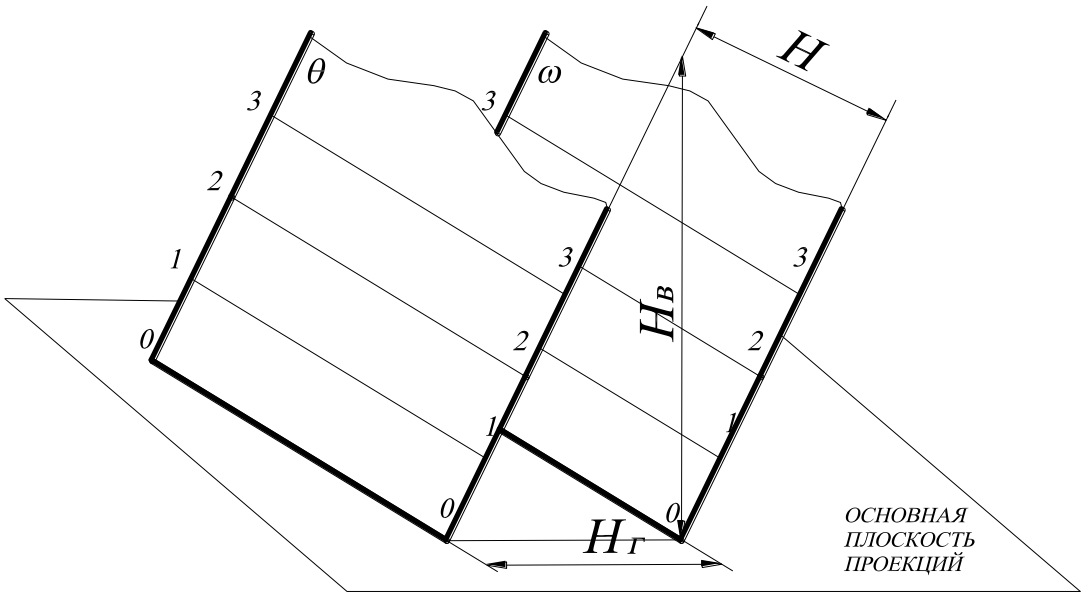


Рис. 134.

H – мощность слоя (нормальная мощность, истинная мощность) – кратчайшее расстояние между двумя параллельными плоскостями кровли и подошвы.

H_B – вертикальная мощность – расстояние от плоскости кровли до плоскости подошвы, измеряемое по вертикали.

$H_Г$ – горизонтальная мощность – расстояние между плоскостью кровли и плоскостью подошвы в горизонтальном направлении.

$H_{ВИД}$ – видимая мощность – кратчайшее расстояние от кровли до подошвы слоя, определяемое по топографической поверхности.

ПРИМЕР. Определить нормальную ***H***, горизонтальную $H_Г$ и вертикальную H_B мощности слоя, заданного двумя параллельными плоскостями θ_i и ω_i (рис. 135).

Для этого строят прямой профиль, плоскость которого перпендикулярна горизонталям плоскости. Построение профиля показано на рис. 135. Выбирают локальную систему координат $0'x'y'z'$ на плане. Плоскость профиля определяют оси x' и z'. На профиле с помощью заложения прямой AB определяют линию падения плоскости θ, которая является плоскостью подошвы заданного слоя. Для построения кровли на профиле определяют точку C (с помощью заложения L), через которую проводят прямую, параллельную прямой AB. Прямая, проходящая через точку C на профиле, является линией падения плоскости кровли.

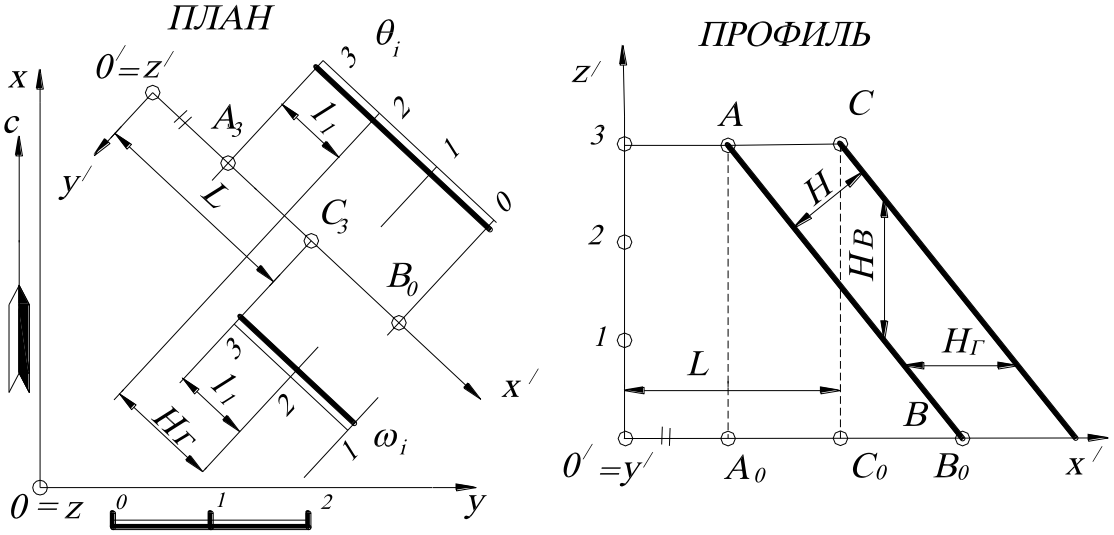


Рис. 135.

Кратчайшее расстояние на прямом профиле между линией падения кровли и линией падения подошвы, – нормальная мощность слоя H. Расстояние на этом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеренное по вертикали – вертикальная мощность слоя H_B.

Расстояние на прямом профиле от линии падения кровли до линии падения подошвы, измеряемое в горизонтальном направлении, – горизонтальная мощность слоя $H_Г$. Горизонтальная мощность слоя измеряется параллельно основной плоскости проекций, поэтому эту мощность можно определить на плане как расстояние между одноимёнными (с одинаковыми высотными отметками) горизонталями плоскостей θ_i и ω_i.

2.3.2. ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПЛОСКОСТИ

Пересекающиеся плоскости всегда имеют действительную прямую пересечения. Для нахождения прямой пересечения заданных плоскостей необходимо найти общие точки или точку и направление.

Рассмотрим несколько способов построения линии пересечения на конкретных примерах.

ПРИМЕР 1. Найти линию пересечения заданных плоскостей $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$ (рис. 136).

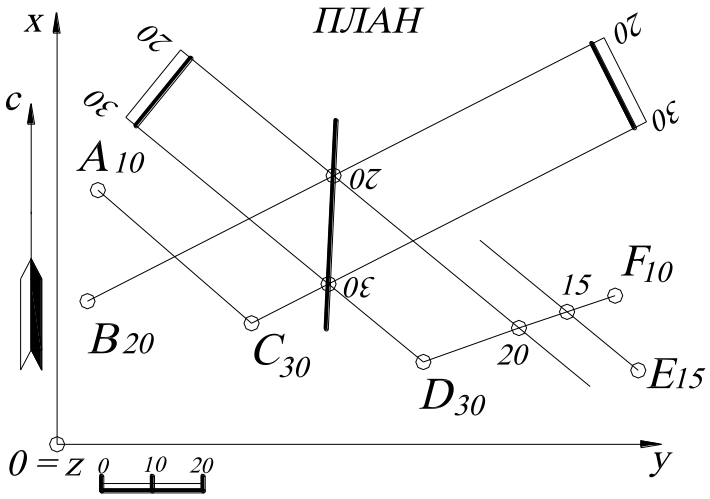


Рис. 136.

В заданных плоскостях $A_{10}B_{20}C_{30}$ и $D_{30}E_{15}F_{10}$ находят направление горизонталей (см. рис. 129). Затем находят точки пересечения горизонталей заданных плоскостей, имеющих одинаковые высотные отметки. Такими горизонталями на рис. 136 являются ***30-30*** и ***20-20***. Их точки пересечения определяют прямую пересечения заданных плоскостей.

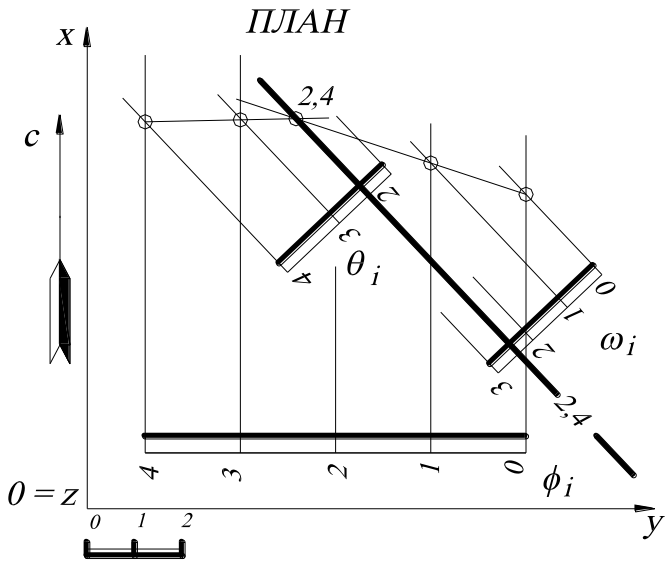


Рис. 137.

ПРИМЕР 2. Найти линию пересечения заданных плоскостей θ и ω, азимуты падения которых одинаковы или отличаются друг от друга на 180^0 (рис.137).

Одноимённые горизонтали плоскостей, использованные в *примере 1*, здесь ничего не дают, поскольку горизонтали данных плоскостей параллельны. В

этом случае линия пересечения плоскостей по направлению будет совпадать с направлением горизонталей, которые по условию задания параллельны между собой. Остаётся найти общую точку.

Алгоритм решения:

1. Вводят вспомогательную плоскость ϕ_i общего положения.
2. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью θ_i, так же, как в примере 1.
3. Строят линию пересечения плоскости посредника ϕ_i с заданной плоскостью ω_i..
4. Найденные линии пересечения дают искомую точку с отметкой 2,4 (нахождение числовой отметки на рис. 137 не показано, которое выполняется методом градуирования любой из прямых). Эта точка принадлежит всем трём плоскостям и является их общей точкой.

Подобную задачу можно решить с помощью построения профилей заданных плоскостей (рис. 138).

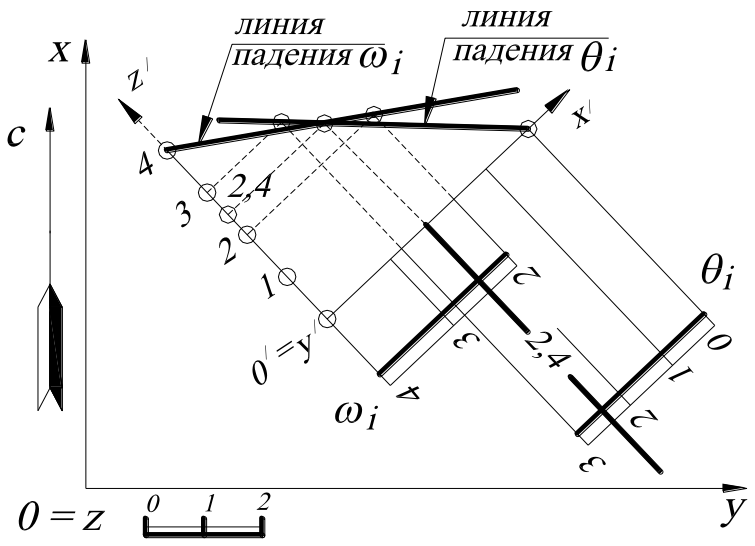


Рис. 138.

В этом случае задают профиль (удобнее в проекционной связи, см. рис.138) перпендикулярно горизонталям заданных плоскостей. Для этого вводят локальную систему отсчёта $0'x'y'z'$. На профиле строят линии падения (скатов) плоскостей θ_i и ω_i. Точка пересечения линий скатов заданных плоскостей определяет искомую точку, а направление искомой линии пересечения будет параллельно горизонталям плоскостей θ_i и ω_i.

Пересечение плоскости общего положения с вертикальной плоскостью. В этом случае проекция искомой линии пересечения совпадает с вертикальной плоскостью. Такое сечение в проекциях с числовыми отметками называется вертикальным разрезом. Разрез строится по аналогии с построением профиля. Если секущая плоскость задана вкрест простирания плоскости общего положения (то есть перпендикулярно горизонталям плоскости), то на разрезе получается линия падения заданной плоскости. Если секущая плоскость задана не перпендикулярно простиранию, то на разрезе может получиться:

- горизонталь заданной плоскости.
- прямая, не совпадающая с линией ската плоскости (***косой*** разрез).

Пересечение плоскости общего положения с горизонтальной плоскостью. Проекция линии пересечения совпадает с горизонталью заданной плоскости общего положения.

2.4. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

1. Прямая принадлежит плоскости.
2. Прямая параллельна плоскости.
3. Прямая пересекает плоскость.
4. Прямая перпендикулярна плоскости.

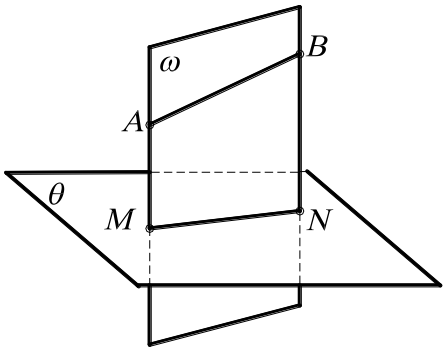


Рис. 139.

Если на модели непосредственно нельзя установить взаимное положение прямой и плоскости, то прибегают к некоторым вспомогательным построениям, в результате которых от вопроса о взаимном положении прямой и плоскости переходят к вопросу о взаимном положении данной прямой и некоторой вспомогательной прямой. Для этого проводят через данную прямую AB вспомогательную плоскость ω так, чтобы эта плоскость пересекла данную плоскость θ (рис. 139). Затем рассматривают прямую MN – прямую пересечения плоскостей ω и θ. При этом возможны три случая:

1. Прямая ***MN*** совпадает с прямой ***AB*** – это соответствует тому, что прямая ***AB*** принадлежит плоскости θ.

2. Прямая ***MN*** пересекает прямую ***AB*** – это соответствует тому, что прямая ***AB*** пересекает плоскость θ.

3. Прямая ***MN*** параллельна прямой ***AB*** – это соответствует тому, что прямая ***AB*** параллельна плоскости θ.

Итак, указанный приём определения взаимного положения прямой и плоскости заключается в следующем:

- Через данную прямую проводят вспомогательную плоскость и строят линию пересечения этой плоскости и данной плоскости.
- Устанавливают взаимное положение данной прямой и прямой пересечения плоскостей; найденное положение определяет взаимное положение данной прямой и плоскости.

Решая различные задачи с применением вспомогательных плоскостей, необходимо выбирать эти плоскости так, чтобы все возникающие при этом построения были по возможности проще, и чтобы этих построений было меньше.

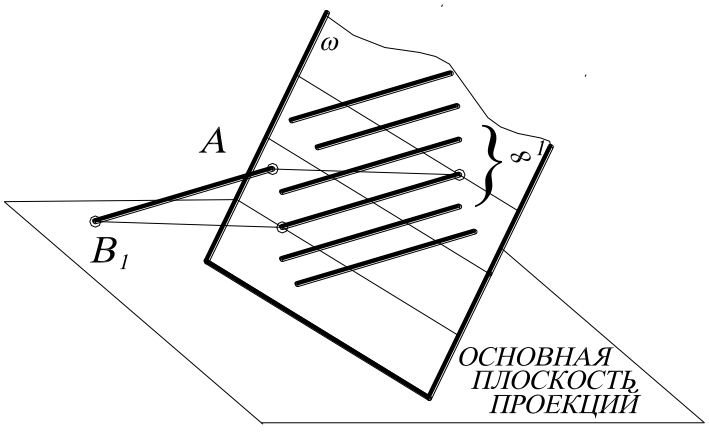


Рис. 140.

Теория принадлежности прямой плоскости рассмотрена выше.

Прямая параллельна плоскости, если в плоскости найдётся хоть одна прямая, параллельная ей. Вообще таких прямых однопараметрические множество ∞^1 или пучок прямых (рис. 140).

2.4.1. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ С ПЛОСКОСТЬЮ

Для нахождения точки пересечения прямой с плоскостью удобнее всего придерживаться следующего ***алгоритма:***

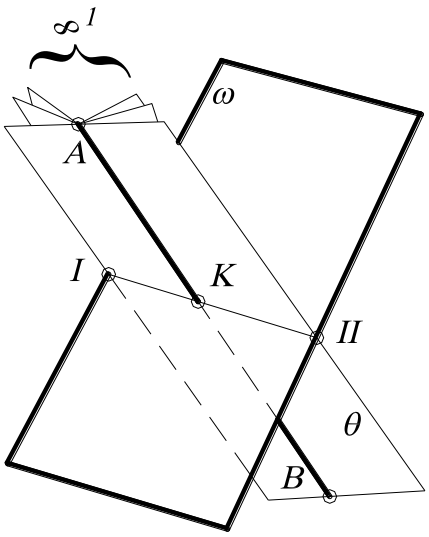


Рис. 141.

1. Через заданную прямую ***AB*** (рис.141) проводят вспомогательную плоскость-посредник θ (таких плоскостей может быть ∞^1 - пучок).

2. Находят линию пересечения ***I II*** вспомогательной плоскости–посредника θ с заданной плоскостью ω.

3. Искомая точка ***K*** будет находиться на пересечении заданной прямой ***AB*** с линией пересечения ***I II*** плоскости-посредника θ и заданной плоскости ω.

4. Определяют видимость проекции прямой ***AB*** на чертеже по конкурирующим точкам и числовую отметку точки ***K***.

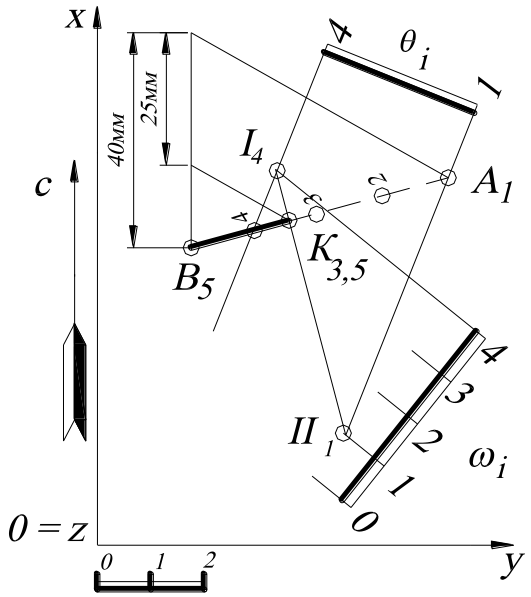


Рис. 142.

ПРИМЕР. Найти точку пересечения прямой A_1B_5 с плоскостью ω, заданной масштабом заложения ω_i (рис. 142).

Через заданную прямую A_1B_5 проводят вспомогательную плоскость-посредник θ (на чертеже эта плоскость задана двумя горизонталями h_1 и h_4; см. признак принадлежности прямой к плоскости). Определяют пересечение посредника θ с заданной плоскостью ω – пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками. Таким образом, находят точки ***I*** и

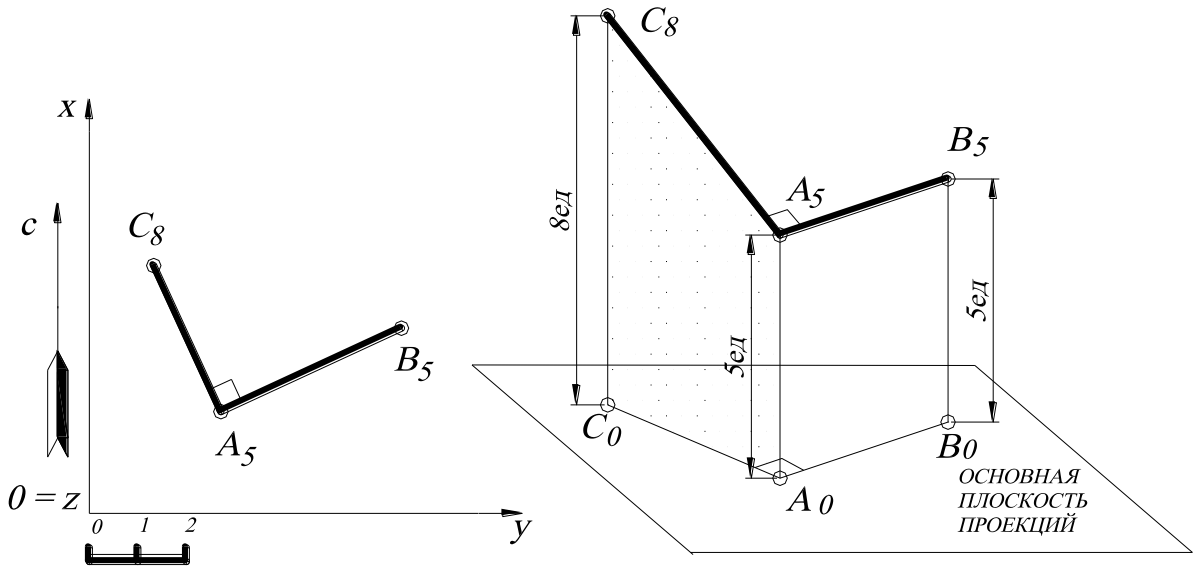
II. Точки ***I*** и ***II*** определяют линию пересечения плоскости-посредника θ и заданной ω. Точка пересечения найденной прямой линии ***I II*** с прямой A_1B_5 даёт искомую точку ***K***.

Для нахождения высотной отметки точки ***K*** используют градуирование прямой A_1B_5. Из точки B_5 проводят прямую под произвольным углом. На этой прямой откладывают разность высотных отметок ***A*** и ***B***, которая равна ***4 ед.*** (***1ед.=10 мм***). Затем через подобные треугольники находят числовую отметку искомой точки – $K_{3,5}$. Точка ***K*** является точкой, в которой заданная прямая изменяет свою видимость, то есть те числовые отметки проекции прямой A_1B_5, которые выше заданной проекции плоскости ω_i, там проекция прямой видима (и наоборот).

2.4.2. ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

Вначале рассмотрим ***теорему о частном проецировании прямого угла***, суть которой в следующем.

Если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а другая ей не перпендикулярна, то прямой угол проецируется на эту плоскость проекций в виде прямого угла (рис.143, *а*).



а *б*

Рис. 143.

Доказательство (рис. 143, *б*)**.** Отрезок прямой A_5B_5 перпендикулярен отрезку B_5B_0 по построению. Отрезок прямой A_5C_8 перпендикулярен A_5B_5 по заданию. Следовательно, отрезок прямой A_5B_5 будет перпендикулярен плоскости $C_8C_0A_0A_5$. Отрезок прямой A_0B_0 параллелен отрезку прямой A_5B_5. Таким образом, отрезок прямой A_0B_0 также перпендикулярен плоскости $C_8C_0A_0A_5$. Следовательно, отрезок прямой A_0B_0 перпендикулярен отрезку прямой A_0C_0.

Свойство перпендикулярности прямой и плоскости: если прямая перпендикулярна плоскости, то она перпендикулярна двум пересекающимся прямым, лежащим в этой плоскости. На чертеже проекция (заложение) этой прямой всегда перпендикулярна к горизонталям этой плоскости (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла) (рис. 144).

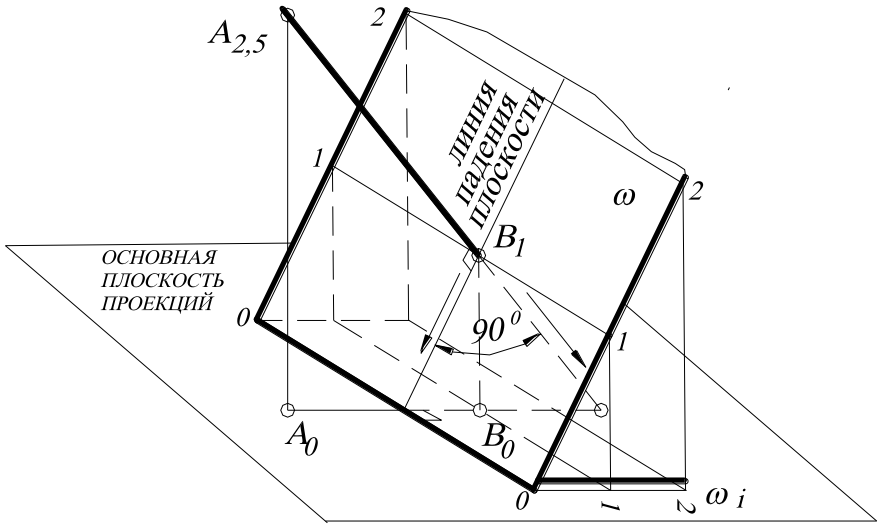


Рис. 144.

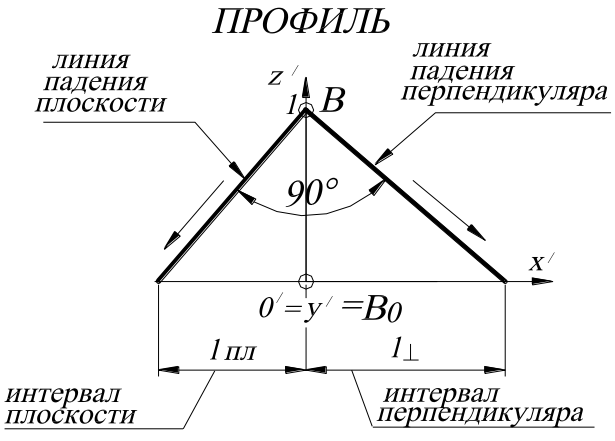


Рис. 145.

Интервал прямой l, перпендикулярной к плоскости, определяется с помощью прямого угла, построенного на профиле или через уклон i , так как это величина обратно пропорциональная уклону: $i = \frac{1}{l}$, $l = \frac{1}{i}$ (рис. 145).

ПРИМЕР. Дана точка A_3, принадлежащая плоскости ω. Построить прямую A_3B_7, перпендикулярную плоскости ω. Плоскость ω задана масштабом заложения ω_i (рис. 146).

На плане проекция (заложение) искомой прямой A_3B_7, перпендикулярной плоскости, всегда перпендикулярна горизонталям плоскости (на основании теоремы о проецировании прямого угла).

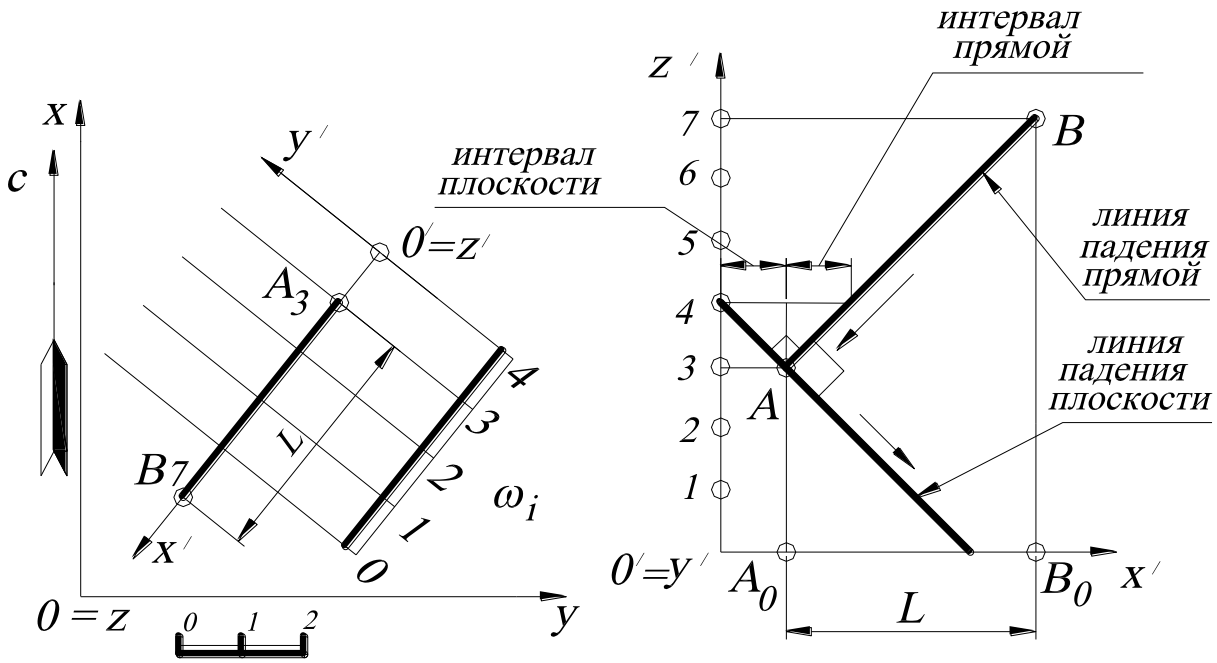


Рис. 146.

Направление падения искомого перпендикуляра и заданной плоскости ω_i противоположны, а интервал перпендикуляра определяется с помощью профиля, построением прямого угла к линии падения плоскости. Таким образом, определив на профиле интервал прямой и отложив его (на плане) на заложении прямой четыре раза в сторону восстания, получают точку B_7.

Можно решить по-другому, то есть построить точку B_7 на профиле и с помощью заложения L найти её на плане. Задача имеет два решения.

Если подобная задача (построение перпендикуляров) решается многократно, то следует прибегнуть к использованию шаблона (полетки), представляющего собой нарисованный прямой угол на прозрачном материале (калька, пластик). Располагая соответствующим образом этот шаблон, можно сразу найти

масштаб заложения прямой, зная масштаб заложения плоскости на профиле, который удобнее всего расположить на миллиметровой бумаге.

2.5. ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПЛОСКОСТЕЙ

Признак перпендикулярности плоскостей. Если плоскость проходит через перпендикуляр к другой плоскости, то эти плоскости взаимно перпендикулярны. Вообще говоря, таких перпендикуляров будет целый пучок параллельных прямых, то есть однопараметрическое множество прямых ∞^1 (рис. 147).

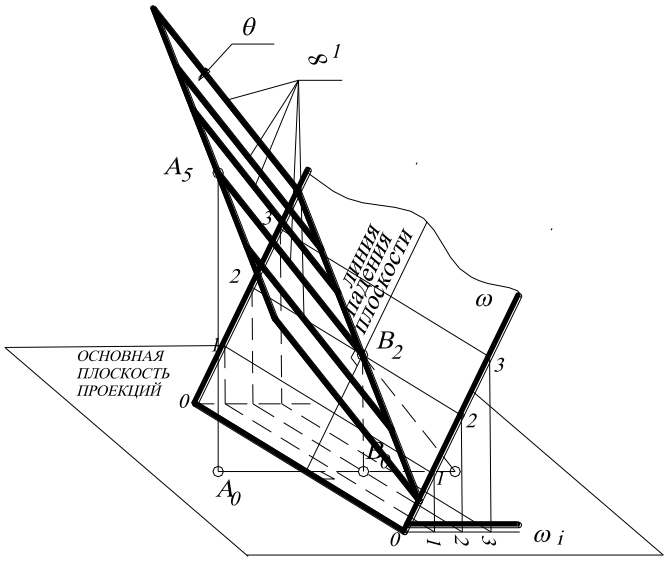


Рис. 147.

ПРИМЕР. Через заданный отрезок прямой $F_{10}D_{30}$ построить плоскость ω, перпендикулярную заданной плоскости $A_{10}B_{20}C_{30}$ (рис. 148).

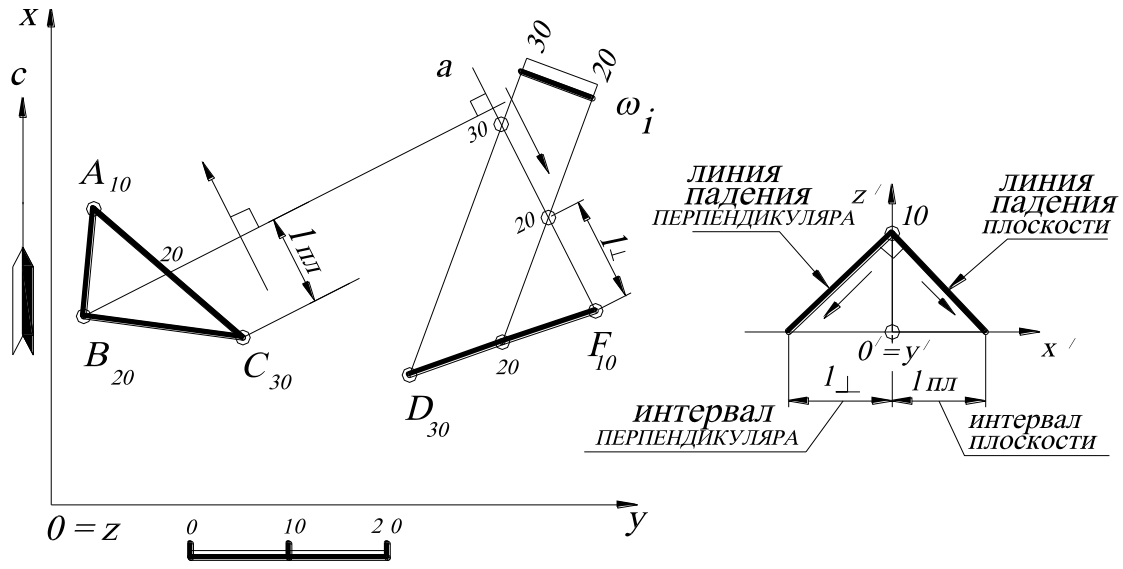


Рис. 148.

Плоскости перпендикулярны, если в одной из них содержится перпендикуляр к другой плоскости. Поэтому через произвольную точку проекции отрезка прямой $F_{10}D_{30}$ (например, через проекцию точки F_{10}) проводят произвольную прямую a, перпендикулярную плоскости треугольника $A_{10}B_{20}C_{30}$ (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Для этого в плоскости треугольника $A_{10}B_{20}C_{30}$ находят горизонталь. На профиле определяют интервал прямой a. Проградуировав на плане прямую a, зная, что падение перпендикуляра и плоскости противоположно, строят горизонтали искомой плоскости ω. Искомую плоскость на плане задают масштабом заложения ω_i.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить треугольник ***ABC*** и найти его азимут падения α, азимут простирания β, угол падения σ и интервал ***l***. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***, ***C(60, 80, 25)***.
2. Через точку ***C*** провести по плоскости ***ABC*** прямую, уклон которой вдвое меньше уклона плоскости. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***, ***C(60, 80, 25)***.
3. Построить плоскость P_i, с уклоном ***i=1:1,5***, проходящую через отрезок прямой ***AB***. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***.
4. Плоскость ***ABC*** имеет уклон ***i=1:3***. Определить масштаб чертежа. Точки заданы координатами: ***A(50, 10, 100)***, ***B(10, 50, 70)***, ***C(60, 80, 25)***.
5. Построить точку B_{10}, принадлежащую прямой ***AB***. Прямая ***AB*** перпендикулярна плоскости P_i. Точка ***A*** задана координатами ***A(30, 30, 70)***, плоскость P_i задана точкой ***C(50, 20, 50)***, азимутом падения $\alpha=150^0$, интервалом ***l=20***.
6. Определить расстояние от точки K_{10} до плоскости, заданной треугольником ***ABC***. Точки заданы координатами ***A(20, 40, 20)***, ***B(15, 90, 50)***, ***C(45, 60, 30)***, ***K(35, 100, 10)***.

7. Построить треугольник ***ABC***, принадлежащий плоскости P_i, если известно, что ***AB=BC=CA=40 мм***, сторона ***AB*** параллельна основной плоскости проекций. Плоскость P_i задана точкой ***A(25, 45, 40)***, азимутом падения $\alpha=150^0$ и интервалом ***l=10***.
8. Построить плоскость P_i, проходящую через точку ***K(20, 40, 55)*** и параллельную плоскости треугольника ***ABC***. Точки заданы следующими координатами: ***A(50, 40, 30)***, ***B(0, 80, 60)***, ***C(70, 80, 0)***.

3. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

Решение позиционных и метрических задач значительно упрощается, если геометрические многообразия находятся в частном положении относительно плоскости проекций. Поэтому для более простого решения задач часто прибегают к такому преобразованию чертежа, которое переводило бы интересующие нас прямые и плоские фигуры оригинала из общего положения относительно плоскости проекций в частное (в проецирующие прямые или прямые уровня; в проецирующие плоскости или плоскости уровня).

Под ***позиционными*** будем понимать задачи по определению общих элементов различных геометрических многообразий. К ним относятся задачи на взаимопринадлежность (определение точки на линии или поверхности, проведение плоскости через данные линии и т. п.) и задачи на пересечение геометрических многообразий (нахождение линии пересечения двух поверхностей, определение точки пересечения линии с поверхностью и т. п.).

Метрическими называются задачи, в которых необходимо определить значения геометрических величин – длин отрезков, размеры углов, расстояния между геометрическими многообразиями, а также площадь, объём и т. п.

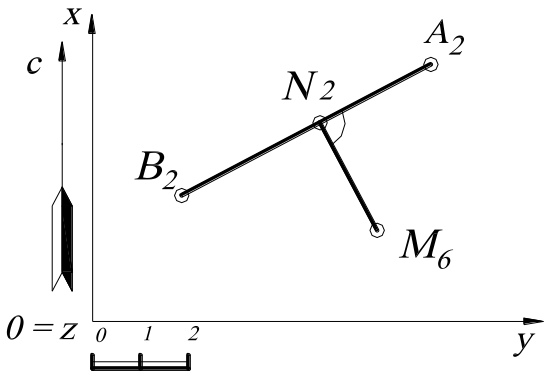
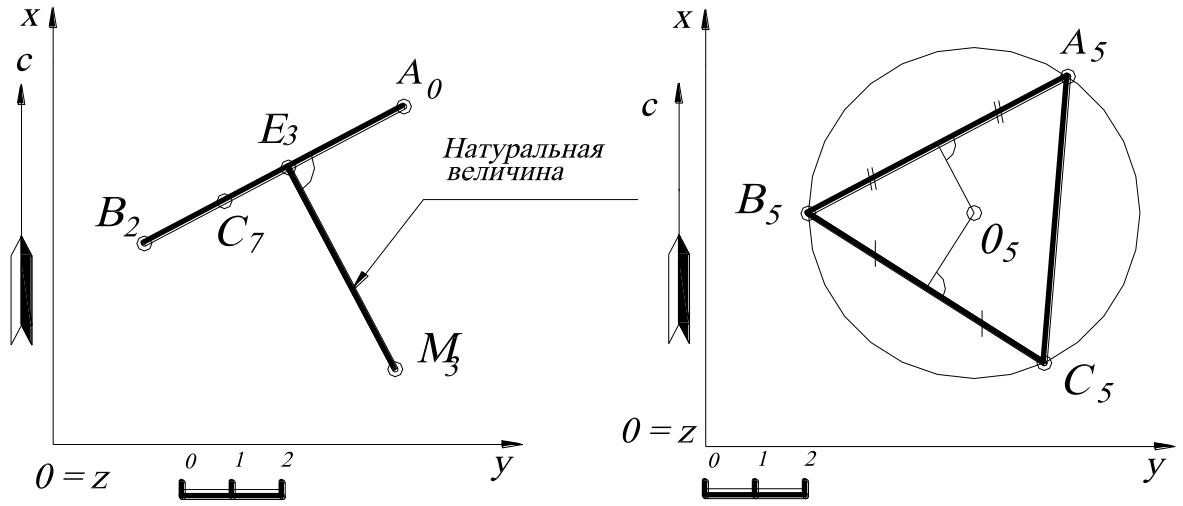


Рис. 149.

Например, для построения перпендикуляра из точки M_6 к горизонтальной прямой A_2B_2 (рис. 149) достаточно провести прямую на плане $M_6N_2 \perp A_2B_2$ (на основании теоремы о частном проецировании прямого угла). Непосредственно по данному чертежу определяется натуральная величина отрезка прямой AB, равная проекции отрезка прямой A_2B_2. Однако для нахождения натуральной величины отрезка прямой общего положения M_6N_2 необходимо выполнить дополнительные построения.

Аналогично решают задачи и в том случае, когда на чертеже даны плоскости частного положения (рис. 150, *а*, *б*).



а *б*

Рис. 150.

Несложно, например, построить перпендикуляр ME (M_3E_3) из точки M (M_3) к проецирующей плоскости, заданной треугольником ABC $(A_0B_2C_7)$, и найти его основание E (E_3). Для этого достаточно провести прямую из проекции точки M_3, перпендикулярную к проекции треугольника $A_0B_2C_7$. При этом одновременно находят натуральную величину расстояния от заданной точки M до плоскости треугольника ABC, равную проекции отрезка M_3E_3 (рис.150, *а*).

Натуральная величина плоских фигур определяется на чертеже тогда, когда плоскость фигуры параллельна плоскости проекций, то есть является плоскостью уровня. На рис. 150, *б* треугольник ***ABC***, лежащий в горизонтальной плоскости Δ_5, проецируется на плане без искажения, то есть проекция этого треугольника равна оригиналу. Поэтому любые построения можно выполнять непосредственно на проекции треугольника $A_5B_5C_5$. Если, например, надо найти центр описанной окружности около треугольника ***ABC***, то для этого достаточно построить окружность, описанную около проекции треугольника $A_5B_5C_5$.

Таким образом, рассмотренные примеры убеждают в преимуществах, которые могут быть получены при переходе от общего расположения оригиналов относительно плоскости проекций к их частному положению.

Изменения взаимного расположения объекта и плоскости проекций можно достичь двумя способами:

1) заменяя данную плоскость проекций новой плоскостью проекций так, чтобы неподвижный объект в пространстве оказался в каком-либо частном положении относительно новой системы отсчёта – ***способ замены плоскостей проекций***;

2) перемещая объект в пространстве так, чтобы он оказался в частном положении относительно неизменной плоскости проекций – ***способы вращения***.

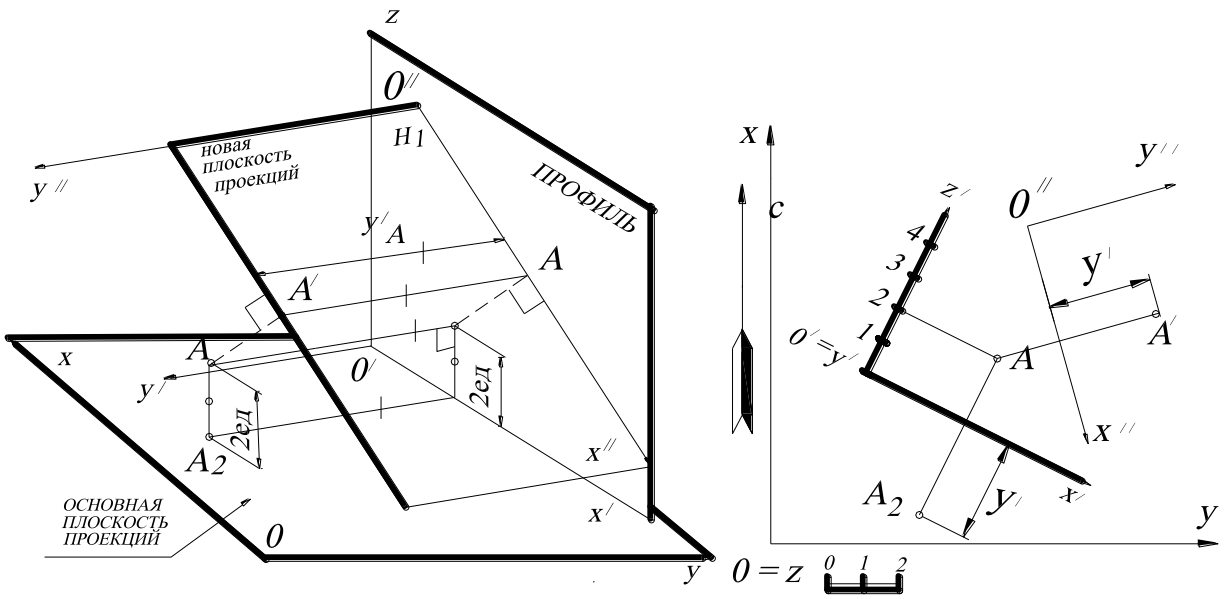
3.1. СПОСОБ ЗАМЕНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Особенностью способа замены плоскостей проекций является переход от данной системы координат ***0xyz***, в которой заданы проекции объекта («старая система»), к ***новой*** системе координат $0'x'y'z'$. При этом главным условием является то, что новая плоскость проекций и «старая» взаимно перпендикулярны

(так как используем ортогональное проецирование). Положение самого объекта в пространстве остаётся неизменным.

Пусть некоторая новая плоскость проекций $0'x'z'$ перпендикулярна заданной основной плоскости проекций $0xy$ (рис.151, *а*). Такую новую плоскость проекций называют профилем. Прямая пересечения x' плоскостей $0'x'z' \cap 0xy$ назовём новой осью проекций. Ортогональная проекция точки A_2 обозначается на профиле A. Повернув плоскость профиля вокруг оси x' на 90^0, получают две проекции точки A, которые находятся на одной линии проекционной связи (рис.151, *б*).

Аналогично можно плоскость профиля $0'x'z'$ заменить ещё другой новой плоскостью проекций $0''x''y''$ (см. рис.151, *а*). Проекция точки A' будет находиться на линии проекционной связи, на расстоянии y' от новой оси x'' (см. рис.151, *б*).



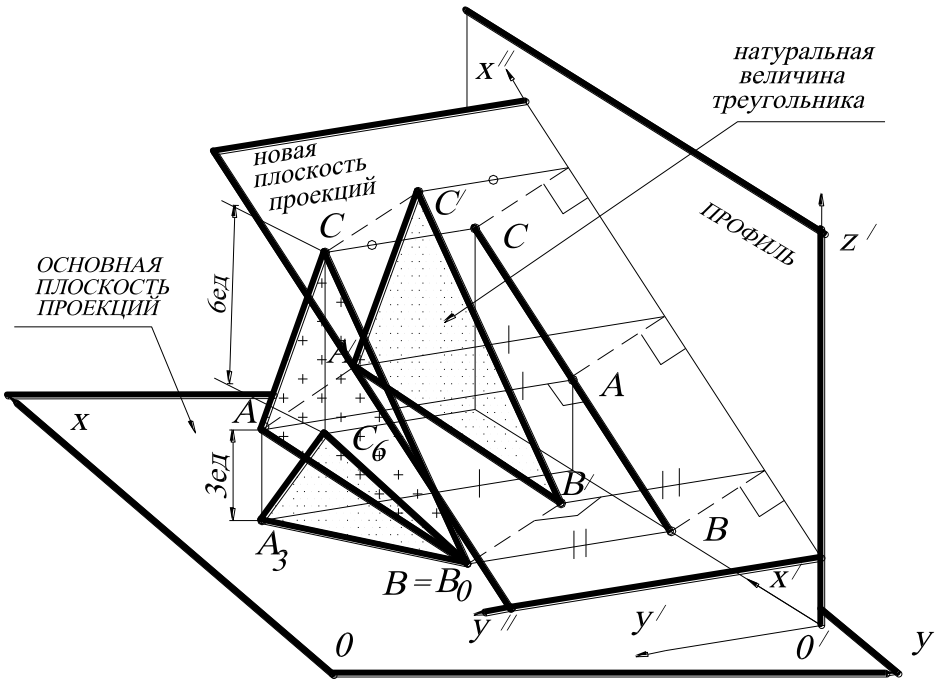
а *б*

Рис. 151.

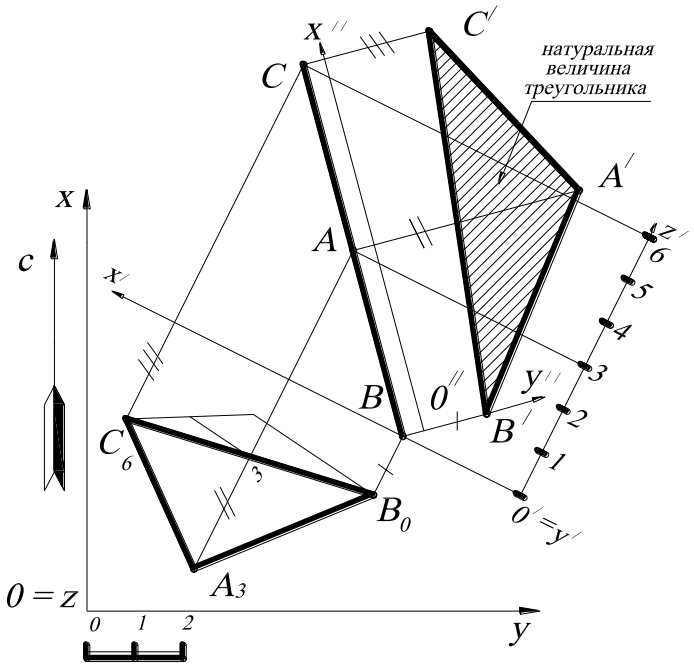
Итак, исходную плоскость проекций можно последовательно заменять новой плоскостью проекций. Причём новая плоскость проекций всегда перпендикулярна к предыдущей плоскости проекций. Дополнительные требования к выбору новой плоскости проекций связаны с конкретными условиями решаемой

задачи, с тем, чего мы хотим добиться в результате преобразования. Рассмотрим несколько задач, при решении которых используется способ замены плоскостей проекций.

Задача 1. Найти натуральную величину треугольника ***ABC*** (рис.152, *а*, *б*).



а



б

Рис. 152.

Треугольник ABC спроецируется на некоторую плоскость проекций в натуральную величину, если треугольник ABC будет параллелен этой плоскости проекций. Другими словами, если треугольник ABC будет находиться в плоскости уровня, по отношению к какой-либо плоскости проекций, то он спроецируется на неё в натуральную величину (см. рис. 150, *б*).

Заданный треугольник $A_3B_0C_6$ занимает общее положение. Плоскость общего положения нельзя сразу преобразовать в плоскость уровня, потому что новая плоскость проекций не будет перпендикулярна к основной плоскости проекций $0xy$ (см. рис.152, *а*). Это возможно лишь для проецирующей плоскости. Поэтому первую новую плоскость проекций (профиль) $0'x'z'$ располагают перпендикулярно к заданному треугольнику $A_3B_0C_6$, то есть перпендикулярно к проекции горизонтали. Только в этом случае плоскость треугольника $A_3B_0C_6$ на профиле будет проецирующей. Следовательно, в плоскости треугольника $A_3B_0C_6$ строят горизонталь. На рис. 152, *б* построим горизонталь h_3, используя градуирование отрезка прямой B_0C_6. Вторую новую плоскость проекций $0''x''y''$ располагают параллельно полученной на профиле проекции треугольника ABC (а следовательно, перпендикулярно к плоскости профиля $0'x'z'$). Тогда треугольник ABC спроецируется на новую плоскость проекций $0''x''y''$ без искажения. Для выполнения этой замены на чертеже проводят (в произвольном месте) ось x'' параллельно профилю треугольника ABC. Затем строят линии проекционной связи из каждой точки профиля треугольника ABC (перпендикулярно к этой оси x'') и откладывают на них оси x'' координаты y'_A, y'_B, y'_C (аналогично, как показано на рис. 151, *б*).

Таким образом, используя проецирование на дополнительные плоскости проекций, можно преобразовать: плоскость общего положения – в проецирующую; проецирующую – в плоскость уровня и двумя последовательными преобразованиями, плоскость общего положения – в плоскость уровня.

Задача 2. Найти натуральную величину двугранного угла между плоскостями ***ABC*** и ***ADC*** (рис. 153).

Двугранный угол измеряется линейным углом, который получается при пересечении его граней плоскостью, перпендикулярной его ребру ***AC***.

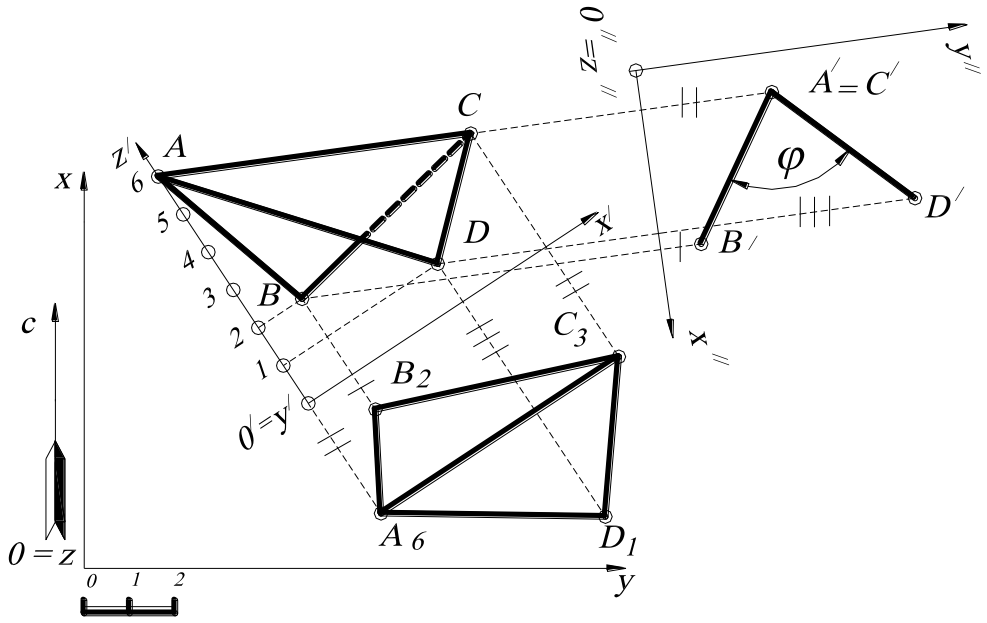


Рис. 153.

Поэтому в данной задаче необходимо новую плоскость проекций выбрать так, чтобы отрезок прямой A_6C_3 на этой плоскости проекций стал проецирующим. Отрезок прямой A_6C_3 задаёт прямую общего положения, а прямую общего положения нельзя сразу преобразовать в проецирующую, так как новая плоскость проекций, перпендикулярная к прямой общего положения, не будет перпендикулярна к заданной основной плоскости проекций ***0xy***. Следовательно, сначала вводят новую плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль), перпендикулярную ***0xy*** и параллельную A_6C_3 – на чертеже ось x' параллельна A_6C_3, а затем плоскость профиля $0'x'z'$ заменяют на новую плоскость проекций $0''x''y''$. Прямая A_6C_3 по отношению к плоскости профиля $0'x'z'$ стала прямой уровня, а по отношению к $0''x''y''$ - проецирующей. Построения на новые плоскости проекций треугольников $A_6B_2C_3$ и $A_6C_3D_1$ выполняются по аналогии построениям предыдущей задачи. Угол φ - это искомый угол между плоскостями $A_6B_2C_3$ и $A_6C_3D_1$.

Задача 3. Найти расстояние и угол между скрещивающимися прямыми ***AB*** и ***CD*** (рис. 154).

Угол между скрещивающимися прямыми равен углу между параллельными им пересекающимися прямыми. Поэтому проводят через точку D_4 прямую, параллельную A_6B_2 – на чертеже появляется её проекция D_4E_0. Искомый угол φ равен углу $\angle C_0D_4E_0$. Найти натуральную величину этого угла – это то же самое, что найти величину $\Delta C_0D_4E_0$. Это сделано точно так же, как в задаче 1. Строится плоскость профиля, перпендикулярная горизонтали треугольника $C_0D_4E_0$ (то есть $h_0 = C_0E_0$), а затем задаётся новая плоскость проекций $0''x''y''$, параллельная профилю треугольника ***CDE***.

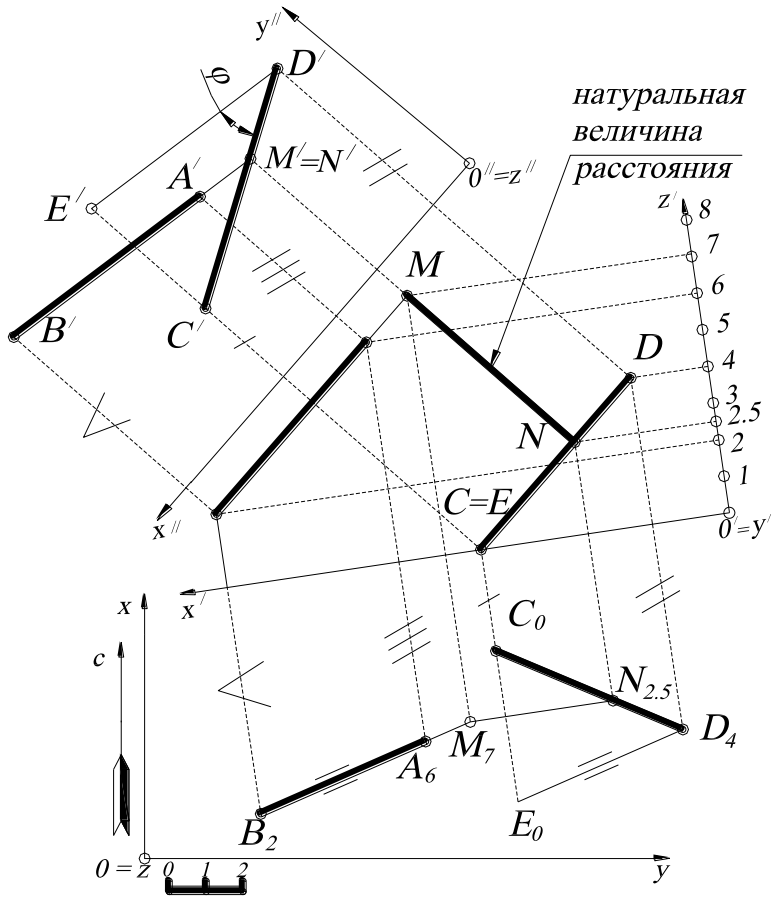


Рис. 154.

Кроме того, общая точка $M'=N'$ проекций $A'B'$ и $C'D'$ - это проекция на $0''x''y''$ общего перпендикуляра ***MN*** прямых ***AB*** и ***CD***, которым измеряется расстояние между ними. Поскольку $MN \perp 0''x''y''$, то $MN \parallel 0'x'z'$. Следовательно, ***MN*** проецируется на плоскость проекций $0'x'z'$ (профиль) в натуральную величину.

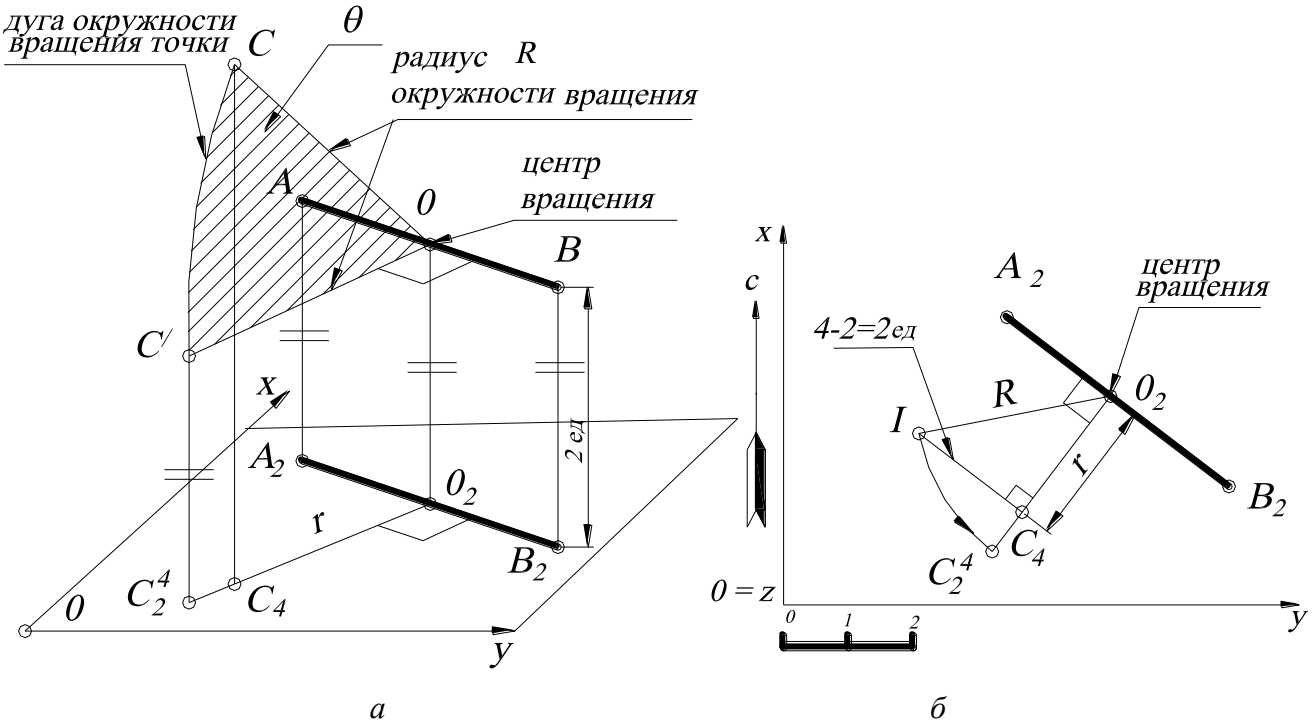
3.2. СПОСОБЫ ВРАЩЕНИЯ

В отличие от способа замены плоскостей проекций, где заданная фигура оставалась неподвижной, а плоскости проекций изменялись, преобразование чертежа можно добиться обратным путём, а именно: оставив плоскость проекций неподвижной, переместить фигуру в пространстве до желаемого положения. Такое перемещение фигуры в пространстве выполняется с помощью вращения.

Вращением фигуры вокруг оси называется такое движение, при котором каждая точка фигуры перемещается по окружности, плоскость которой перпендикулярна к оси вращения, центр расположен в точке пересечения оси вращения с плоскостью вращения, а радиус равен расстоянию от точки до оси вращения. В проекциях с числовыми отметками в основном используется способ вращения вокруг линии уровня.

Вращение вокруг линии уровня

Рассмотрим сначала сущность способа на примере вращения точки C_4 вокруг горизонтали $h_2 = A_2B_2$ (рис. 155).



а *б*

Рис. 155.

Пусть нужно построить проекцию точки C_4 после вращения вокруг горизонтальной прямой A_2B_2 на числовую отметку $z=2$ (новую проекцию точки после вращения будем обозначать C_2^4).

При вращении вокруг линии уровня точка C перемещается по окружности, плоскость которой θ перпендикулярна к линии $h_2 = A_2B_2$ (см. рис.155, *а*). Окружность с центром 0 и радиусом $R=|0C|$ проецируется на плоскость проекций $0xy$ в виде отрезка прямой $0_2C_2^4$. После поворота точки C, до совмещения с числовой отметкой $z=2$, точка C переместиться в точку C', которая спроецируется в точку C_2^4.

На чертеже эта задача решается следующим образом (см. рис. 155, *б*). Через точку C_4 проводят прямую, перпендикулярную к горизонтали $h_2 = A_2B_2$, и находят центр вращения 0_2. Отрезок прямой $C_40_2 = r$ – это проекция радиуса вращения точки C. Методом прямоугольного треугольника определяют натуральную величину радиуса вращения точки $R = 0_2I$. После этого обратным перемещением точки I находят новое положение точки C_2^4. Таким образом, точка C_4 перейдёт в положение C_2^4, а проекция отрезка прямой $0_2\ C_2^4$ будет параллельна основной плоскости проекций $0xy$.

Задача 1. Определить натуральную величину треугольника $A_6B_2C_{10}$ вращением вокруг горизонтали (рис. 156).

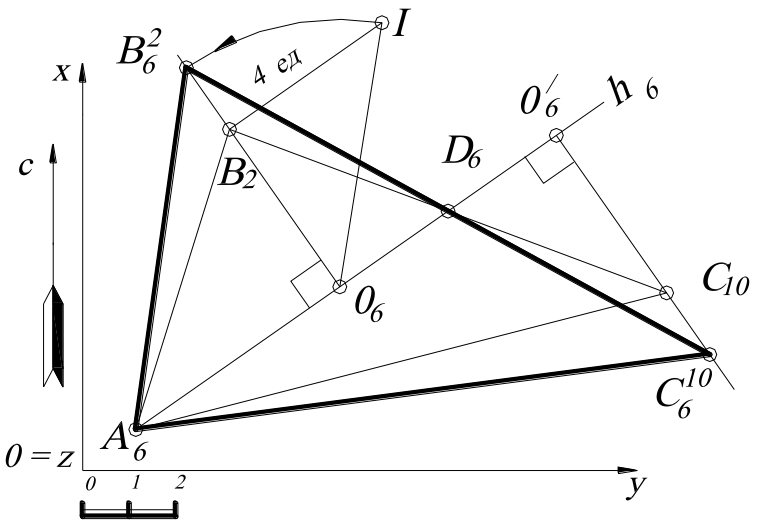


Рис. 156.

Через точку A_6 проводят горизонталь плоскости $A_6B_2C_{10}$. Для этого находят на прямой B_2C_{10} точку, имеющую отметку $z=6$ (выполняется с помощью градуирования, на чертеже не показано). При вращении вокруг горизонтали h_6 точка B_2 и точка C_{10} перемещаются в пространстве по окружностям, плоскости которых перпендикулярны оси вращения A_6D_6. Проекция радиуса вращения для точки B – B_2O_6, а для C – $C_{10}O'_6$. Находят натуральную величину радиуса вращения точки B_2 методом прямоугольного треугольника, а затем полученный отрезок совмещают с проекцией радиуса – точка B_6^2. Точку C_6^{10} можно определять аналогичным способом. Однако точка D_6 при вращении является неподвижной (так как принадлежит горизонтали h_6). Следовательно, прямая, соединяющая точки B_6^2 и D_6, в пересечении с прямой O'_6C_{10} определит точку C_6^{10}. Таким образом, треугольник $A_6\ B_6^2\ C_6^{10}$ будет являться натуральной величиной, так как параллелен основной плоскости проекций.

Второй вариант решения задачи – вращение треугольника $A_6B_2C_{10}$ с построением профиля, как показано на рис. 157. При этом плоскость профиля $0'x'z'$ задаётся перпендикулярно к горизонтали h_6. Тогда по отношению к плоскости профиля горизонталь h_6 будет являться проецирующей, а все точки треугольника будут перемещаться по окружностям, плоскости которых будут параллельны плоскости профиля (будут проецироваться на профиль в натуральную величину).

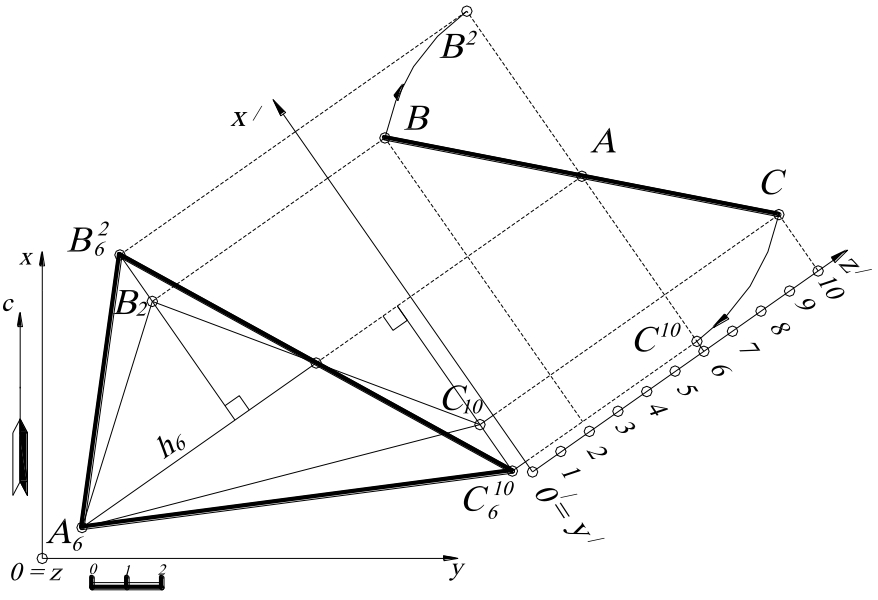


Рис. 157.

Задача 2. Найти угол наклона прямой A_7B_2 к плоскости общего положения P_i (рис. 158).

Угол наклона прямой к плоскости – это угол между заданной прямой и её проекцией на заданную плоскость. ***Алгоритм*: 1.** Находят точку пересечения заданного отрезка прямой AB и плоскости P_i – точка C. **2.** Из другого конца отрезка прямой AB (точки A) строят перпендикуляр m к заданной плоскости P_i и находят точку пересечения перпендикуляра m и заданной плоскости P_i – точка D. **3.** Прямая CD является проекцией отрезка заданной прямой AB на плоскость P_i. Поэтому угол θ - угол между прямыми AC и CD – искомый.

Решение задачи упрощается при построении профиля. Точка C определяется на плане из условия принадлежности к отрезку прямой AB, а точка D строится вначале на профиле, а затем по проекционной связи на плане (см. перпендикулярность прямой и плоскости). Построив проекцию угла θ, определяют натуральную величину этого угла вращением вокруг любой горизонтали, например, h_3.

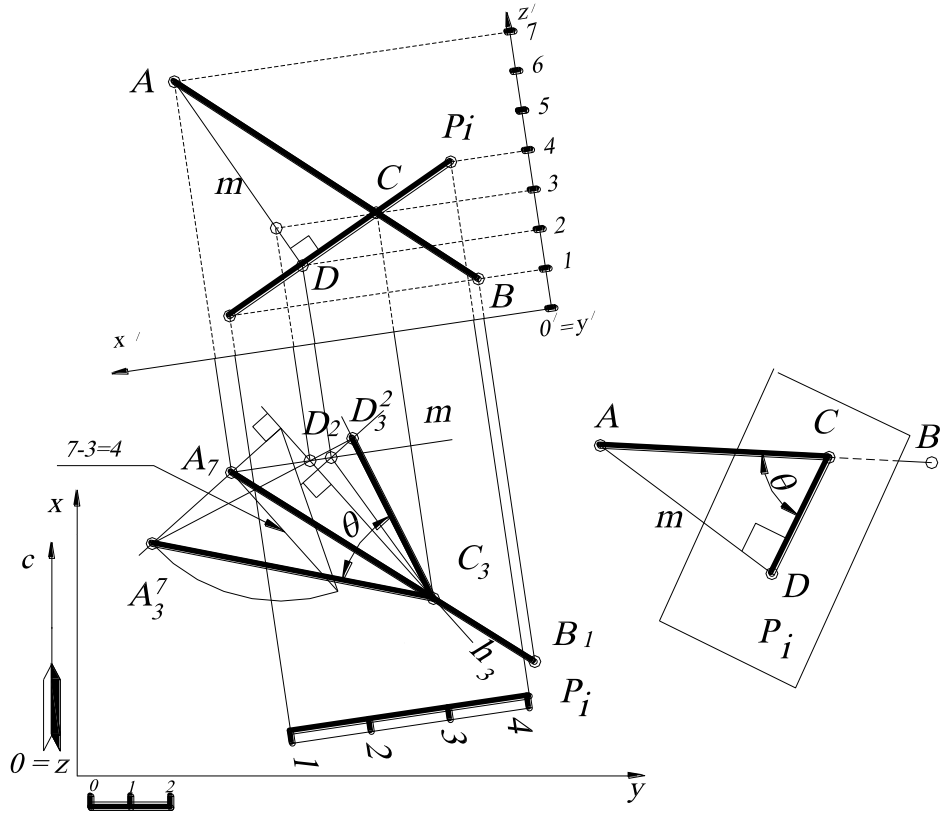
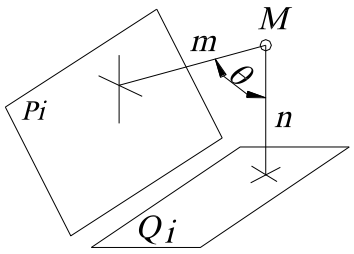


Рис. 158.

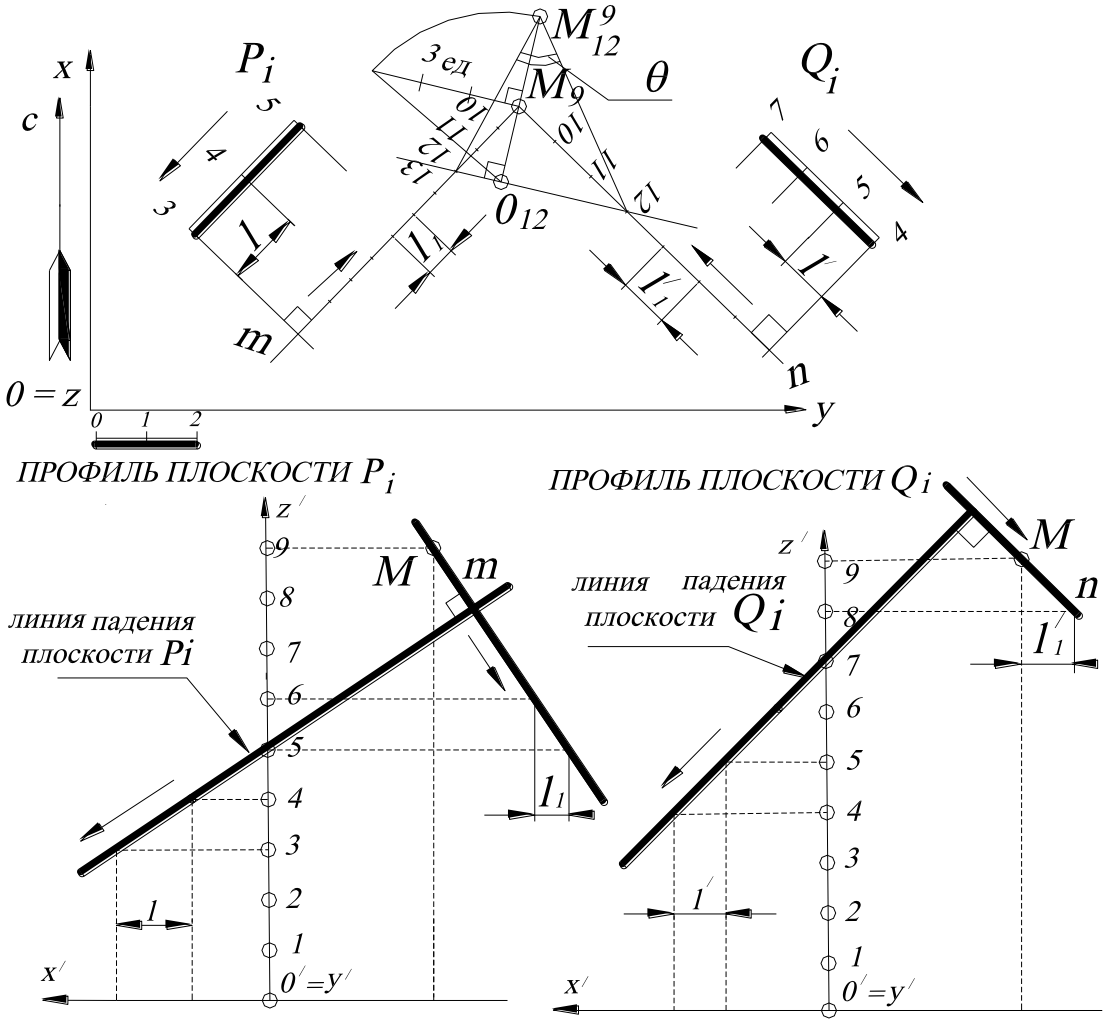
Задача 3. Найти двугранный угол между плоскостями P_i и Q_i.

Эту задачу решим двумя способами.

Решение 1: (рис.159, *а*, *б*). Для первого решения этой задачи используют следующий ***алгоритм*** (см. рис.159, *а*) Выбирают произвольную точку ***M***, из которой строят прямые ***m*** и ***n***, перпендикулярные плоскостям P_i и Q_i соответственно. Прямые ***m*** и ***n*** задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями.



а



б

Рис. 159.

На плане (см. рис. 159, *б*) плоскости P_i и Q_i заданы масштабами заложения. В соответствии с алгоритмом выбирают произвольную точку, например M_9, из которой строят проекции перпендикуляров ***m*** и ***n*** к заданным плоскостям соответственно. Проекции этих перпендикуляров на плане проецируются прямыми, перпендикулярными к проекциям горизонталей заданных плоскостей P_i и Q_i. Причём направление падения плоскости и направление падения перпендикуляра – противоположны. Для определения интервалов ***m*** и ***n*** строят профили перпендикуляров к линиям падения заданных плоскостей (см. рис. 159, *б*), то есть к линии падения плоскости проводят перпендикулярную прямую. Это можно сделать из любой точки, так как интервал перпендикуляра от этого не меняется. Затем на плане градуируют проекции ***m*** и ***n***, в соответствии с направлением падения. Проекции прямых ***m*** и ***n*** задают плоскость, перпендикулярную к двум заданным плоскостям P_i и Q_i. Угол при вершине M_9 определяет проекцию двугранного угла между заданными плоскостями P_i и Q_i. Далее находят натуральную величину угла θ вращением вокруг произвольной горизонтали, например ***12***-й. Угол θ определяет двугранный угол между заданными плоскостями P_i и Q_i.

Решение 2*:** (рис. 160, *а*, *б*). Для решения задачи используют следующий ***алгоритм (см. рис.160, *а*):

1. Находят линию пересечения ***a*** заданных плоскостей P_i и Q_i.

2. Строят плоскость F_i перпендикулярную к линии пересечения плоскостей ***a***.

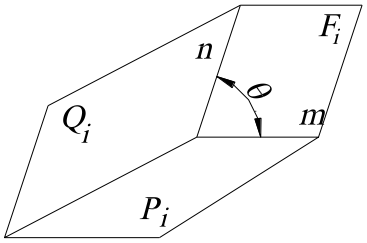
3. Находят линии пересечения ***m*** и ***n*** заданных плоскостей P_i и Q_i. с плоскостью F_i.

4. Угол θ между прямыми ***n*** и ***m*** является двугранным углом между заданными плоскостями P_i и Q_i.

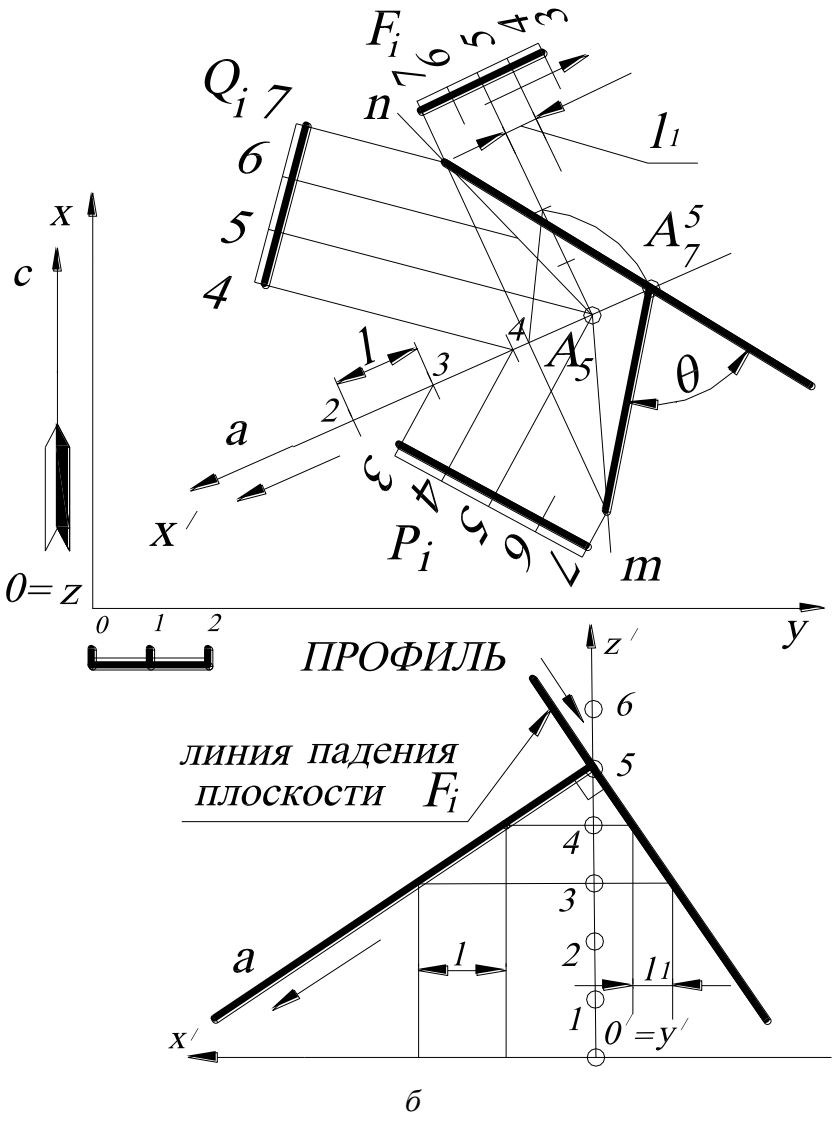
Построение на чертеже выполняется следующим образом (см. рис.160, *б*).

1. Плоскости P_i и Q_i заданы масштабами заложения. Проекция линии пересечения заданных плоскостей ***a*** задаётся парой точек – точек пересечения двух

пар горизонталей плоскостей P_i и Q_i с одинаковыми высотными отметками (h_4–h_4 и h_5-h_5). Для удобства построения точка пересечения горизонталей с **5**-й высотной отметкой обозначена A_5.



а



б

Рис. 160.

2. Через проекцию точки A_5 строят плоскость F_i, перпендикулярную прямой ***a***. Следовательно, горизонтали этой плоскости будут перпендикулярны к

заложению (проекции) прямой ***a***, а масштаб заложения будет определяться построением профиля прямой ***a*** и перпендикулярной плоскости F_i, заданной на профиле линией падения. Интервал l_1 определяет горизонтали плоскости F_i с отметками ***4***-й и ***3***-й.

3. Находят линии пересечения заданных плоскостей P_i и Q_i и построенной плоскости F_i – ***m*** и ***n*** соответственно. Пересечение горизонталей с одинаковыми высотными отметками задаёт прямые ***m*** и ***n***.

4. Вращением точки A_5 вокруг любой горизонтали плоскости (например, *7*-й), находят натуральную величину двугранного угла θ. Двугранный угол между плоскостями считается острым. Поэтому на рис. 160, *б* угол θ показан смежным с построенным тупым углом.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Показать на примере нахождение натуральной величины треугольника методом замены плоскостей проекций; методом вращения.
2. Построить точку ***S***, равноудалённую от заданных точек ***A***, ***B*** и ***C*** и удалённую от плоскости треугольника ***ABC*** на расстояние 25 мм. Координаты точек задать самостоятельно.
3. Построить точку ***S***, равноудалённую от заданных точек ***A***, ***B*** и ***C*** на расстояние 50 мм.
4. Дано: точка O_3, точка $A_?$ и расстояние ***R***. Найти числовую отметку точки ***A***, если известно, что расстояние между точками ***A*** и ***O*** равно ***R***.
5. Дано: точки ***A***, ***B***, ***C*** и ***D***. Построить проекцию точки ***O***, равноудалённую от четырёх данных точек.
6. Дано: три параллельные прямые ***AB***, ***CD*** и ***EF***. Построить прямую, равноудалённую от заданных прямых.

4. КРИВЫЕ ЛИНИИ

4.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин «***кривая***» в различных разделах математики определяют по-разному. В начертательной геометрии кривую рассматривают как траекторию движения точки, как линию пересечения двух поверхностей и т. п.

Кривые классифицируются по их уравнениям и подразделяются на ***алгебраические*** и ***трансцендентные****, в зависимости от того, являются ли их уравнения алгебраическими или трансцендентными в прямоугольной системе координат.

Если кривая не описывается аналитически, то она называется незакономерной, например, задание топографической поверхности множеством плоских незакономерных кривых.

Алгебраические кривые подразделяются в зависимости от порядка кривой. Порядок кривой определяется степенью ее алгебраического уравнения, освобожденного от корней и радикалов.

Кривая называется ***плоской***, если все ее точки принадлежат некоторой плоскости, в противном случае она называется ***пространственной***.

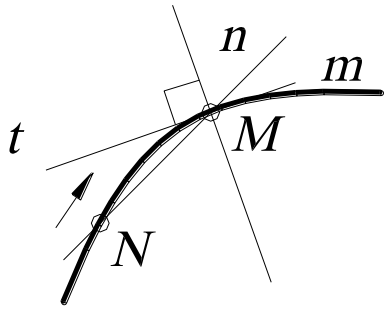


Рис. 161.

Для исследования локальных свойств плоской кривой строят в выбранной точке ***касательную*** и ***нормаль*** (рис. 161).

Касательной прямой ***t*** в точке ***M*** кривой ***m*** называется крайнее положение секущей ***MN***, когда точка ***N*** линии ***m*** стремится к точке ***M***.

* Алгебраическими называются кривые, которые описываются алгебраическими уравнениями (окружность, парабола, гипербола и т.д.)
Трансцендентными называются кривые, которые описываются тангенциальными уравнениями (синусоида, циклоида и т. д.)

Нормалью n к плоской кривой в точке ***M*** называется прямая, перпендикулярная касательной ***t*** в этой точке.

Для пространственной кривой в каждой точке имеется бесчисленное множество (∞^1) нормалей, образующих нормальную плоскость.

Точка кривой называется ***обыкновенной (регулярной)***, если в этой точке можно построить единственную касательную к кривой. Кривая в этой точке ***гладкая***.

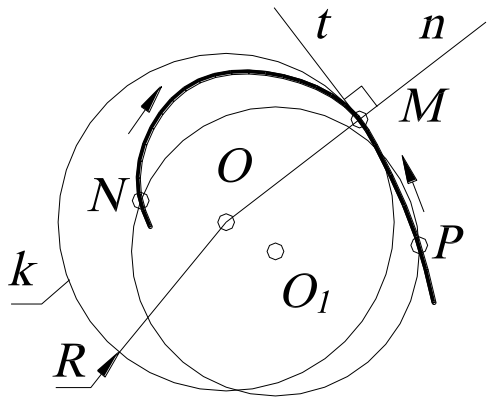


Рис. 162.

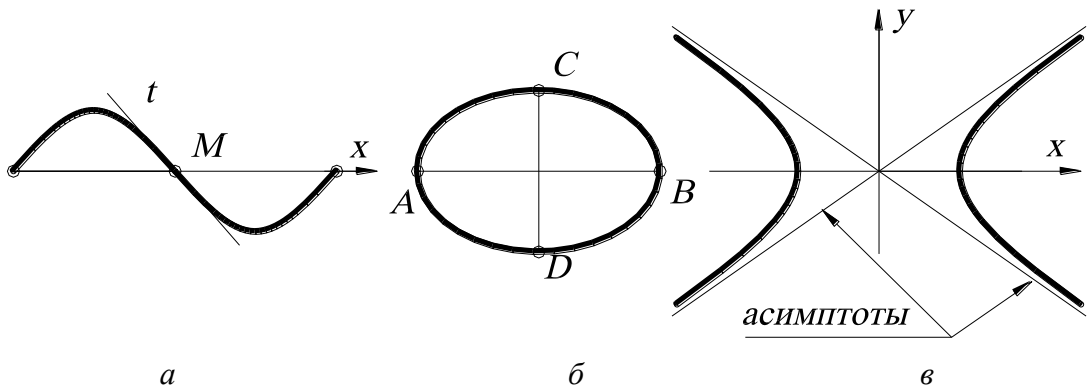
К локальным свойствам кривой также относится понятие ***кривизны***. Предельное положение окружности ***к***, проходящей через точку ***M*** и две другие ее близкие точки ***N*** и ***P***, когда $N \to M$, $P \to M$, называется ***кругом кривизны*** (или ***соприкасающаяся окружность***) кривой в точке ***M*** (рис. 162).

Центр ***O*** круга кривизны называется ***центром кривизны*** для точки ***M*** и находится на нормали к кривой в направлении ее вогнутости. ***Радиус круга кривизны R*** называется радиусом кривизны. Величина ***K = 1/R***, обратная радиусу кривизны, называется ***кривизной кривой*** в данной точке.

Если в обыкновенной точке ***M*** кривой ***m*** кривизна имеет экстремальное значение, в частности, равна нулю, то точка ***M*** называется ***специальной***. К специальным точкам относятся ***точки перегиба*** (рис. 163, *а*)***, вершины кривой*** (рис. 163, *б*)***, несобственные точки*** (рис. 163, *в*).

В точке перегиба ветви кривой расположены по разные стороны от касательной ***t***, кривизна равна нулю, так как радиус кривизны становится бесконечно большим, например, кривизна *синусоиды* в точке ***M*** (см. рис. 163, *а*) равна нулю. В точке перегиба кривизна меняет знак. С одной стороны точки кривая ***выпуклая***, с другой – ***вогнутая***.

В окрестности неособой точки кривизна меняется плавно, в точке особой – скачком. Точки, в которых кривизна наибольшая или наименьшая, называются ***вершинами*** кривой. Вершины синусоиды (см. рис.163, *а*) – это её высшие и низшие точки.



а *б* *в*

Рис. 163.

В вершинах кривой кривизна имеет ***максимум*** или ***минимум***. Например, в точках ***A*** и ***B*** эллипса кривизна имеет максимальное значение, а в точках ***C*** и ***D*** – минимальное (см. рис.163, *б*). ***Несобственные точки кривой*** – это бесконечно удаленные точки пересечения кривой с несобственной прямой плоскости. Такие точки на чертеже имеют собственного представителя – ***асимптоты***. Другими словами, касательная к кривой в её бесконечно удалённой точке называется ***асимптотой***. Например, гипербола имеет две несобственные точки – две асимптоты (см. рис.163, *в*).

Две кривые ***касаются***, если в их общей точке у них общая касательная.

Точки кривой называются ***особыми***, если в них не определено положение касательной. К ним относятся ***узловые*** (рис.164, *а*)***, изолированные*** (рис. 164, *б*)***, точки возврата*** первого и второго рода (рис.164, *в*, *г*), ***точки самоприкосновения*** (рис. 164, *д*)***, точки излома*** (рис. 164, *е*)***, точки прекращения***(рис. 164, *ж*)***, асимптотические*** (рис. 164, *з*).

Изолированная точка – действительная точка пересечения мнимых ветвей. Она может быть расположена вне действительной ветви кривой, однако ее координаты будут удовлетворять уравнению кривой.

Особые точки типа точки излома, точки прекращения, асимптотические точки могут существовать только у трансцендентных кривых.

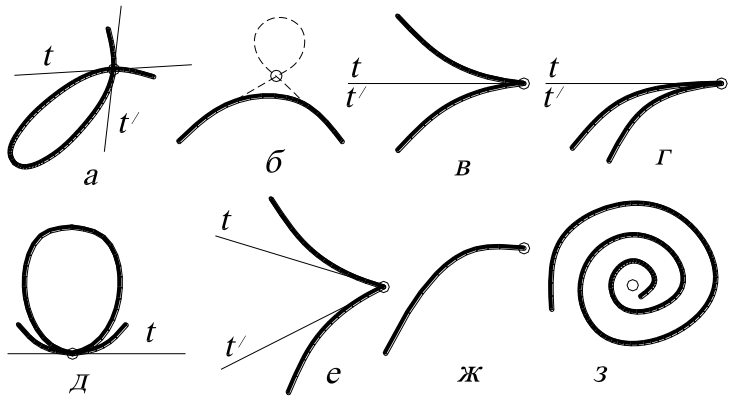


Рис. 164.

Асимптотическая точка (не путать с несобственной, бесконечно удаленной точкой) – это точка, вокруг которой кривая «закручивается» бесконечное число раз, подходя к ней на сколь угодно малое расстояние.

Уравнение ***f(x, y, C)=0***, где ***C*** – переменный параметр, определяет *однопараметрическое семейство кривых*. Кривая, касающаяся каждой кривой семейства, называется ***огибающей*** этого семейства. Каждая кривая является огибающей семейства своих касательных и семейства своих соприкасающихся окружностей.

На рис.165 показано семейство окружностей радиуса ***r***, центры которых лежат на окружности радиуса ***R***. Огибающая этого семейства – пара окружностей, если ***R>r*** (рис.165, *а*), ***R<r*** (рис.165, *в*), и одна окружность, если ***R=r*** (рис.165, *б*).

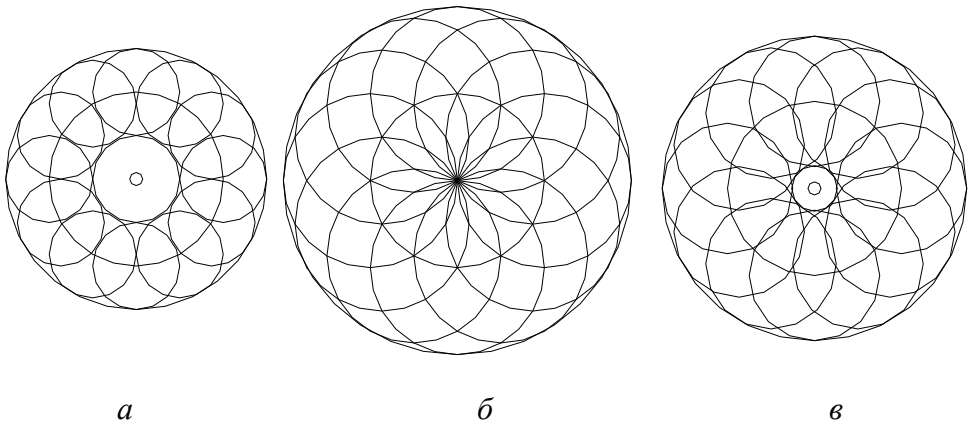


Рис.165

4.2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ КРИВЫХ

Плоские алгебраические кривые имеют три основные характеристики: ***порядок, класс, жанр.***

Порядок алгебраической кривой определяется степенью ее уравнения, записанного в декартовых координатах, после освобождения его от дробей и радикалов.

Алгебраическая кривая ***n***-го порядка определяется простыми $\frac{n\cdot(n+3)}{2}$ точками или соответствующим количеством кратных точек.

Кратная точка ***p*** эквивалентна следующему числу простых точек, вычисляемому формулой $\frac{p\cdot(p+1)}{2}$. Например, ***p =2***, двухкратная точка эквивалентна заданию трех простых точек, так как $\frac{2\cdot(2+1)}{2}=3$; ***p=3***, трехкратная точка эквивалентна заданию шести простых точек, так как $\frac{3\cdot(3+1)}{2}=6$ и т. д.

Графически порядок кривой определяется максимальным количеством точек пересечения кривой линии с прямой. При этом надо иметь в виду, что в число точек пересечения входят как действительные, так и мнимые точки. Например, задана кривая третьего порядка ***m***, которую прямая ***a*** пересекает в трех действительных различных точках, прямая ***b*** – в двойной и простой точках, прямая ***c*** – в двух совпавших (здесь касается) и одной отличной от них точках, а прямая ***d*** – в одной действительной и двух мнимых точках (рис. 166).

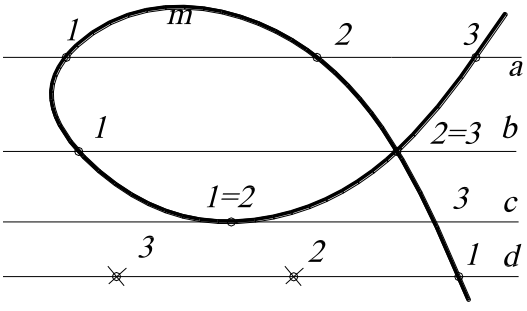


Рис. 166.

Класс алгебраической кривой определяется степенью ее уравнения, записанного в тангенциальных координатах, что можно определить графиче-

ски числом касательных, действительных или мнимых прямых, которые можно провести к этой кривой из произвольной точки, не лежащей на ней.

Кривые второго порядка являются также кривыми второго класса. Для кривых высших порядков в общем случае класс не равен порядку. Например, кривые третьего порядка могут быть кривыми третьего, четвертого, шестого классов.

Порядок кривых n, класс k, число двойных (узловых и изолированных) точек d, число точек возврата r, число двойных касательных t, число точек перегиба w связаны между собой формулами Плюккера:

$$k = n\cdot(n - 1) - 2d - 3r\ ; \qquad w = 3n\cdot(n - 2) - 6d - 8r;$$

$$n = k\cdot(k - 1) - 2t - 3w\ ; \qquad r = 3k\cdot(k - 2) - 6t - 8w\ .$$

Из этих формул следует, что кривая n-го порядка, не имеющая особых точек, будет кривой класса $k = n\cdot(n-1)$, а число точек перегиба такой кривой определяется равенством $w = 3n\cdot(n-2)$, причем в числе точек перегиба могут быть и мнимые.

При отсутствии особых точек алгебраическая кривая имеет максимально возможное число точек перегиба. Известно, что кривая n-го порядка может иметь не более $\frac{(n-1)\cdot(n-2)}{2}$ двойных точек.

Жанр (***род***) кривой определяется числом p, являющимся разностью между наибольшим числом двойных точек, которые может иметь кривая этого порядка, и их фактическим числом у данной кривой.

$$p = \frac{(n-1)(n-2)}{2-d-r} \qquad \text{или} \qquad p = \frac{(k-1)(k-2)}{2-t-w}.$$

Если рассматриваемая кривая имеет наибольшее число двойных точек, возможных для кривой ее порядка, то она будет кривой нулевого жанра.

Кривая нулевого жанра обладает весьма важным свойством, а именно: координаты точки, описывающей эту кривую, могут быть выражены рациональными функциями некоторого параметра.

В силу этого свойства кривые нулевого жанра называются рациональными (уникурсальными) кривыми.

Более сложными по свойствам являются кривые первого, второго и т. д. жанров. Например, в случае кривых первого жанра правые части их параметрических уравнений могут быть выражены эллиптическими функциями параметра, в силу чего такие функции называют эллиптическими.

Для рациональных кривых количество точек перегиба минимально, а количество особых точек максимально.

4.3. ПРИБЛИЖЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ КАСАТЕЛЬНЫХ И НОРМАЛЕЙ К ПЛОСКИМ КРИВЫМ

Касательные и нормали к плоским кривым можно строить графически или с помощью специальных приборов. Рассмотрим способы построения касательных и нормалей к плоским кривым, основанные на построении так называемых кривых ошибок.

Построение касательной, проходящей через точку, лежащую вне данной кривой (рис. 167).

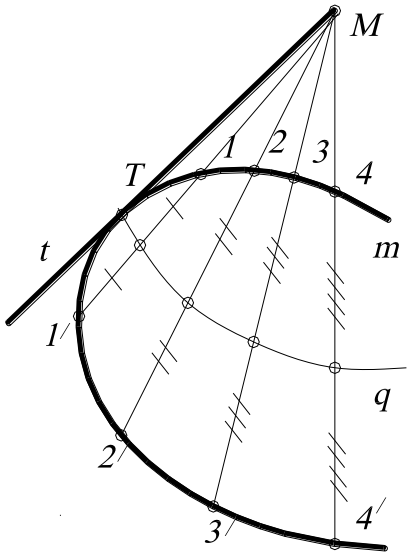


Рис. 167.

Через данную точку ***M*** проводят ряд секущих прямых. Точки их пересечения с кривой ***m*** обозначим соответственно ***1***, ***1′***, ***2***, ***2′***, ***3***, ***3′***, ***4***, ***4′***. Находим середину каждой из полученных хорд и построим кривую ***q***, являющуюся их геометрическим местом. Точка ***T*** пересечения данной и построенной кривых будет точкой касания, а прямая ***TM*** – искомой касательной. Линию ***q*** называют ***кривой ошибок***.

Построение касательной, параллельной заданному направлению S

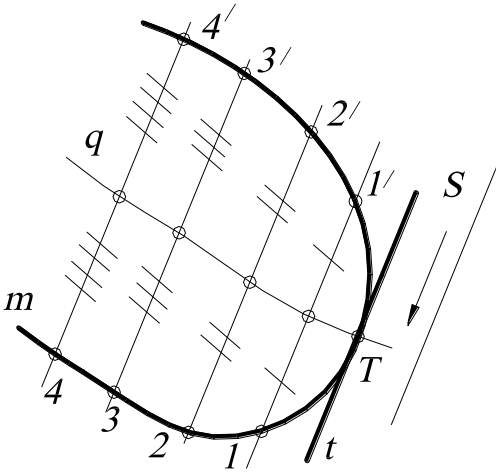


Рис. 168.

Проводят ряд прямых, параллельных прямой ***S*** и пересекающих данную кривую ***m*** соответственно в точках ***1***, ***1′***, ***2***, ***2′***, ***3***, ***3′***, ***4***, ***4′*** (рис. 168). Находят середины хорд ***11′***, ***22′***, ***33′***, ***44′*** и строят кривую ошибок ***q*** – геометрическое место середины хорд. Точка пересечения построенной и данной кривых будет точкой касания. Касательная ***t*** проходит через точку ***T*** параллельно данному направлению ***S***.

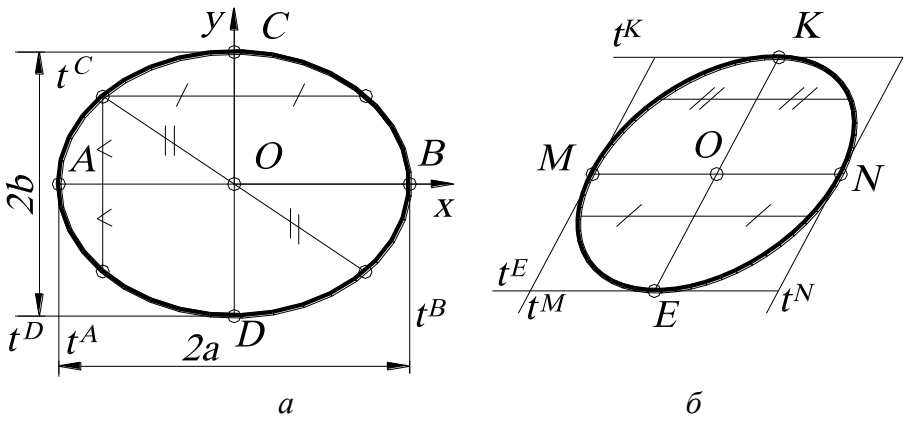
4.4 КРИВЫЕ ВТОРОГО ПОРЯДКА (КОНИКИ)

Уравнениям второй степени соответствуют кривые второго порядка: эллипс, гипербола и парабола. Окружность является частным случаем эллипса. Все эти линии можно встретить на конической поверхности вращения, поэтому их нередко называют кониками (построение конических сечений см. в п. 6.5 «Конические сечения»).

Параметрическое число ***p*** кривых второго порядка равно $p = \frac{m(m+3)}{2} = \frac{2(2+3)}{2} = 5$ (где ***m*** – порядок кривой, см. «размерность кривых»), то есть, чтобы задать кривую второго порядка однозначно, нужно задать пять параметров, например, пять точек; три точки и две касательные и т. п.

ЭЛЛИПС описывается уравнением $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$.

Если $a=b=R^2$, то $x^2+y^2=R^2$ – уравнение окружности.



а *б*

Рис. 169.

Эллипс – это замкнутая кривая, симметричная относительно осей ***AB***, ***CD*** и центра ***O*** (рис.169, *а*). Через центр эллипса проходят его диаметры. Диаметр эллипса ***AB*** есть его ***большая ось***, а ***CD*** – ***малая ось***. ***|AB|=2a***, ***|CD|=2b***; ***AB⊥CD***. Диаметры ***AB*** и ***CD*** называют главными осями эллипса, а их концы – точки ***A***, ***B***, ***C***, ***D*** – его вершинами.

Всегда можно подобрать такую пару диаметров эллипса, что хорды, параллельные одному из диаметров, делятся другим пополам. Такие диаметры называют ***сопряжёнными***. На рис.169, *б* построена пара сопряжённых диаметров – ***MN***, ***KE***.

Касательные к эллипсу, построенные в концах его сопряженных диаметров (прямые ***t***), параллельны соответствующим диаметрам.

Графически можно построить любую точку эллипса, если заданы концы его сопряженных диаметров: ***A***, ***B*** и ***C***, ***D*** (рис. 170). В этом случае эллипс построен равномерным сжатием окружности в направлении ***OC⊥AO***, то есть из центра эллипса ***O*** строят прямую ***OM*** до пересечения с большей окружностью. Затем находят точку ***M*** как пересечение прямых, параллельных сопряженным диаметрам ***AB*** и ***CD***.

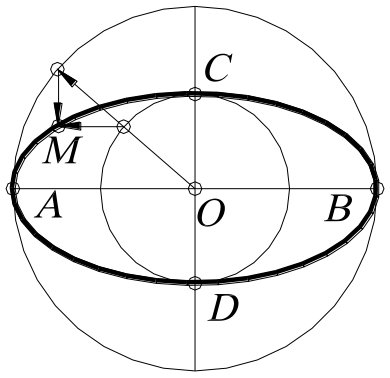


Рис. 170.

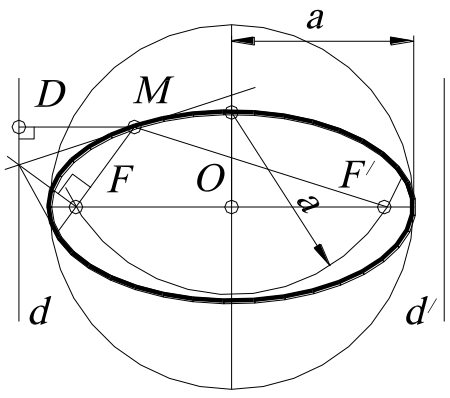


Рис. 171.

Фокусы и директрисы эллипса

1. *Эллипс есть множество таких точек* M, *для которых сумма расстояний* MF *и* MF' *до двух фиксированных точек* F *и* F' *постоянна.*

2. Эллипс есть множество таких точек M, *для которых отношение расстояния* MF *до фиксированной точки* F *к расстоянию* MD *до фиксированной прямой* d *равно постоянной величине* $\varepsilon < 1$.

Точки F и F' называются ***фокусами*** эллипса (рис.171). Прямые d и d' называются ***директрисами*** эллипса (фокусу F соответствует директриса d). Отношение $MF:MD=\varepsilon$ называется ***эксцентриситетом*** эллипса. Фокусы лежат на большой оси эллипса, а директрисы ей перпендикулярны. Расстояние между фокусами обозначают $2c$, при этом $c^2=a^2-b^2$ и $\varepsilon=c:a$, где a и b – большая и малая полуоси эллипса. Постоянная сумма $MF+MF'$ равна $2a$. Поэтому если даны оси эллипса, то фокусы находят в пересечении большой оси с окружностью радиуса a с центром в конце малой оси. Построение точки D (см. рис.171), через которую проходит директриса d, выполняется следующим образом. В точке F восстанавливается перпендикуляр, который в пересечении с касательной, проведённой через точку M, определяет точку D. Директрисы эллипса симметричны относительно малой оси эллипса.

Множество точек M, для которых отношение MF до фиксированной точки F (фокуса) к расстоянию MD до фиксированной прямой d (директрисы) есть постоянная величина ε, называется ***гиперболой***, если $\varepsilon > 1$, и параболой, если $\varepsilon = 1$.

ГИПЕРБОЛА описывается уравнением $\dfrac{x^2}{a^2} - \dfrac{y^2}{b^2} = 1$.

Гипербола – геометрическое место точек M, разность расстояний $r - r' = |MF| - |MF'|$ которых до двух заданных точек F и F' есть величина постоянная, равная $2a$. Точки F, F' – ***фокусы*** гиперболы, расстояние от F до F' – фокусное расстояние, а точки A и A' - вершины гиперболы. Отрезки $AA' = 2a$ и $BB' = 2b$ – действительная и мнимая оси гиперболы (рис. 172). Гипербола – это незамкну-

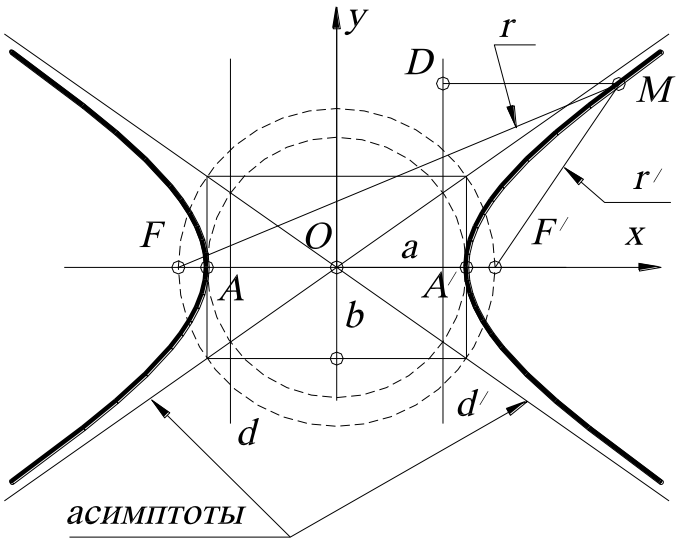


Рис. 172.

тая центральная кривая, начало координат – ***центр*** гиперболы ***O***. Она имеет две бесконечные ветви, которые неограниченно приближаются в бесконечно удаленных точках к двум прямым, называемым ***асимптотами***. Директрисы ***d*** и ***d′*** параллельны мнимой оси гиперболы.

Рассмотрим построение гиперболы по заданным вершинам ***A*** и ***A′*** и фокусному расстоянию ***FF′*** (рис. 173).

Разделив фокусное расстояние ***FF′*** пополам, получают точку ***O***, от которой в обе стороны откладывают по половине заданного расстояния между вершинами ***A*** и ***B***. Слева от фокуса ***F*** задают ряд произвольных точек ***1***, ***2***, ***3***… (напоминаем, что коника однозначно определяется заданием пяти точек). Из фокуса ***F*** описывают дугу вспомогательной окружности радиусом ***r***, равным, например, расстоянию от вершины гиперболы ***A′*** до точки ***3***. Из фокуса ***F′*** проводят вторую дугу вспомогательной окружности радиусом ***r′***, равным расстоянию от вершины ***A*** до точки ***3***. На пересечении этих дуг находят точку ***M*** и точку ей симметричную относительно прямой ***AA′***, принадлежащие гиперболе. Таким же способом находят остальные точки гиперболы. Вторая ветвь гиперболы строится симметрично первой.

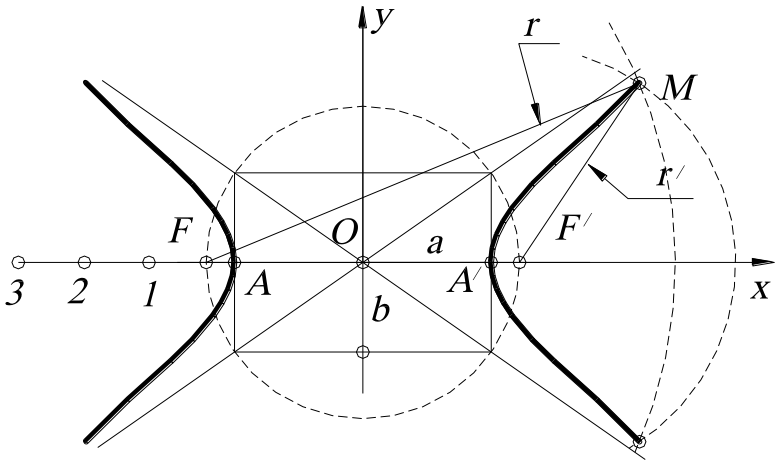


Рис. 173.

ПАРАБОЛА определяется уравнением

$$y^2 = 2px.$$

Парабола (рис. 174) – геометрическое место точек ***M***, равноудаленных от данной точки ***F***, называемой ***фокусом***, и прямой ***d***, называемой ***директрисой***.

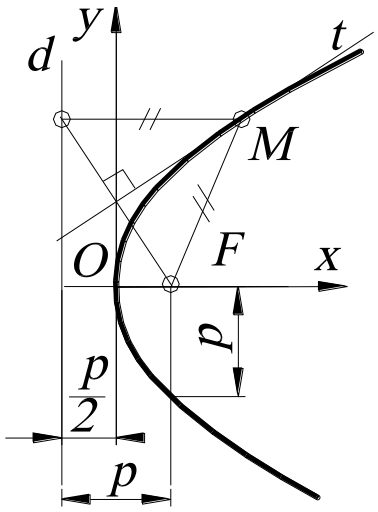
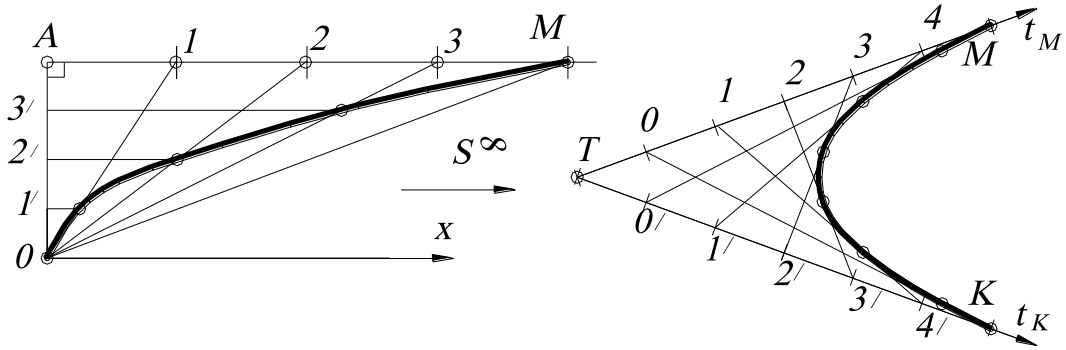


Рис. 174.

Расстояние от фокуса до директрисы $FK = p$ называется ***параметром*** параболы, прямая ***FK*** – ***осью***, а середина ***FK*** – ***вершиной*** параболы.

Если требуется построить параболу по заданной вершине ***O***, оси симметрии ***x*** и точке ***M*** (рис.175, *а*), то строится вспомогательный прямоугольный треугольник ***OMA***. Его стороны ***OA*** и ***AM*** делят на одинаковое число равных частей и проводят прямые ***01***, ***02***, ***03***, … и прямые, параллельные оси симметрии ***x***: $S^\infty 1'$, $S^\infty 2'$,…***MA*** ($S^\infty \subset x$), в пересечении которых получаем точки искомой параболы.



а *б*

Рис.175

На рис.175, *б* дан пример построения параболы по двум её точкам ***M*** и ***K*** и двум пересекающимся в точке ***T*** касательным t^M и t^K. Отрезки ***MT*** и ***KT*** ($T = t^M \cap t^K$) делят на одинаковое число равных частей и соединяют, как показано на рис. 175, *б*. Эти прямые служат касательными к параболе. В образованный контур вписывают плавную кривую – искомую параболу, которая огибает построенные прямые.

4.5. ТРАНСЦЕНДЕНТНЫЕ КРИВЫЕ

Трансцендентными* называются кривые, уравнения которых, будучи записаны в прямоугольной системе координат, не являются алгебраическими.

Разлагая в ряд правую часть уравнения такой, например, трансцендентной кривой, как ***y=sin x*** (синусоида, см. рис.163, *а*), получают уравнение, содержащее алгебраические функции, однако число членов в нём будет неограниченным, а степень бесконечно большой. Это дает основание рассматривать трансцендентные кривые как алгебраические линии бесконечно высокого порядка. Соответственно этому можно полагать, что характерные точки алгебраических кривых (точки перегиба, особые точки и т. п.) у трансцендентных кривых могут встречаться в *бесконечном количестве*. И это на самом деле так: трансцендентная кривая может пересекать прямую в бесконечном числе точек, у нее может быть бесконечное число вершин даже на сколь угодно малом интервале (например, у кривой $y = \sin\frac{1}{x}$ вблизи начала координат), бесконечное количество точек перегиба, асимптот и т. д.



Рис. 176.

Но помимо этой особенности у трансцендентных кривых могут быть характерные точки особой природы, которые не существуют у алгебраических кривых. К ним относятся *точки прекращения*, обладающие той особенностью, что окружность достаточно малого радиуса, проведённая из такой точки как из центра, пересекает кривую только в одной точке (например, кривая $y=x^x$, называемая ***степенно-показательной кривой***, рис. 176). Сюда же относятся также

* Трансцендентный от лат. transcendens – выходящий за пределы.

угловые точки, в которых прекращаются две ветви кривой, причём каждая из них имеет в этой точке свою касательную.

Трансцендентная кривая может иметь также *асимптотическую точку*, к которой неограниченно приближается ветвь кривой, делая вокруг этой точки бесконечное количество оборотов, например, у спирали золотого сечения точка ***O*** является асимптотической (рис. 177). Построение спирали выполнено следующим образом. Построен прямоугольник золотого сечения. Это означает, что $\frac{BC}{CD}=\frac{BD}{BC}$, где сторона ***BC=AB***. Для построения стороны ***BD*** строят квадрат ***ABCH***, делят сторону ***BC*** пополам и получают точку ***M***. Проводят дугу окружности радиусом ***MH*** до совмещения с продолженной стороной ***BC*** и получают точку ***D***. Затем квадрат ***ABCH*** достраивают до прямоугольника ***ABDF***. Прямоугольник ***ABDF*** называется *прямоугольником золотого сечения*. По построению прямоугольник золотого сечения ***ABDF*** делится на квадрат***ABCH*** и меньший прямоугольник золотого сечения ***CDFH***. От малого прямоугольника ***CDFH*** можно отрезать другой квадрат, оставляя ещё меньший прямоугольник, и продолжать этот процесс до бесконечности. Что касается построения кривых отрезков спирали, то они получены четвертями окружностей из центров ***H***, ***J***,…. Таким образом, мы получаем бесконечную последовательность точек: …., ***I***, ***G***, ***E***, ***C***, ***A***,… . Полученные точки лежат на равноугольной (логарифмической) спирали, уравнение которой имеет вид: $\rho = a^{\varphi}$. Другими словами, логарифмическую спираль можно приблизить спиралью, образованной четвертями

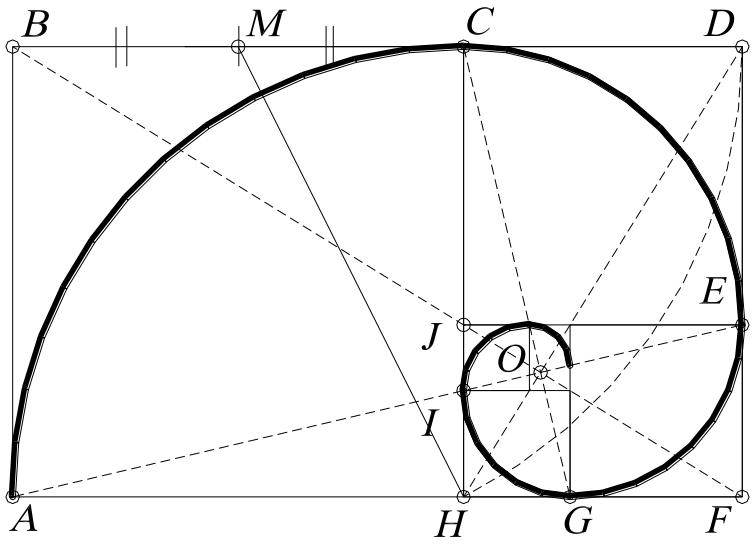


Рис. 177.

окружностей, вписанными в последовательные квадраты, изображенные на рис.177. Однако логарифмическая спираль пересекает стороны квадратов под очень малыми углами, а не касается их.*

Помимо указанных характерных точек трансцендентные кривые могут иметь бесконечное множество *изолированных точек*, образующих *пунктирную ветвь*. Особым свойством трансцендентных кривых является и то, что для некоторых из них длина дуги, отсчитываемая от какой-либо точки кривой до её асимптотической точки, является величиной конечной, у других же эта длина неограниченно велика.

Сложность природы трансцендентных кривых затрудняет их изучение. До сих пор нет удовлетворительной классификации трансцендентных кривых. Попытки определить основы теории этих кривых были малосостоятельны и сводились главным образом к тому, чтобы создать общую теорию, охватывающую своими предложениями одновременно и алгебраические, и трансцендентные кривые.

4.6. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КРИВЫЕ. ТРЕХГРАННИК ФРЕНЕ

Исследование любой кривой включает в себя исследование кривой в целом и исследование в окрестности ее точки. Для исследования свойств кривой в целом необходимо установить общие свойства кривой и ее проекции. Естественно, они связаны со свойствами проецирования и справедливы для проекций плоских кривых.

1. Несобственная точка кривой проецируется в несобственную точку ее проекции. Это свойство – следствие свойства параллельного проецирования, которое представляет собой однозначное отображение, ставящее в соответствие несобственные точки пространства несобственным точкам плоскости.

* Кокстер Г. С. М. Введение в геометрию. М.: Наука, 1966. – 242 с.

2. Касательная к кривой проецируется в касательную к ее проекции, если направление проецирования не параллельно касательной (в противном проецируется в точку).

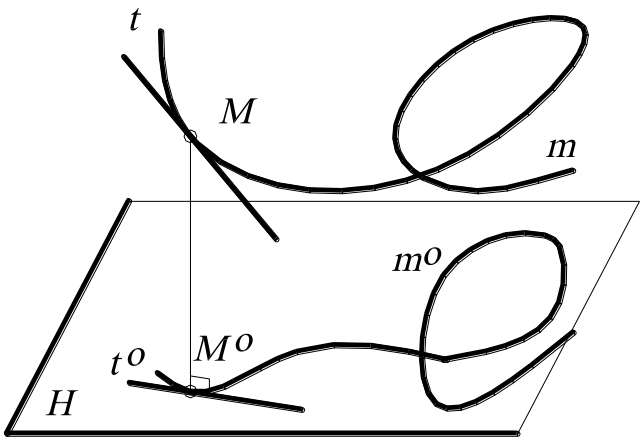


Рис. 178.

Как известно, касательная – это прямая, секущая (пересекающая) кривую в двух совпавших точках (рис.178).

При параллельном проецировании точкам кривой однозначно соответствуют точки ее проекции. Следовательно, двум совпавшим точкам пересечения касательной к кривой соответствуют две совпавшие точки проекции касательной и проекции кривой. Это свойство дает обоснование способа построения касательной ***t*** к кривой ***m*** в ее точке ***M***.

Порядок алгебраической (в общем случае) кривой равен порядку проекции кривой.

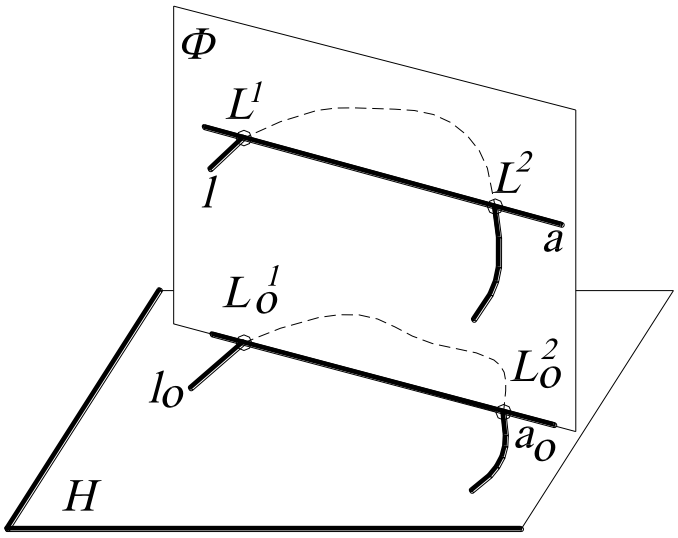


Рис. 179.

Проводят некоторую проецирующую плоскость ***Ф***, которая пересекает данную кривую ***l*** ***n***-го порядка в ***n*** точках L^i, где ***i=1,2,…,n*** (рис.179). Согласно однозначности проецирования, проекция прямой $a_0 = \Phi \cap H$ пересекает проекцию l_0 кривой ***l*** также в ***n*** точках, то есть L_0^i, где ***i=1,2,…n***.

В частных случаях проекция может распадаться и иметь меньший, чем у кривой, порядок. Например,

кривая второго порядка, лежащая в проецируемой плоскости, проецируется в «двойную» прямую, то есть каждая проецирующая прямая пересекает оригинал (кривую второго порядка) дважды.

В общем случае, если каждая проецирующая плоскость пересекает оригинал в ***k*** точках, то порядок проекции в ***k*** раз меньше, чем порядок у оригинала. Если центр проецирования находится на кривой в ее обыкновенной точке, то порядок проекции меньше на единицу, если в ***k***-кратной точке, то порядок меньше на ***k***.

Исследования свойств пространственной кривой в окрестности ее точки. Трехгранник Френе. Исследования так называемых дифференциальных (локальных) свойств производятся путем построения проекций кривой на грани сопровождающего трехгранника, называемого трехгранником Френе*.

Покажем построение сопровождающего трехгранника кривой, не останавливаясь на методике такого исследования, так как это предмет дифференциальной геометрии. Он состоит из трех ребер – ***касательной, нормали*** и ***бинормали*** – и из трех граней – ***соприкасающейся, нормальной*** и ***спрямляющейся плоскости*** (рис. 180). Все плоскости, проходящие через касательную ***t*** к кривой ***m*** в точке ***M***, называются касательными. Таких плоскостей можно провести пучок (∞^1). Среди них одна называется ***соприкасающейся плоскостью Θ***, являющейся предельным положением некоторой плоскости ***Θ*** (***M***, M^1, M^2) при стремлении точек M^1, M^2 вдоль кривой к точке ***M***.

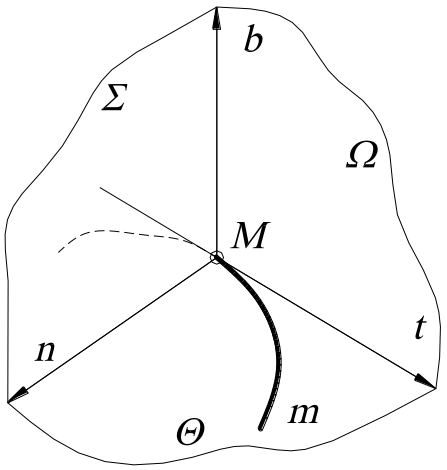


Рис. 180.

Из дифференциальной геометрии известно, что соприкасающаяся плоскость ***Θ*** наилучшим образом приближается в

* Трехгранник Френе – по имени французского ученого Френе (Frenet), предложившего его впервые в 1847 г.

окрестности точки ***M*** к кривой ***m***. Поэтому эту кривую ***m*** в окрестностях точки ***M*** рассматривают как плоскую.

Плоскость $\Sigma(M \in \Sigma)$, перпендикулярная касательной ***t***, называется ***нормальной***. Плоскость $\Omega \in t$, перпендикулярная плоскости Θ, называется ***спрямляющей***.

4.7. ВИНТОВЫЕ ЛИНИИ

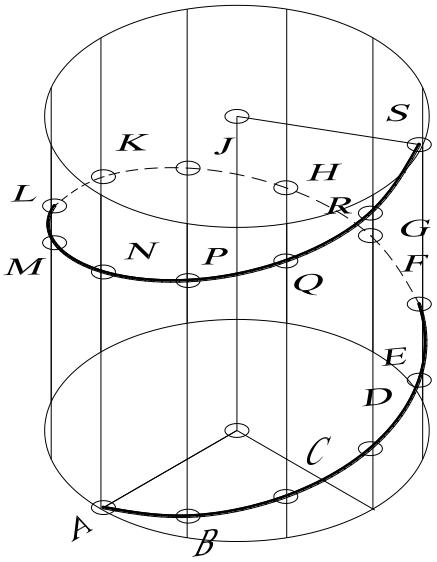


Рис. 181.

Цилиндрическая винтовая линия (рис. 181) описывается точкой, совершающей равномерное движение по образующей цилиндра вращения, которая, в свою очередь, равномерно вращается вокруг оси цилиндра. Смещение ***AN*** вдоль образующей при одном полном обороте называется ***шагом*** (***h***) винтовой линии.

Величина $p = \frac{h}{2\pi}$ - параметр винтовой линии, который определяет перемещение ***r*** точки вдоль оси за время поворота последней на угол φ, равный одному радиану*.

Различают правую и левую винтовые линии. Радиус цилиндра ***r*** и его ось ***i*** называют соответственно ***радиусом*** и ***осью*** винтовой линии. Для определения винтовой линии необходимо задать две величины – ***h*** (шаг) и ***r***.

Таким образом, винтовая линия – это кривая, определяемая двумя параметрами. Цилиндрические винтовые линии обладают свойством сдвигаемости, то есть могут сдвигаться сами по себе. Две дуги одинаковой длины одной и той

* От лат. Radius – радиус – центральный угол, соответствующий дуге, длина которой равна радиусу этой окружности. Содержит приблизительно $57^0 17' 45$. Принимается за единицу измерения углов.

же винтовой линии совпадают при наложении друг на друга. Этим свойством обладают также прямая и окружность.

Построение проекций винтовой линии определяется характером ее образования в пространстве (рис. 182).

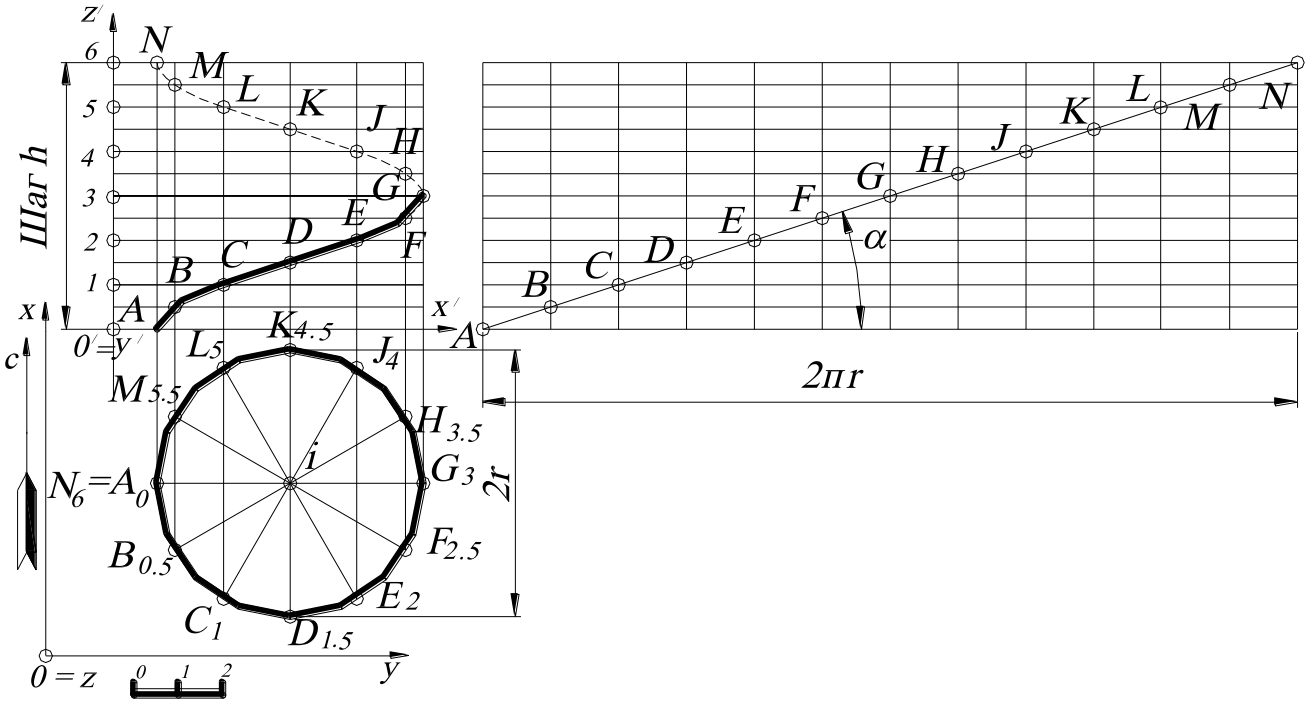


Рис. 182.

Горизонтальная проекция цилиндра и винтовой линии – окружность, совпадающая с проекцией окружности основания цилиндра. Если цилиндр разрезать по его прямолинейной образующей ***AN*** (рис.182) и, разгибая, разгладить по плоскости, получится развёртка цилиндра – прямоугольник с высотой ***h*** и основанием $2\pi r$, в которое развернётся окружность основания цилиндра. Винтовая линия в результате развёртывания превратится в прямую – диагональ прямоугольника. Это означает, что винтовая линия пересекает все образующие под одним и тем же углом α.

Для построения развёртки винтовой линии (см. рис.182) делят окружность основания цилиндра, являющуюся горизонтальной проекцией винтовой линии, и отрезок, равный шагу ***h***, отложенный на оси цилиндра, соответственно на одинаковое число равных частей. На рассматриваемом чертеже взято ***12*** ча-

стей. Тогда точки на профиле винтовой линии будут лежать на пересечении соответствующих горизонтальных и вертикальных прямых, проведенных через одноименные точки деления. Полученные точки соединяют плавной кривой. Как следует из способа построения, данная кривая является гелисой.

При развертывании цилиндрической поверхности на плоскость винтовая линия на развертке превращается в прямую, наклоненную под углом α к горизонтальной прямой – развертке основания цилиндра. Это следует из закона образования винтовой линии, по которому равным угловым перемещениям точки по окружности соответствуют равные прямолинейные перемещения, перпендикулярные плоскости окружности. На развертке равным отрезкам горизонтальной прямой будут соответствовать равные перемещения точки в вертикальном направлении. Итак, траектория точки на развертке представляет собой линию, у которой ординаты точек пропорциональны абсциссам, то есть прямую.

Угол α равен углу подъема винтовой линии и определяется по формуле

$$tg\alpha = \frac{h}{2\pi r} = \frac{p}{r}.$$

Тот факт, что на развёртке винтовая линия перешла в прямую, означает также, что винтовая линия является одной из ***геодезических линий*** на цилиндре. Так называют кратчайшую из всех линий, которые можно провести по поверхности через какие-либо две её точки, форму которой принимает нить, туго натянутая по поверхности между соседними точками.

Винтовая линия – кратчайшая из всех линий, которые можно провести между двумя точками, лежащими на поверхности цилиндра и на одном витке. Такая линия называется ***геодезической***.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дать определение порядка, жанра, класса кривой.

2. Показать на примерах особые точки кривой.

3. Воспользовавшись параболой, построенной на рис.174 или на рис.175, проверьте теорему о том, что лучи света, параллельные оси кривой, после отражения проходят через одну точку – фокус параболы.
4. Перегибая лист бумаги, постройте семейство касательных к параболе (из предыдущего вопроса).
5. Можно ли построить касательные к гиперболе, перегибая лист бумаги?

5. МНОГОГРАННИКИ

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ПРАВИЛЬНЫЕ МНОГОГРАННИКИ

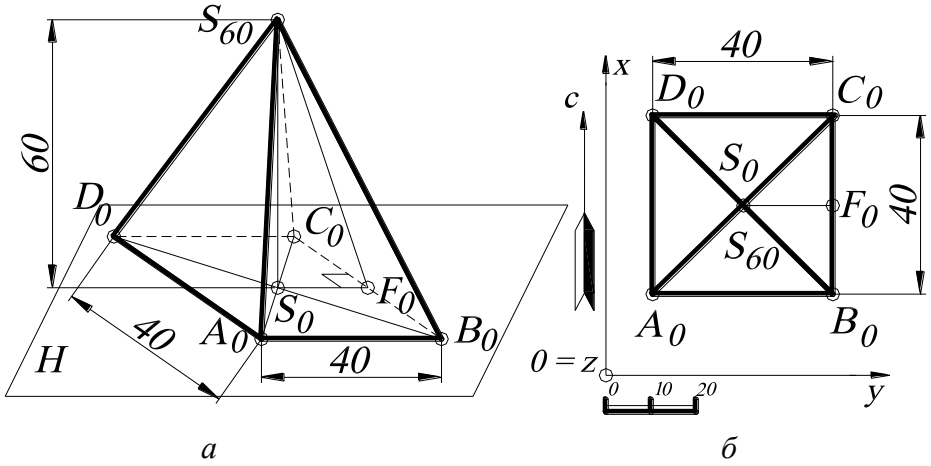
Многогранник – это геометрическое тело, часть пространства, ограниченное со всех сторон плоскими многоугольниками. Многоугольники, из которых состоит многогранник, называют ***гранями***, а стороны и вершины этих многоугольников – ***ребрами*** и ***вершинами*** многогранника.

Выпуклым называют многогранник, расположенный с одной стороны от плоскости любой грани. Любое плоское сечение выпуклого многогранника – выпуклый многоугольник. Для любого выпуклого многогранника справедлива ***формула Эйлера:*** **В+Г-Р=2**, где **В** – число вершин многогранника, **Г** – число граней многогранника, **Р** – число его ребер.

Пирамида – это выпуклый многогранник, основание которого – некоторый многоугольник, а боковые грани – треугольники с общей вершиной, которая называется вершиной пирамиды. Основание пирамиды – многоугольник, имеющий число сторон, равное числу боковых граней пирамиды. При неограниченном увеличении числа сторон основания пирамида становится конусом. Высота пирамиды – это перпендикуляр, опущенный из вершины пирамиды на ее основание. Как легко видеть на рис. 183, *а*, высота $S_{60}S_0$ пирамиды $SABCD$ есть катет прямоугольного треугольника $S_{60}S_0B_0$, в котором гипотенуза $S_{60}B_0$ есть ребро пирамиды, а катет S_0B_0 – расстояние от основания высоты до одной

из вершин основания пирамиды. Если рассматривать прямоугольный треугольник $S_{60}S_0F_0$, то высота пирамиды $S_{60}S_0$ является катетом, другой катет S_0F_0 – это перпендикуляр, опущенный из основания высоты на сторону пирамиды, а гипотенузой является отрезок прямой $S_{60}F_0$.

Правильной называют пирамиду, основание которой – правильный многоугольник, а высота проходит через центр основания. Все боковые грани правильной пирамиды – равнобедренные треугольники.



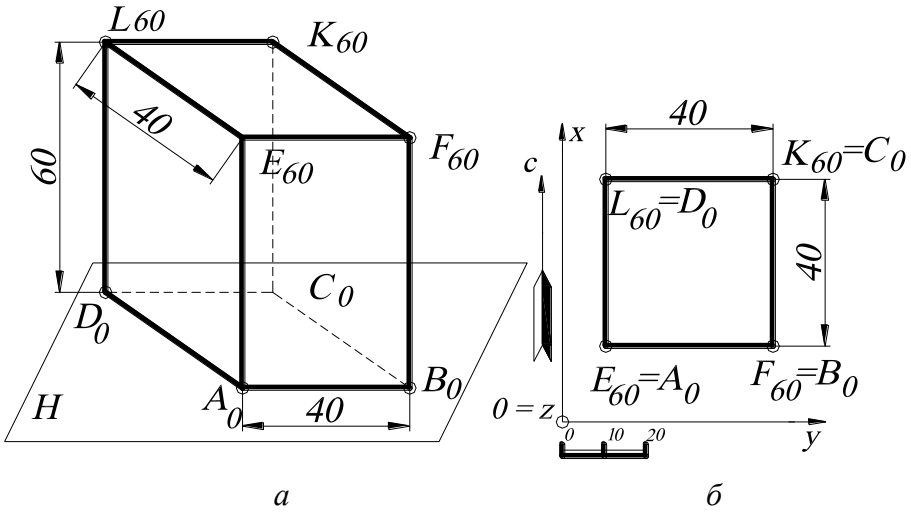
а *б*

Рис. 183.

В проекциях с числовыми отметками многогранники задаются на плане вершинами – точками с высотными отметками. На рис. 183, *а* показана пирамида ***SABCD*** во фронтальной изометрии, на рис. 183, *б* построена эта же пирамида в проекциях с числовыми отметками.

Если вершину пирамиды удалить в бесконечность, то ребра пирамиды будут параллельны, и поверхность пирамиды преобразуется в поверхность ***призмы***. Поверхность призмы ограничена двумя основаниями (гранями, соответствующими при параллельном переносе), а остальные грани (боковые) – параллелограммы. На рис. 184, *а* дана фронтальная изометрия призмы ***ABCDEFKL***, рис. 184, *б* – призма ***ABCDEFKL*** в проекциях числовыми отметками. Если неограниченно увеличивать число сторон оснований, то в пределе призма станет цилиндром. Призма называется прямой, если ее боковые грани и ребра перпендикулярны основанию. Прямая призма называется правильной,

если ее основания правильные многоугольники. Все боковые грани правильной призмы – равные прямоугольники.



а *б*

Рис. 184.

Правильные многогранники – это выпуклые многогранники, все грани которых равны, а также равны его двугранные углы. Все вершины правильного многогранника лежат на одной сфере (описанной), все его грани касаются одной сферы (вписанной) и все рёбра касаются одной сферы. Центры этих трёх сфер совпадают в центре многогранника. Существует пять типов правильных многогранников, называемых телами Платона: тетраэдр, гексаэдр (куб), октаэдр, икосаэдр и додекаэдр.

При построении тел Платона будем использовать метод вращения вокруг линии уровня (п. 4.2). В этом случае нужно уметь определять числовые отметки его вершин на плане. Нахождение числовых отметок будет осуществляться решением обратной задачи, то есть определение числовой отметки точки данной проекции по заданному её совмещённому положению и заданной оси вращения.

В самом деле, пусть A_2B_2 – горизонтальная ось, вокруг которой вращают точку C и получают её совмещённое положение C_2 с горизонтальной плоскостью на высоте 2; $C_?$ – горизонтальная проекция точки, числовую отметку которой нужно найти (рис.185). Точки C_2 и $C_?$ лежат на одном перпендикуляре к

оси вращения A_2B_2, так как при вращении вокруг линии уровня точка C перемещается по окружности, плоскость которой перпендикулярна A_2B_2. Точка $C_?$ может находиться ниже или выше отрезка A_2B_2, а их проекции будут совпадать. Однако числовые отметки точек будут отличаться на одинаковую разность по отношению к отрезку A_2B_2. Предположим, что точка $C_?$ находится выше A_2B_2. Тогда строится прямоугольный треугольник $C_?O_2I$, гипотенуза которого равна R – натуральной величине радиуса вращения точки C (см. рис. 155). Измерив величину катета $IC_?$, получают $IC_?=2$ (в соответствии с линейным масштабом). Затем арифметически прибавляют её к числовой отметке точки C_2, то есть $2+2=4$. Поэтому точка $C_?$ имеет числовую отметку, равную 4. В том случае, если точка $C_?$ находится ниже оси вращения A_2B_2 (по условию задания), она имеет отметку $C_{2-2}=C_0$.

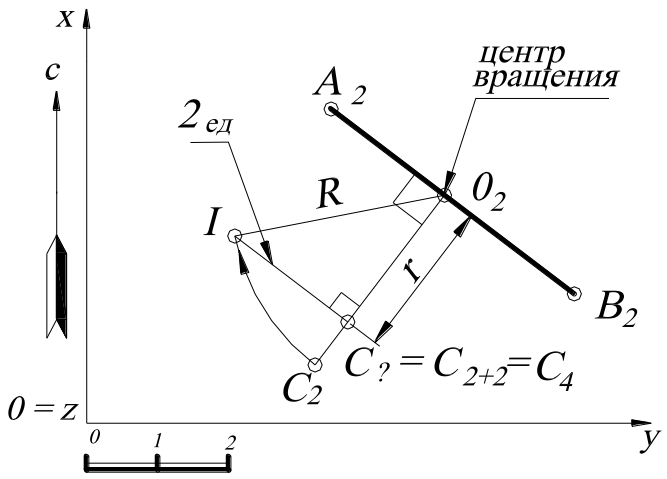
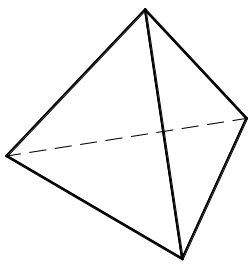


Рис. 185.

Таким образом, для того, чтобы определить числовую отметку точки по её совмещённому положению, строят прямоугольный треугольник с одним катетом, равным расстоянию от центра вращения до проекции точки; гипотенузой, равной натуральной величине радиуса вращения, проведённой из центра вращения. Тогда полученная длина второго катета этого прямоугольного треугольника будет являться числовой разностью между числовой отметкой искомой точки и числовой отметки оси вращения.



Далее рассмотрим построения всех пяти правильных многогранников в проекциях с числовыми отметками.

1. Тетраэдр – треугольная пирамида, все четыре грани которой – равносторонние треугольники.

ПРИМЕР. Построить тетраэдр, поставленный на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** по заданному ребру (построения могут выполняться аналогично, если необходимо построить неправильную пирамиду по произвольным шести рёбрам).

Построение тетраэдра начинают с построения на горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** основания тетраэдра $A_0B_0C_0$ – правильного треугольника с заданной стороной. Затем, для определения проекции вершины тетраэдра, совмещают его боковые грани с горизонтальной плоскостью проекций ***xOy***, приняв за оси вращения соответствующие стороны основания тетраэдра. Совмещение граней представится в виде трёх одинаковых равносторонних треугольников $A_0S'B_0$, $B_0S''C_0$, $C_0S'''A_0$. При этом точки S', S'' и S''' – это совмещения одной и той же точки – вершины тетраэдра $S_?$. Затем поднимают боковые грани тетраэдра до тех пор, пока точки S', S'' и S''' не сольются в одну $S_?$, - при этом горизонтальные проекции точек S', S'' и S''' будут перемещаться по перпендикулярам ***n, m, k*** к осям вращения A_0B_0, B_0C_0, C_0A_0, и поэтому горизонтальная проекция вершины $S_?$ будет находиться в точке пересечения всех трёх перпендикуляров.

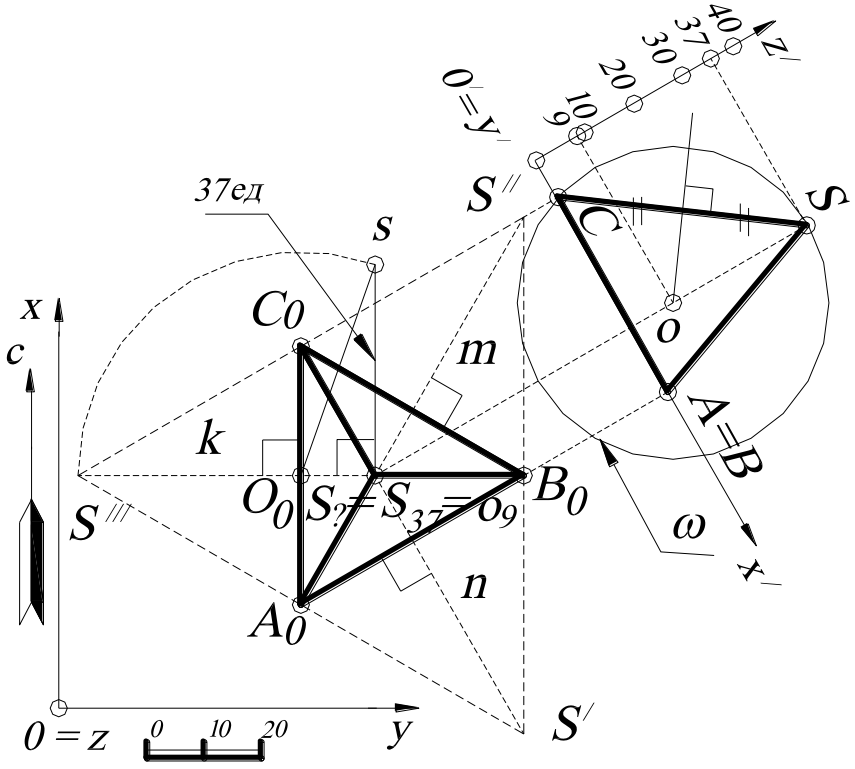


Рис. 186.

По найденной таким образом горизонтальной проекции вершины $S_?$ и её совмещению (например, S'''), остаётся определить числовую отметку точки $S_?$.

Искомая числовая отметка или расстояние от горизонтальной плоскости проекций ***xOy*** (по заданию основания тетраэдра) равно катету S_2s прямоугольного треугольника S_2sO_0, построенного по гипотенузе O_0S''' и катету S_2O_0 (см. рис. 185).

Проекция описанной сферы ω строится из условия того, что все точки тетраэдра принадлежат поверхности сферы. Ребро ***SC*** параллельно плоскости профиля. Следовательно, проекция описанной сферы (на профиле) будет проходить через точку ***S***, ***C*** и точку, ей симметричную относительно высоты тетраэдра (так как точка ***C*** принадлежит параллели описанной сферы и на этом профиле будет принадлежать очерку этой сферы). Построив серединный перпендикуляр к профилю отрезка ***SC***, находят проекцию центра ***o*** описанной сферы ω. Горизонтальная проекция описанной сферы определяется радиусом ***oS=oC*** и центром o_9. Вследствие того, что описанная сфера ω на плане будет изображаться в виде окружности такого же радиуса, как и на профиле, и для того, чтобы не затенять построения тетраэдра на плане, проекция описанной сферы на плане не проведена.

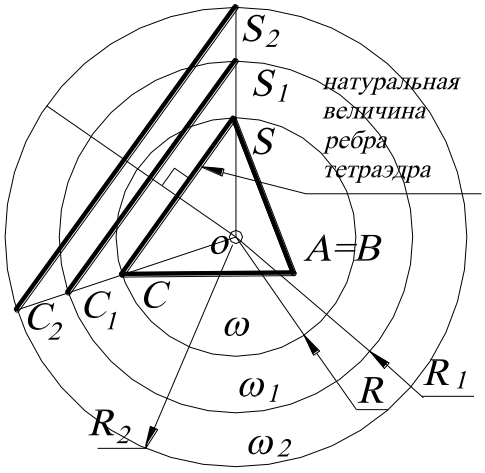
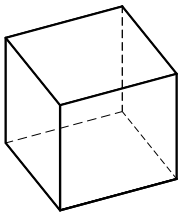


Рис. 187.

Что касается зависимости между радиусом описанной сферы и длиной ребра тетраэдра, то это будет величина постоянная. Другими словами, построив один раз сферу, описанную вокруг тетраэдра с заданной величиной ребра, и, пользуясь пропорциональностью, можно графически определить радиус любой другой сферы, описанной вокруг тетраэдра, и величину его ребра. Такая зависимость справедлива для всех тел Платона. На рис. 187 построена графическая зависимость длины ребра тетраэдра от радиуса описанной сферы: $\frac{SC}{R}=\frac{S_1C_1}{R_1}=\frac{S_2C_2}{R_2}=const$, то есть из точки ***o*** строятся прямые, проходя-

щие через точки ***C*** и ***S*** и в пересечении с произвольными окружностями ω_1 и ω_2 - проекциями описанных сфер – определяются рёбра S_1C_1, S_2C_2.



2. Гексаэдр, или ***куб***, – прямоугольный параллелепипед, все шесть граней которого – равные квадраты.

Построение гексаэдра в проекциях с числовыми отметками с заданной величиной ребра, например ***40***, показано на рис.188. В этом случае гексаэдр стоит одной своей гранью $A_0B_0C_0D_0$ на основной плоскости проекций ***xOy***. Грань $A_0B_0C_0D_0$ будет проецироваться на эту плоскость проекций в виде квадрата со стороной ***40*** (по масштабу чертежа). Длина ребра гексаэдра соответствует числовым отметкам верхнего основания $E_{40}F_{40}K_{40}L_{40}$, проекция которого будет совпадать с проекцией $A_0B_0C_0D_0$.

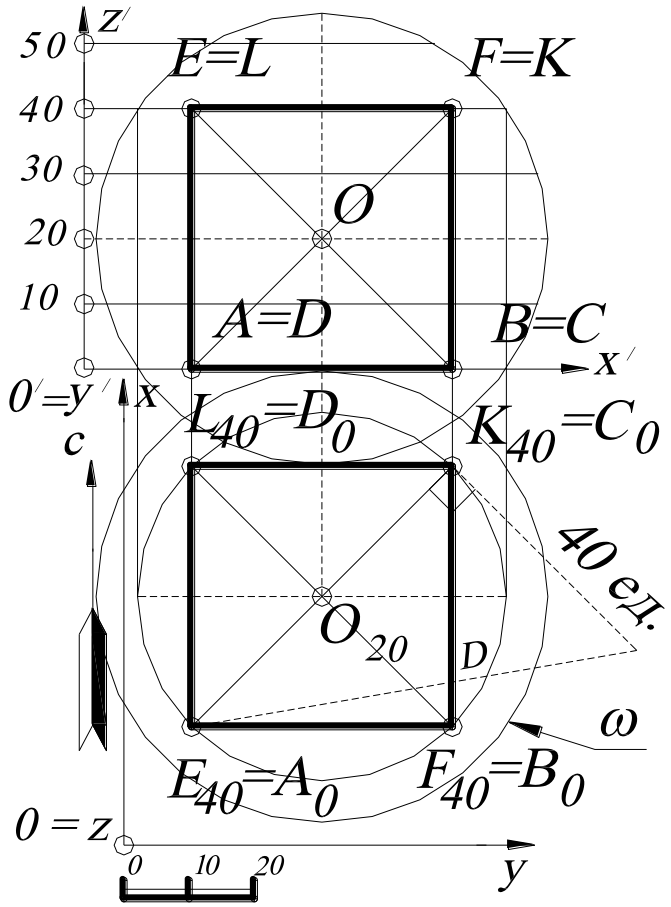
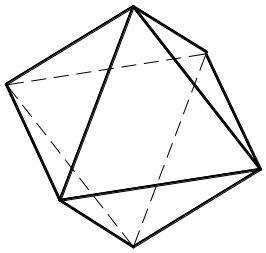


Рис. 188.

Центр описанной сферы ω будет находиться на пересечении диагоналей гексаэдра – точка O_{20}, а длина любой диагонали будет являться диаметром ***D*** описанной сферы. Все диагонали гексаэдра проецируются на горизонтальную плоскость проекций ***xOy*** с искажением, следовательно, на плане находят натуральную величину любой диагонали, например C_0E_{40}, методом прямоугольного треугольника. Полученная величина ***D*** является диаметром описанной сферы ω.



3. Октаэдр состоит из восьми равносторонних треугольников, соединённых по четыре около каждой вершины. Отсюда видно, что октаэдр (правильный восьмигранник) может быть рассмотрен как две четырехугольные пирамиды ***EABCD*** и ***FABCD*** (***E***, ***F*** – вершины этих пирамид), сложенные своими квадратными основаниями ***ABCD*** вместе (рис.189). На этом основании построение октаэдра начинается с построения упомянутого выше квадрата как основания пирамид.

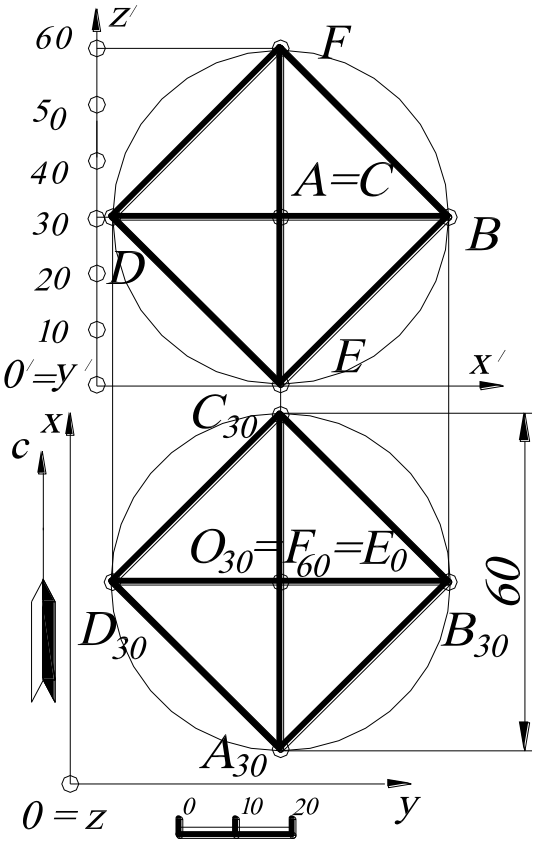


Рис. 189.

В простейшем случае, когда диагональ октаэдра, соединяющая обе вершины пирамид, вертикальна, плоскость квадрата параллельна горизонтальной плоскости проекций и, следовательно, проецируется на ней в натуральную величину, а на профиле – по прямой, параллельной оси z'. А потому, вычертив на горизонтальной плоскости квадрат $A_{30}B_{30}C_{30}D_{30}$, сторона которого равна ребру октаэдра, и соединив его центр O_{30}, в котором проектируются вершины ***E*** и ***F*** пирамид, с вершинами ***ABCD***, находят горизонтальную проекцию октаэдра. Для определения числовых отметок точек ***E*** и ***F*** заметим, что все диагонали октаэдра равны между собой и что квадрат ***ABCD*** делит вертикальную диагональ пополам. Поэтому, измерив длину диагонали, например $A_{30}C_{30}$, которая равна ***60***, получают числовые отметки точек E_0 и F_{60}. Причём длина диагонали (и её проекции в этом случае) равна диаметру сферы, описанной вокруг этого октаэдра.

Для построения икосаэдра и додекаэдра в проекциях с числовыми отметками нужно уметь строить правильный пятиугольник с заданной стороной. На рис. 190 показан способ построения правильного пятиугольника с заданной стороной, например, равной ***50***. Для этого пользуются правилом «золотого сечения» (см. параграф «Золотое сечение»). Проводят произвольную окружность с радиусом, равным ***OB***, и делят этот радиус пополам, получая точку ***A***. Из точки ***A*** радиусом, равным ***AC***, проводят дугу окружности, которая пересечет горизонтальную прямую ***OF*** в точке ***D***. Таким образом, разделили отрезок ***BD*** в отношении «золотого сечения», где ***AD*** – «бо́льшая» часть, а ***BA*** – «меньшая». Точку ***D*** соединяют с точкой ***C*** прямой линией. Отрезок прямой ***DC*** будет являться шкалой, на которой откладывают заданную сторону правильного пятиугольника. В данной задаче на ***DC*** откладывают отрезок, равный ***50***, и получают точку ***K***. Из точки ***K*** проводят отрезок, параллельный отрезку ***OD***, который пересечёт вертикальную ось ***OC*** в точке ***E*** – вершине правильного пятиугольника. Отрезок ***OE*** будет являться радиусом описанной окружности искомого пятиугольника. Остальные вершины пятиугольника находят, откладывая циркулем по построенной окружности отрезки (хорды), равные ***50***.

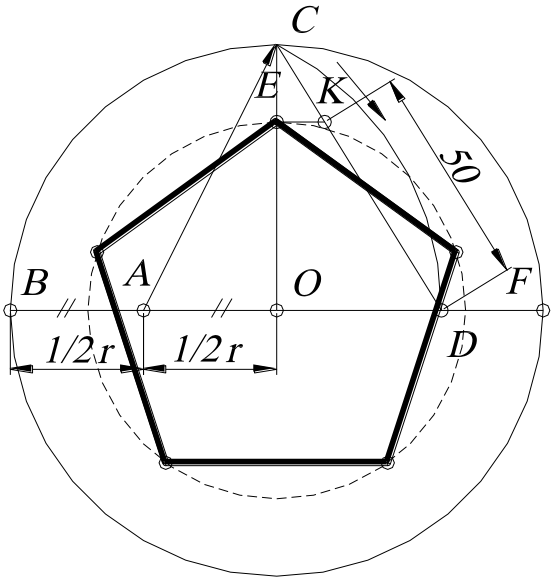
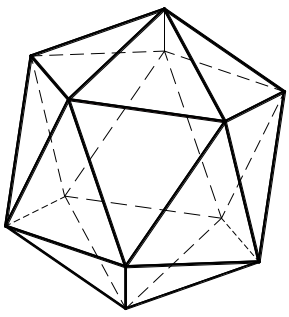


Рис. 190.



4. Икосаэдр образован двадцатью равносторонними треугольниками, соединёнными по пяти около каждой вершины и, следовательно, расположенными так, что икосаэдр может быть рассматриваемым как многогранник, состоящий из двух пятиугольных пирамид ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** (где ***A*** и ***B*** – вершины этих пирамид) и про-

межуточного многогранника, ограниченного с боков десятью равными треугольниками (рис.191).

Пирамиды ***ACDEFG*** и ***BHJKLM*** имеют в основании два равных и параллельных пятиугольника ***CDEFG*** и ***HJKLM.*** Причём вершины этих оснований расположены так, что вершины верхнего основания ***HJKLM*** находятся напротив середин сторон нижнего основания ***CDEFG***. Поэтому, чтобы построить по заданному ребру икосаэдр, где отрезок прямой ***AB*** соединяет вершины верхней и нижней пирамиды, перпендикулярен основной плоскости проекций ***xOy***, и, следовательно, пятиугольные основания ***CDEFG*** и ***HJKLM*** параллельны этой плоскости проекций, а вершина ***A*** принадлежит этой плоскости проекций (то есть имеет отметку ***0***), поступают следующим образом.

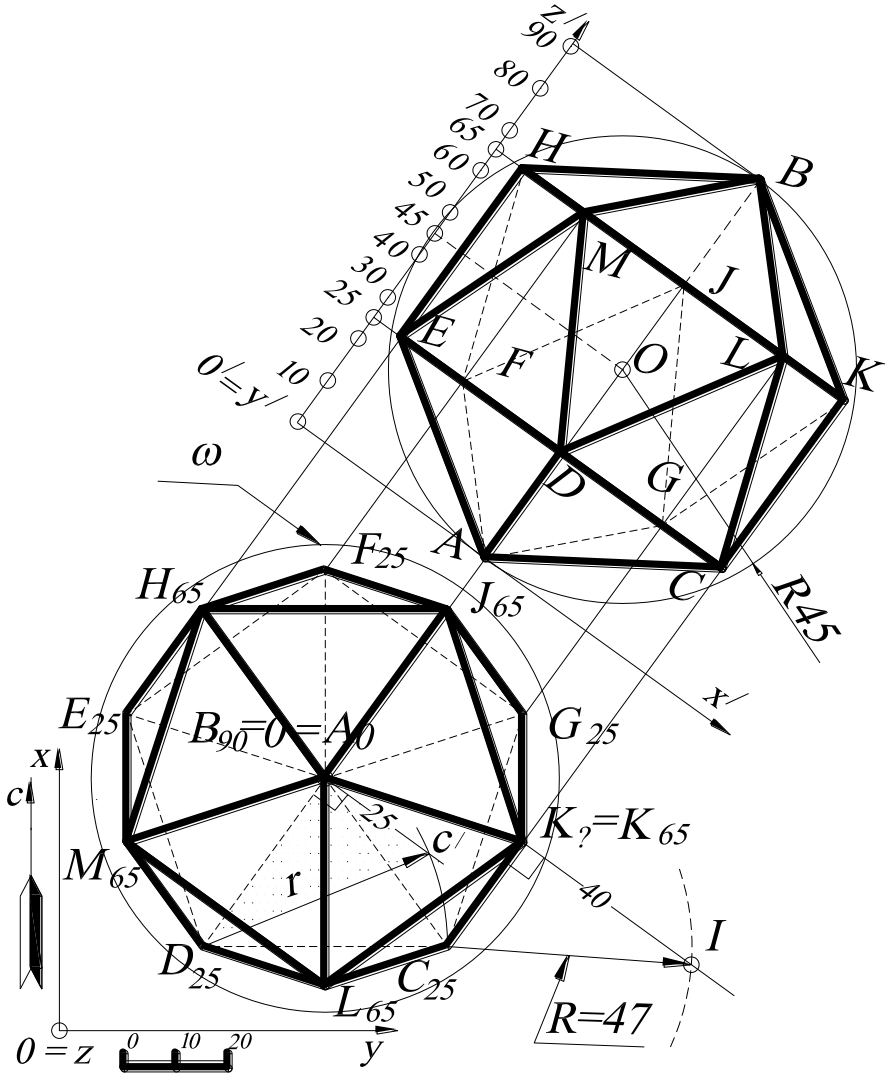


Рис. 191.

На плане чертят по заданному ребру (см. рис. 191) два правильных пятиугольника ***CDEFG*** и ***HJKLM*** так, чтобы эти точки ***C, D, E, F, G***, ***H, J, K, L, M*** делили окружность, описанную около них, на десять равных частей. Тогда точки ***CDEFG*** и ***HJKLM*** представят горизонтальные проекции оснований как нижней пирамиды, так и верхней, а так-

же промежуточного многоугольника, где центр ***O*** – это середина отрезка прямой ***AB***. Полученные точки последовательно соединяют между собой, как показано на рис. 191.

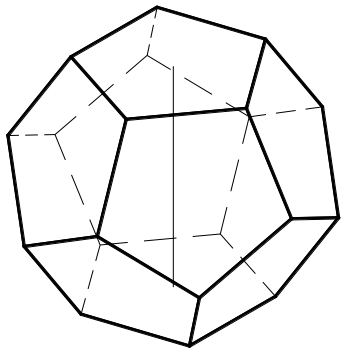
Чтобы найти числовые отметки полученных проекций вершин икосаэдра, достаточно найти высоту ***h*** обеих пирамид (они равны) и высоту h_1 промежуточного многогранника, так как основание нижней пирамиды ***CDEFG*** параллельно основной плоскости проекций ***xOy*** и находится от неё на расстоянии высоты пирамиды ***h***. Основание верхней пирамиды ***HJKLM*** также параллельно основной плоскости проекций и находится от неё на расстоянии $h+h_1$, а вершина ***B*** – $h+h_1+h$. Высота ***h*** пирамиды равна катету прямоугольного треугольника, в котором гипотенузой является ребро пирамиды, а другим катетом – расстояние от основания высоты пирамиды до одной из вершин основания пирамиды. Поэтому строят прямоугольный треугольник, в котором один катет равен A_0D. Затем в точке A_0 восстанавливают перпендикуляр к A_0D, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – натуральной величине ребра пирамиды ***r=47***. Катет прямоугольного треугольника A_0c' равен ***h***. Измерив расстояние $A_0c'=25$ (по масштабу чертежа), получают числовые отметки точек ***C, D, E, F, G***, равные ***25***.

Остаётся найти высоту h_1 промежуточного многогранника. Для этого достаточно найти высоту одной из вершин верхнего его основания ***HJKLM***, например, вершины $K_?$, над плоскостью проекций ***xOy***, так как это основание параллельно основной плоскости проекций. С этой целью используют метод прямоугольного треугольника, то есть определяют разность координат $\Delta z=h_1$ (числовых отметок) концов отрезка, например, отрезка (ребра) $C_{25}K_?$, а именно строят прямоугольный треугольник $C_{25}K_?I$, в котором один катет равен $C_{25}K_?$. Затем в точке $K_?$ восстанавливают перпендикуляр $K_?I$, на котором делают засечку циркулем, равным гипотенузе – ребру ***R=47*** (по масштабу чертежа).

Искомая высота точки $K_?$ над основной плоскостью проекций определится как катет $K_?I$ прямоугольного треугольника $C_{25}K_?I$, построенного по катету

$C_{25}K_?$ и гипотенузе $R=47$. А потому, измерив расстояние $K_?I=40=h_1$ (в соответствии с линейным масштабом), получают отметку точки $K_?$, равную $h_1+h=25+40=65$. Все точки основания верхней пирамиды $HJKLM$ также будут иметь числовые отметки, равные 65, так как это основание параллельно основной плоскости проекций xOy.

Вершина B будет иметь числовую отметку $h+h_1+h=25+40+25=90$. Наконец, диаметр описанной сферы ω икосаэдра $|AB|=90$, центр O которой будет лежать на середине этого отрезка.



5. Додекаэдр, или правильный двенадцатигранник, образован двенадцатью правильными пятиугольниками, соединёнными по три около каждой вершины и расположенными так, что противоположные грани многогранника лежат в плоскостях, параллельных друг другу, и развёрнуты относительно прямой, соединяющей их центры, на 180^0.

На рис. 192 построен додекаэдр с заданным ребром. Построение выполняется следующим образом. Предположим, что додекаэдр одной из своих граней $ABCDE$ поставлен на основную плоскость проекций xOy. В таком случае вычерчивают на основной плоскости проекций правильный пятиугольник $A_0B_0C_0D_0E_0$ – основание додекаэдра. Чтобы определить проекции боковых вершин додекаэдра и их числовые отметки, совмещают с плоскостью проекций xOy две смежные грани, прилегающие к основанию $A_0B_0C_0D_0E_0$, вращая их около ребра A_0B_0 и A_0E_0. Совмещение этих граней представится в виде двух правильных пятиугольников $B_0H'G'F'A_0$ и $A_0F''P'J'E_0$, причём легко видеть, что точки F' и F'' - это прообразы для совмещения одной и той же точки – вершины $F_?$. Вращением, поднимают грани в их первоначальное положение и находят проекции точек F', F'', G'. На плане проекции этих точек будут при восстановлении граней перемещаться по перпендикулярам к осям вращения A_0B_0 и A_0E_0.

Следовательно, горизонтальная проекция вершины $F_?$ будет находиться на пересечении перпендикуляров IF' и IIF'', по которым перемещаются точки F' и F''.

Что касается числовой отметки точки $F_?$, то она будет находиться на высоте от основной плоскости проекций xOy, которая определится по величине ка-

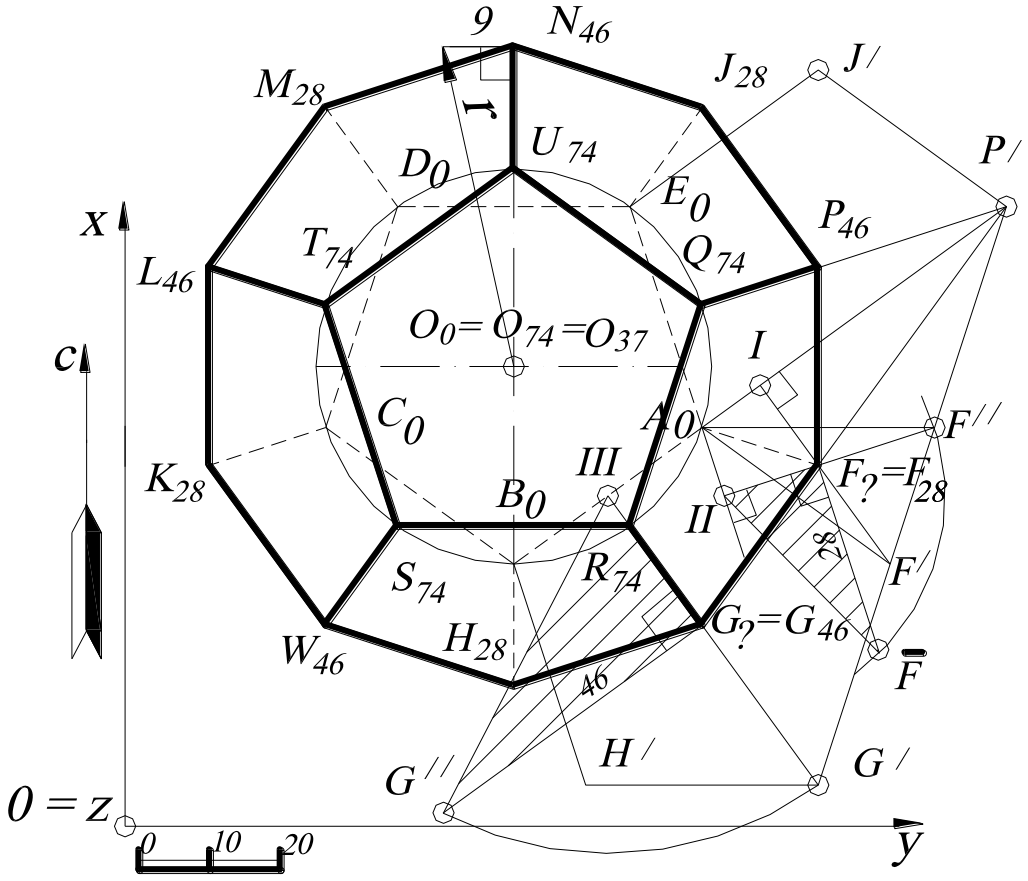


Рис. 192.

тета $F_? \overline{F}$ в прямоугольном треугольнике $IIIF_? \overline{F}$ (см. рис.185). Другими словами, длина катета $F_? \overline{F}$ равна **28** (по построению), а ось вращения A_0E_0 занимает нулевую отметку, тогда точка $F_?= F_{0+28}=F_{28}$.

Чтобы найти числовую отметку точки $G_?$ по совмещению G', то можно увидеть на рис.192, что прямая $F'G'$ пересекает ось вращения A_0B_0 в точке P' и, следовательно, горизонтальная проекция точки G' должна находиться одновременно и на горизонтальной проекции $P'F$ прямой $F'P'$, и на перпендикуляре $IIIG'$ к оси вращения A_0B_0, то есть в точке их пересечения $G_?$. По известным

точкам $G_?$ и G' (см. рис.185) определяют числовую отметку точки $G_?$, как катет $G_?G''$ прямоугольного треугольника $G_?G''$**III**, построенного по катету **III**$G_?$ и гипотенузе $IIIG'' = G_?G'$. Поэтому, измерив расстояние $G_?G''$ (в соответствии с линейным масштабом), получают числовую отметку точки $G_? = G_{46}$.

Таким же образом можно было бы поступать для определения проекций всех остальных вершин додекаэдра. Однако вследствие правильности многогранника все его вершины, подобные ***F*** и ***G***, расположены одинаково относительно основной плоскости проекций и симметрично относительно оси додекаэдра, проведённой через центры обоих оснований ***ABCDE*** и ***RSTUQ***. Следовательно, вершина ***F*** и точки ***H, K, M, J*** лежат на одном и том же расстоянии от основной плоскости проекций и симметрично расположены относительно центра окружности, описанной около основания ***ABCDE***. На этом же основании, горизонтальные проекции ***F***, ***H, K, M, J*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE*** и одну из вершин в точке ***F***. Числовые отметки точек ***H,K,M,J*** равны числовой отметке точки ***F***, так как проекция пятиугольника ***FHKMJ*** параллельна основной плоскости проекций.

На этом же основании горизонтальные проекции ***G, W, L, N, P*** образуют вершины правильного пятиугольника, имеющего общую проекцию центра с основанием ***ABCDE*** и одну из вершин в точке ***G***. Следовательно, вершины ***W, L, N, P*** имеют числовые отметки, такие же, как у вершины ***G***, то есть ***46***.

Наконец, верхняя грань ***RSTUQ***, параллельная основной плоскости проекций, имеет горизонтальной проекцией правильный пятиугольник, вписанный в одинаковую окружность, что и пятиугольник ***ABCDE***, и притом так, что вершины обоих многоугольников разделяют окружность на десять равных частей (см. рис. 97, *а*). В силу симметричности додекаэдра числовые отметки грани ***RSTUQ*** определяются арифметическим прибавлением разности числовых отметок грани $F_{28}H_{28}K_{28}M_{28}J_{28}$ и грани $A_0B_0C_0D_0E_0$ к числовым отметкам грани

$G_{46}W_{46}L_{46}N_{46}P_{46}$, то есть ***28-0=28***, ***28+46=74***, и получают грань с отметками $R_{74}S_{74}T_{74}U_{74}Q_{74}$.

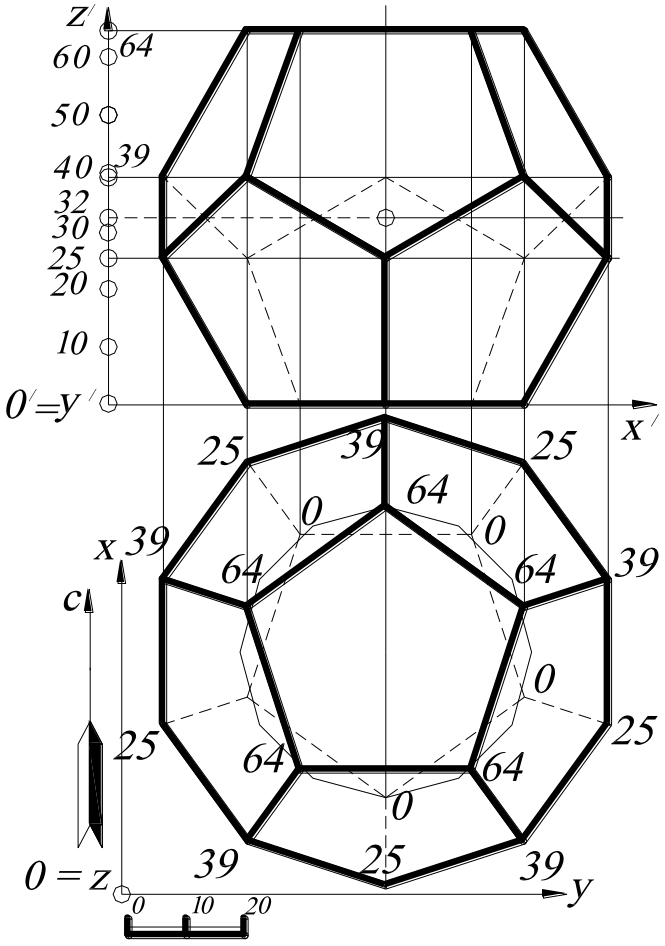


Рис. 193.

Центр описанной вокруг додекаэдра сферы лежит на середине оси O_0O_{74}, то есть в точке O_{37}. Все вершины додекаэдра принадлежат поверхности сферы. Поэтому проекцией радиуса описанной сферы будет отрезок, соединяющий центр O_{37} с любой её вершиной, например N_{46}. Натуральную величину радиуса ***r*** описанной сферы определяют методом прямоугольного треугольника, как показано на рис. 192 (проекция описанной сферы на чертеже не показана из-за множества линий основных построений додекаэдра). На рис. 193 показано построение профиля додекаэдра.

Центры граней правильного многогранника являются вершинами другого правильного многогранника. Сфера, вписанная в первый (и касающаяся его граней в их центрах), описана около второго. Центры граней тетраэдра, куба, октаэдра, додекаэдра, икосаэдра являются соответственно вершинами тетраэдра, октаэдра, куба, икосаэдра, додекаэдра.

Для каждого правильного многогранника существуют перемещения (повороты, зеркальные отражения и поворотные отражения), в которых многогранник переходит сам в себя. Они называются его ***самосовмещениями***. Таких са-

мосовмещений (включая тождественное преобразование) у тетраэдра – 24, у куба и октаэдра – 48, у додекаэдра и икосаэдра – 120.

Например, у тетраэдра 6 плоскостей симметрии, у куба и октаэдра – 9. Тетраэдр переходит сам в себя в поворотах вокруг своих высот на углы 120^0 и 240^0, октаэдр совмещается сам с собой при поворотах вокруг своих диагоналей на углы 90^0, 180^0 и 270^0.

Характеристики правильных многогранников сведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики правильных многогранников

Тело	Г	В	Р	m	n	Грань
Тетраэдр	4	4	6	3	3	Треугольник
Гексаэдр (куб)	6	8	12	3	4	Квадрат
Октаэдр	8	6	12	4	3	Треугольник
Икосаэдр	20	12	30	5	3	Треугольник
Додекаэдр	12	20	30	3	5	Пятиугольник

Примечания: ***Г*** – число граней; ***Р*** – число ребер; ***В*** – число вершин правильного многогранника; ***n*** – число сторон грани; ***m*** – число ребер правильного многогранника, исходящих из вершины.

Античные зодчие в качестве источника гармонии архитектурных построек использовали проекции Платоновых тел, отражающих в соответствии с их представлениями общую гармонию мира. Некоторые учёные (один из них Шпейнзер) рассматривали построение пяти правильных многогранников как дедуктивный метод построения системы геометрии. Платон каждому правильному многограннику придавал определенное значение и цвет, а именно: тетраэдру соответствовал огонь и оранжевый цвет; кубу – земля, желтый; октаэдру – воздух, светло-голубой; икосаэдру – вода, голубой; додекаэдру – Вселенная, белый цвет.

5.2. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ МНОГОГРАННИКА ПЛОСКОСТЬЮ

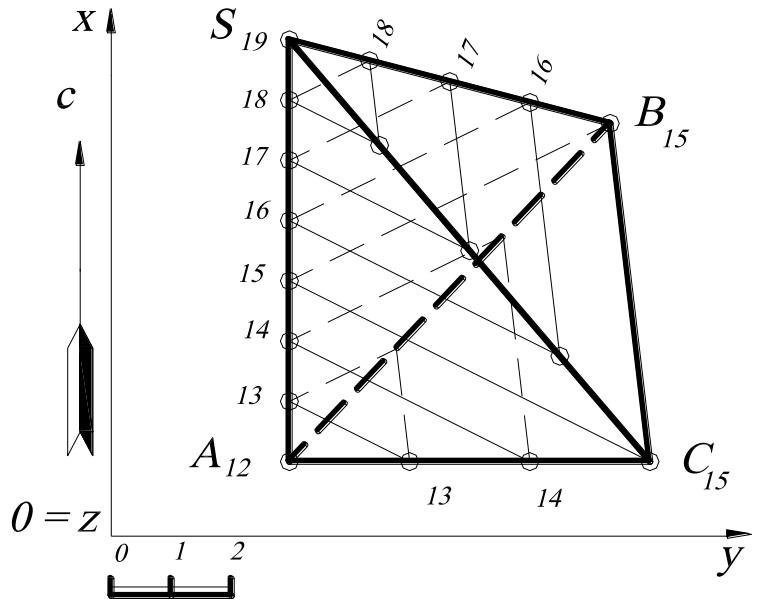


Рис. 194.

Грани многогранника представляют собой плоскости. Плоскость в проекциях с числовыми отметками удобнее задавать горизонталями (или масштабом заложения). Так как вершины многогранника заданы высотными отметками, то грани многогранника можно проградуировать (рис.194) и определить пересечение граней как двух плоскостей (пересечение двух пар горизонталей с одинаковыми числовыми отметками). Таким образом, построив точки пересечения с ребрами многогранника и их отметки, определяют видимость сечения.

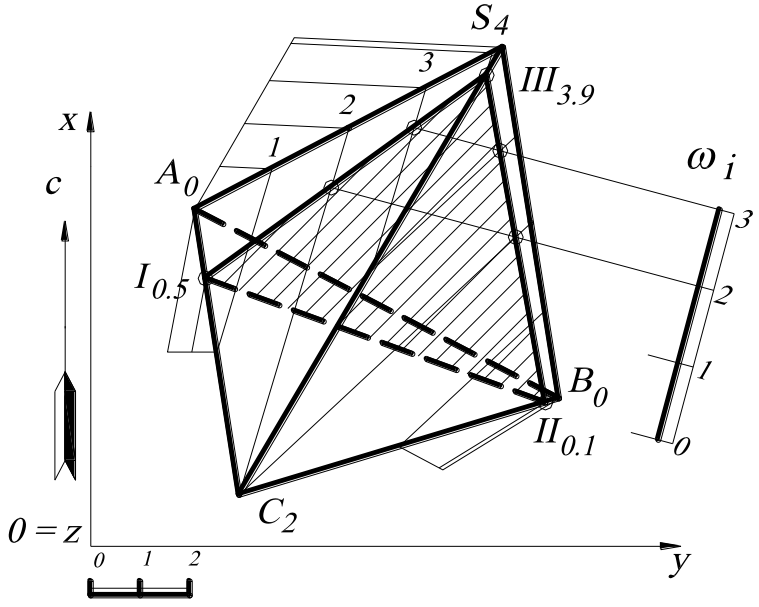


Рис. 195.

ПРИМЕР. Найти точки пересечения пирамиды ***ABCD*** с плоскостью ω_i.

Построение выполняется следующим образом (рис.195). Градуируют сторону ***SA*** и строят горизонтали h_1, h_2, h_3, которые задают плоскость грани ***SAC***. Находят линию пересечения грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i, как пересечение па-

ры горизонталей с одинаковыми числовыми отметками (см. параграф «Взаимное положение плоскостей»). В пересечении пар горизонталей с отметками ***2*** и с отметками ***3*** получаются две точки, которые задают линию пересечения (***I, III***) грани ***SAC*** и заданной плоскости ω_i.

Аналогично строят линию пересечения грани ***SCB*** с заданной плоскостью ω_i, в результате имеют линию пересечения (***II***, ***III***). Грань ***ACB*** с заданной плоскостью ω_i пересекается по прямой (***I, II***), так как построенные точки ***I*** и ***II*** принадлежат рёбрам этой грани, и поэтому дополнительных построений здесь выполнять необязательно. Построенный треугольник является сечением пирамиды ***SABC*** и заданной плоскости ω_i. Определяют видимость этого треугольника и числовые отметки его вершин ***I***, ***II*** и ***III*** (с помощью градуирования). Эту задачу можно решать при помощи прямого профиля.

5.3. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ТОЧЕК ПЕРЕСЕЧЕНИЯ МНОГОГРАННИКА С ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ

Построение точек пересечения многогранника с прямой линией связано с основной позиционной задачей. Алгоритм выполняется в следующей последовательности.

1. Через заданную прямую проводится вспомогательная плоскость-посредник (таких плоскостей можно провести пучок ∞^1).

2. Строится фигура сечения (см. пример на рис.195). Затем определяются точки пересечения (с числовыми отметками) заданной прямой со сторонами фигуры сечения.

3. Определяют видимость прямой.

<u>ПРИМЕР</u>. Найти точки пересечения пирамиды ***SABC*** с прямой ***DE***.

Через заданную прямую D_3E_1 проводят вспомогательную плоскость-посредник ω_i (см. «Принадлежность прямой плоскости»), в сечении которой с

заданным многогранником будет треугольник $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$. Полученное сечение $I_{0,5}II_{0,1}III_{3,9}$ пересечет заданную прямую D_3E_1 в точках F и K, отметки которых определяются градуированием отрезка прямой D_3E_1. Затем определяют видимость D_3E_1 (рис.196).

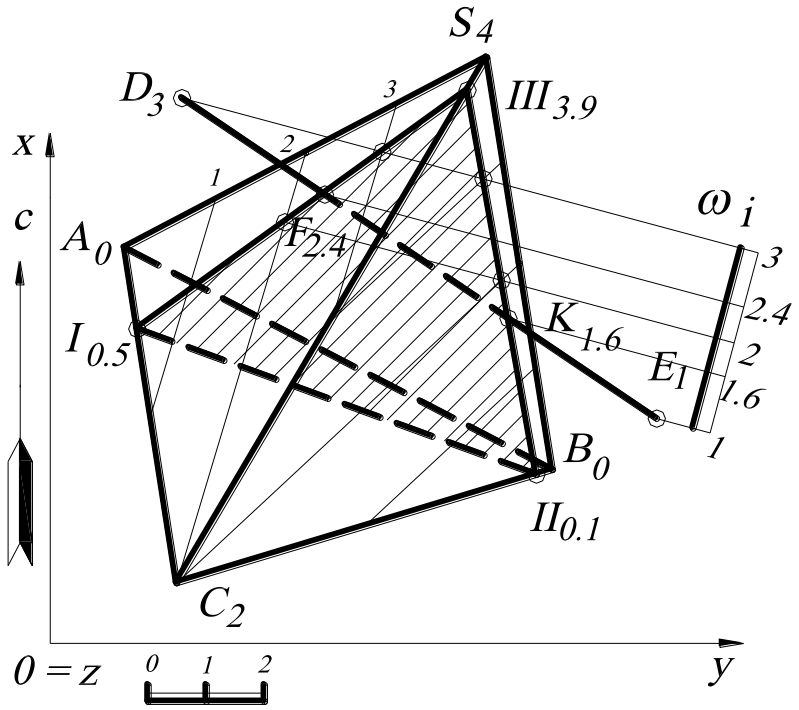


Рис. 196.

Видимость отрезка прямой D_3E_1 определяется по конкурирующим точкам. Другими словами, находят точки, принадлежащие поверхности многогранника и прямой D_3E_1, проекции которых совпадают и определяют их числовые отметки с помощью градуирования. Точка будет видимой, числовая отметка которой больше (в зависимости от этого, определяется видимость многогранника или прямой). На рис. 196 проекция прямой D_3E_1 и проекция ребра S_4C_2 пересекаются. Однако ребро S_4C_2 находится выше чем прямая D_3E_1, значит, прямая D_3E_1 является невидимой, а в точках пересечения с многогранником $F_{2.4}$ и $K_{1.6}$ видимость её меняется на противоположную.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить проекции куба, диагональ которого вертикальна.
2. Построить октаэдр, поставленный гранью на основную плоскость проекций.
3. Дана сторона ***AB*** равностороннего треугольника, вершина которого ***C*** находится в данной плоскости профиля. Построить тетраэдр, имеющий данный треугольник своим основанием.
4. Даны вершина куба, ребро и направление горизонтальной проекции другого ребра, проходящие через данную вершину; построить проекции куба.

6. ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность – это непрерывное двупараметрическое (двумерное) множество точек.

В декартовой системе координат положение точки на плоскости определяется заданием двух параметров абсциссы и ординаты. Точка на произвольной поверхности будет также определяться двумя параметрами – криволинейными координатами ***U*** и ***V***. Из этого следует возможность другого определения: ***поверхность*** – это непрерывное однопараметрическое (одномерное) множество линий, имеющих единый закон образования.

В зависимости от вида линий, закона их образования и распределения в пространстве получают поверхности различного класса. На некоторых поверхностях можно выделить множество конгруэнтных линий, на других – только множество неконгруэнтных линий (топографические поверхности).

Если множество элементов (точек, линий), определяющих поверхность, непрерывно, то каркас называется ***непрерывным***, в противном случае он называется ***дискретным***.

6.1. СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Наиболее распространенными способами образования поверхностей, используемыми в геометрии, являются:

* ***кинематический способ***, основанный на непрерывном перемещении линии (образующей) в пространстве по определенному закону (кинематические поверхности);

* ***способ конструирования поверхностей с помощью непрерывных (мгновенных) преобразований исходной образующей поверхности***;

* ***способ конструирования поверхностей нелинейными преобразованиями пространства***, когда сложные поверхности получаются как образы простых (изученных) поверхностей;

* ***проективный способ***, при котором точки и линии поверхности образуются в результате пересечения прямых или плоскостей двух пучков (связок), находящихся в проективном соответствии;

* ***способ выделения линейных каркасов поверхностей*** из многопараметрических множеств линий (комплексов, конгруэнций) путем наложения определенных условий на параметры;

* ***номограммно-ключевой способ***, когда устанавливается некоторая последовательность графических операций (алгоритм), в результате которых определяются элементы каркаса конструируемой поверхности.

Перечисляемые основные способы образования поверхностей взаимно связаны, а некоторые из них взаимозаменяемы. Это относится, например, к кинематическим поверхностям, поверхностям преобразований и др. Наиболее широкое применение в инженерной практике получил кинематический способ образования поверхностей.

Кинематической поверхностью называется поверхность, которая образуется непрерывным перемещением в пространстве линии (образующей) по

определенному закону. У некоторых кинематических поверхностей образующая в процессе движения может менять свою форму.

Закон перемещения образующей, описывающей поверхность, удобно задавать на чертеже некоторыми неподвижными кривыми (направляющими), которые должна пересекать движущаяся образующая.

Система кинематических поверхностей. Изучение заданных многообразий, как правило, начинается с их систематизации. К сожалению, в начертательной геометрии невозможно разработать применяемую для всех возможных случаев систематизацию (классификацию) поверхностей. Каждый способ задания поверхностей образует свою базу для их систематизации. Например, в кинематическом способе образования поверхностей вполне естественно в основу систематизации можно положить вид образующей и закон ее перемещения. По виду образующей различают линейчатые (образующая – прямая), циклические (образующая – окружность) и другие поверхности.

По закону перемещения образующей – поверхности вращения, параллельного переноса, винтовые и т. д. Очевидно, что при этом некоторые поверхности могут быть отнесены к различным классам.

6.2. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность считается заданной на чертеже, если относительно любой точки, заданной на том же чертеже, можно однозначно решить, принадлежит она данной поверхности или нет.

В настоящее время широко используются задание поверхности графическим и аналитическим способами благодаря внедрению ПК в инженерную практику.

Графический способ задания кинематических поверхностей

Этот способ имеет две разновидности: сложные поверхности, имеющие образующие переменной формы, могут быть заданы некоторым числом, совокупностью принадлежащих им точек или линий - ***каркасом***. Такие поверхности обычно называют ***каркасными*** или ***поверхностями зависимых линий***. Типичным примером поверхностей зависимых линий являются топографические поверхности.

Каркасные поверхности задают на чертеже проекциями элементов каркаса. Каркас поверхности в этом случае называется дискретным, в отличие от непрерывного каркаса кинематической поверхности. На полученном чертеже точки и линии поверхности, не лежащие на линиях каркаса, могут быть построены только ***приближенно***. ***Поэтому поверхность, заданная дискретным каркасом, не вполне определена, могут существовать и другие поверхности с тем же каркасом, но несколько отличающиеся одна от другой.***

Часто при задании кинематических поверхностей пользуются понятием определителя. Назовем ***определителем*** данной кинематической поверхности совокупность независимых условий, однозначно определяющих эту поверхность. Условиями могут быть: задание образующей поверхности, закон ее изменения (в случае переменной образующей), закон движения образующей и др. Некоторые из них могут быть выражены графически.

Одна и та же поверхность может быть образована несколькими способами. Поэтому она может иметь разные определители. Например, сфера может быть определена центром и радиусом или четырьмя точками (некомпланарными, то есть не лежащими в одной плоскости) и т. д.

6.3. ОБРАЗОВАНИЕ И ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Поверхностью вращения называют поверхность, образованную вращением какой-либо линии (образующей) вокруг некоторой прямой, называемой осью поверхности.

Для изображения такой поверхности в проекциях с числовыми отметками выбирается ось (рис.197). Затем строится профиль этой поверхности вращения, на котором находится образующая. Каждая точка образующей описывает при вращении окружность с центром на оси вращения, перпендикулярной этой оси. Иначе говоря, сечения поверхности плоскостями, перпендикулярными оси, называются ***параллелями поверхности***. Эти параллели будут проецироваться без искажения на плоскость ***H*** в виде окружностей, а на профиле в виде отрезков, перпендикулярных оси вращения.

Кривые, полученные в сечении поверхности осевыми плоскостями, называются ***меридианами***. Наибольшая и наименьшая параллели называются ***экватором*** и ***горлом*** поверхности. Эти окружности проецируются на ***H*** в виде окружностей.

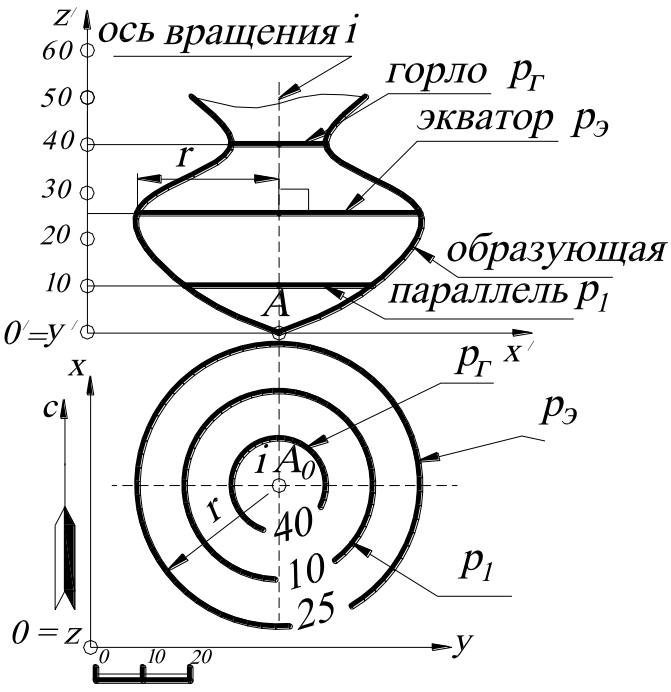


Рис. 197.

Меридианом поверхности вращения является кратчайшая (геодезическая) линия поверхности. Параллели и меридианы, пересекаясь под прямыми углами, образуют ортогональную сеть на поверхности вращения, аналогичную прямоугольной декартовой сети на плоскости.

Для изучения свойств поверхности вращения и построения их изображений на чертежах большое значение имеют следующие теоремы, которые будем называть предложениями, так как они будут даваться без доказательства.

Предложение 1. При вращении плоской или пространственной алгебраической кривой ***n***-го порядка вокруг произвольной прямой образуется поверхность вращения порядка ***2n***.

Предложение 2. При вращении кривой ***n***-го порядка, имеющей плоскость симметрии, вокруг оси, лежащей в этой плоскости, образуется поверхность вращения ***n***-го порядка.

Предложение 3. Вращением прямой ***l*** вокруг оси ***i*** образуется поверхность вращения второго порядка Φ^2.

Предложение 4. Вращением кривой второго порядка l^2 вокруг оси ***i***, лежащей в плоскости симметрии кривой l^2, образуется поверхность вращения второго порядка Φ^2.

6.4. ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА

ЦИЛИНДР. Цилиндром вращения называется поверхность, образованная вращением прямой линии, называемой ***образующей***, вокруг заданной прямой – ***оси***. Цилиндр называется ***прямым***, если его образующие перпендикулярны основанию. Очевидно, любая образующая прямого цилиндра является его высотой. Прямой цилиндр, основание которого – окружность, называется ***прямым круговым цилиндром***. Прямой круговой цилиндр может быть образован и параллельным переносом окружности основания по направлению вдоль оси вращения или винтовым движением винтовой линии, или любой другой линией, лежащей на этом цилиндре. Если ось прямого кругового цилиндра перпендикулярна горизонтальной плоскости, то в проекциях с числовыми отметками такой

цилиндр будет проецироваться на плане в виде окружности, равной основаниям этого цилиндра.

Наклонный эллиптический цилиндр на чертеже в проекциях с числовыми отметками может задаваться однопараметрическим семейством эллипсов с числовыми отметками, а также этот цилиндр может определяться осью и вертикальным сечением, являющимся окружностью.

Ось наклонного цилиндра задается отрезком прямой M_1K_{-3} (рис.198). Через точку M_1 строят вертикальное сечение, перпендикулярное на плане к оси цилиндра, и вводят новую систему координат $O'x'y'z'$ для профиля. На профиле строят окружность заданного радиуса $r=25$ (в соответствии с линейным масштабом), которая является вертикальным сечением наклонного эллиптического цилиндра.

На профиле (вертикальном сечении) проводят горизонтальные линии, расстояния между которыми в масштабе равны единичным высотным превышениям. Другими словами, на профиле находят верхнюю образующую цилин-

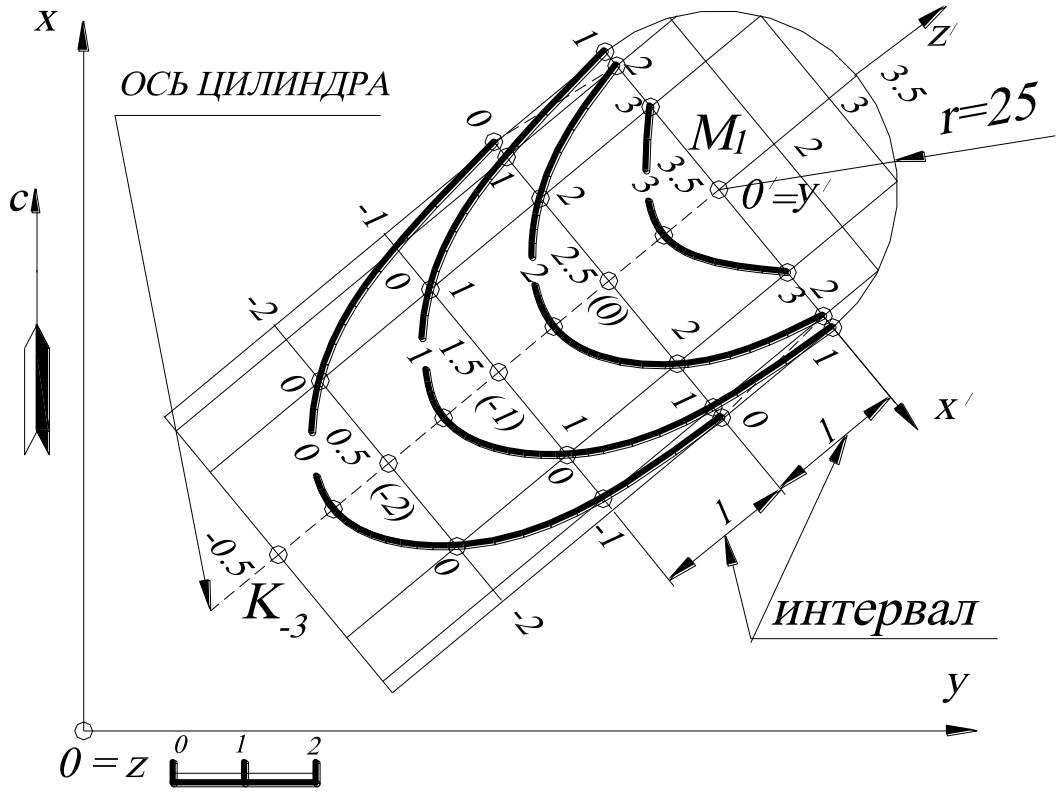


Рис. 198.

дра, высотная отметка которой равна ***3,5***, и ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***3*** и ***2***. На плане масштабы заложения этих образующих будут такими же, как и масштабы заложения оси цилиндра ***l***, так как по условию задания они параллельны друг другу, а их высотные отметки будут определяться пропорционально с помощью профиля.

Крайние очерковые образующие будут иметь высотные отметки, одинаковые с высотными отметками оси, так как они лежат в одной плоскости и, как было уже сказано, параллельны друг другу. Для точности построения эллипсов градуируют ещё две образующие, высотные отметки которых на профиле равны ***2***.

Для построения эллипса с высотной отметкой, например ***1***, необходимо на всех проградуированных образующих цилиндра найти точки с высотной отметкой ***1*** и соединить их плавной кривой. Семейство (однопараметрическое) построенных эллипсов задаст на плане наклонный эллиптический цилиндр, а эллипс с высотной отметкой ***0*** – сечение этого цилиндра горизонтальной плоскостью проекций ***H***.

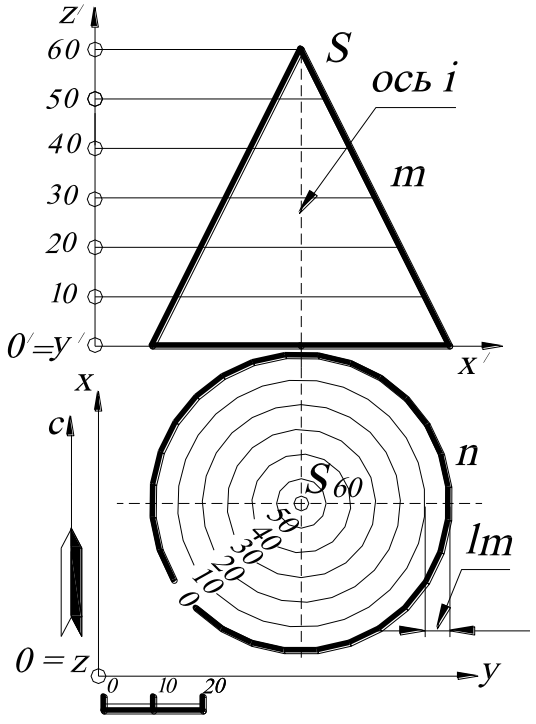


Рис. 199.

<u>КОНУС</u>. На рис.199 изображён конус вращения, образованный вращением вокруг оси ***i⊥H*** прямой ***m***, пересекающей её под острым углом. Прямая ***i*** – ***ось***, прямая ***m*** – образующая, точка ***S=m⋂I*** – ***вершина*** конуса. У конуса две полы, простирающиеся в бесконечность в обе стороны от вершины; на рис.199 показана только часть нижней полы, которая отсечена плоскостью ***H***. Такую часть конуса мы также будем называть конусом, а окружность ***n*** (пересечение конуса с плоскостью проекций ***H***) – его ***основанием***.

Конус вращения в проекциях с числовыми отметками задаётся горизонталями – семейством (однопараметрическим) концентрических окружностей. Расстояние l_m – ***интервал образующей*** конуса – кратчайшее расстояние (на плане) между проекциями двух соседних горизонталей конуса вращения. В сечении конуса вращения могут получаться: окружность, эллипс, парабола, гипербола, две прямые, две совпавшие прямые или две изотропные (мнимые) прямые (см. далее «Конические сечения»).

Размерность конуса вращения в трёхмерном пространстве равна шести. Поэтому такой конус можно задать вершиной (три параметра) и основанием (три параметра); прямой (четыре параметра), точкой на этой прямой (один параметр) и углом наклона образующей (один параметр) и т. п.

<u>СФЕРА</u>.

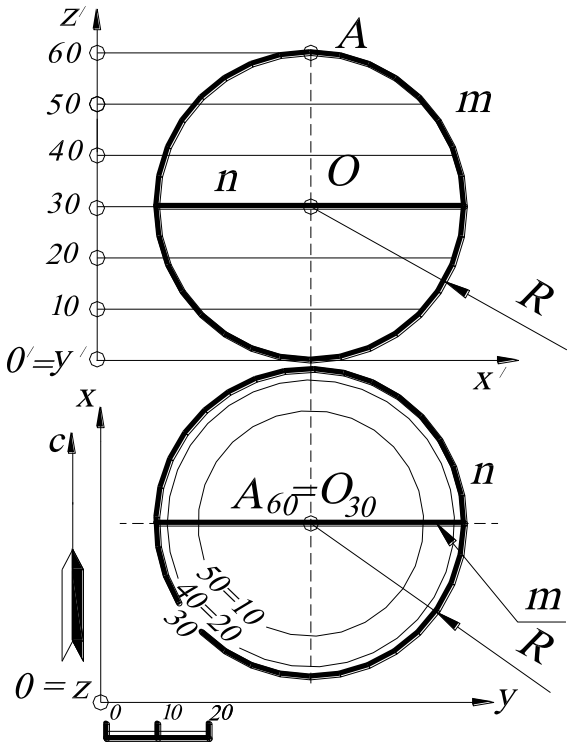


Рис. 200.

Сфера – поверхность, образованная вращением окружности вокруг своего диаметра. Размерность сферы в трехмерном пространстве равна четырем, поэтому сфера может быть задана точкой (три параметра) и радиусом (один параметр); четырьмя некомпланарными (не лежащими в одной плоскости) точками и т. д. Любое плоское сечение сферы представляет окружность. Сфера в проекциях с числовыми отметками (рис. 200) задается горизонталями – семейством окружностей, параллельных основной плоскости проекций (плоскости нулевого уровня). Окружность ***n*** называется ***экватором*** сферы, которая на профиле будет изображаться отрезком прямой, перпендикулярной оси сферы. Окружность ***n*** является ***очерковой линией*** сферы на плане. Раз-

личают горизонтальную и вертикальную очерковые линии. Так, m – вертикальная очерковая линия сферы на профиле, которая на плане изображается отрезком прямой.

На плане сечение сферы плоскостью общего положения представляет собой эллипс. Рассмотрим построение сечения сферы плоскостью общего положения.

Построить сечение сферы плоскостью общего положения ω_i.

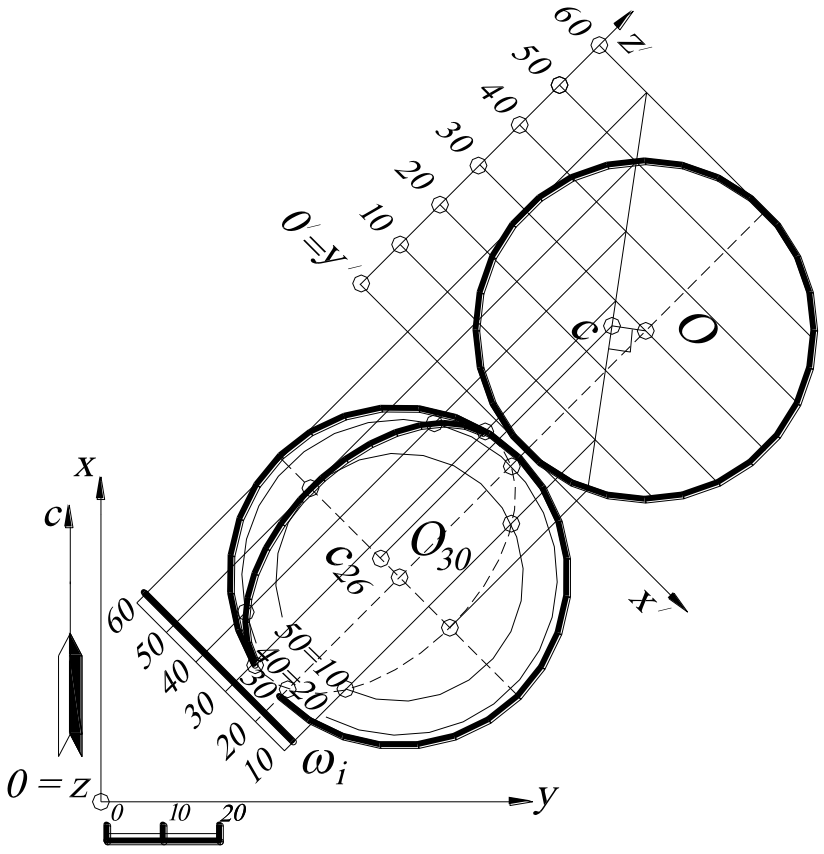


Рис. 201.

Для нахождения сечения сферы плоскостью общего положения строится профиль $O'x'y'z'$, плоскость $O'x'z'$ которого перпендикулярна горизонталям заданной плоскости ω_i. В этом случае заданная плоскость общего положения на этом профиле будет проецирующей (см. «Плоскость»). Поэтому вводится новая декартова система координат, причем ось x' перпендикулярна горизонталям плоскости ω_i, ось z' выбирается вертикально и перпендикулярно к оси x', а ось y' совпадает с началом отсчета O'. Для решения этой задачи профиль удобнее строить в проекционной связи, как показано на рис. 201. На профиле плоскость ω_i будет изображаться в виде прямой, совпадающей с линией падения плоскости, сфера – в виде окружности. На профиле находят общие точки плоскости и сферы и с

помощью линий проекционной связи переносят на план (точка c_{26} – это точка пересечения осей эллипса, построение которой показано на рис. 201).

Рассмотрим пересечение сферы с прямой.

*Найти точки (точку) пересечения прямой **FE** общего положения с поверхностью сферы.*

Алгоритм этой задачи связан с основной позиционной задачей (нахождения точки пересечения прямой с плоскостью):

1. Через прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник.

2. Находят пересечение вспомогательной плоскости-посредника со сферой (окружность).

3. Определяют точки пересечения (вместе с их высотными отметками) полученного сечения с заданной прямой.

4. Определяют видимость заданной прямой.

На чертеже в проекциях с числовыми отметками этот алгоритм реализуется следующим образом (рис. 202). Через прямую $E_{60}F_{10}$ проводят вертикаль-

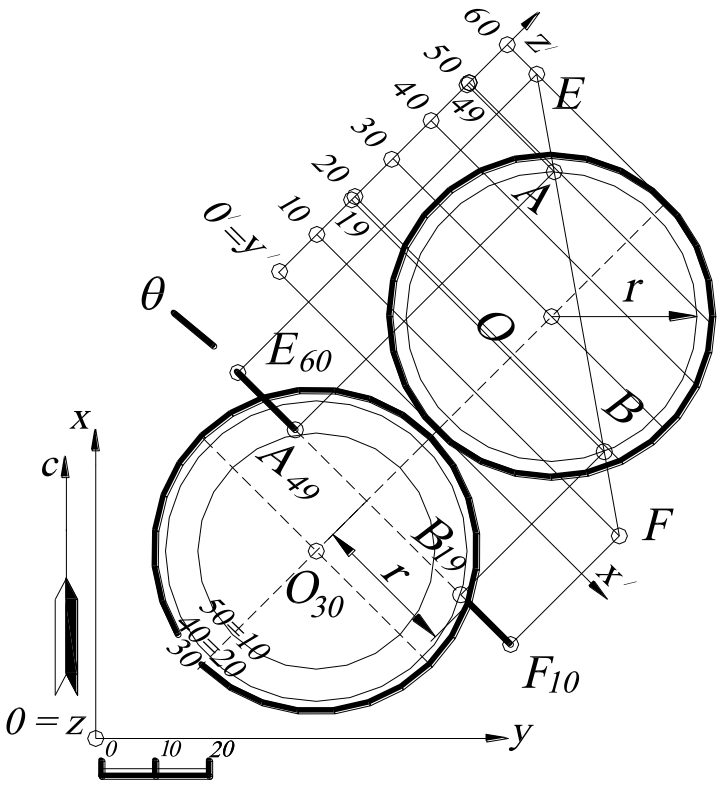


Рис. 202.

ную плоскость-посредник θ. Затем строится профиль $O'x'y'z'$ (новая декартова система координат) так, чтобы ось x' была параллельна проекции (заложению) прямой $E_{60}F_{10}$, так как в этом случае сечение сферы радиуса r на этот профиль спроецируется без искажения, а прямая изобразится в виде прямой AB. На профиле определяются общие точки сечения и заданной прямой – A_{49} и B_{10}, которые, с помощью линий проекционной связи переносятся на план. Видимость прямой $E_{60}F_{10}$ определяют относительно поверхности сферы, то есть если поверхность сферы видима, то прямая невидима.

6.5. КОНИЧЕСКИЕ СЕЧЕНИЯ

При сечении плоскостями поверхностей второго порядка получаются кривые второго порядка. В сечении конуса вращения получаются различные кривые второго порядка (если секущая плоскость не проходит через вершину конуса вращения) в зависимости от положения секущей плоскости:

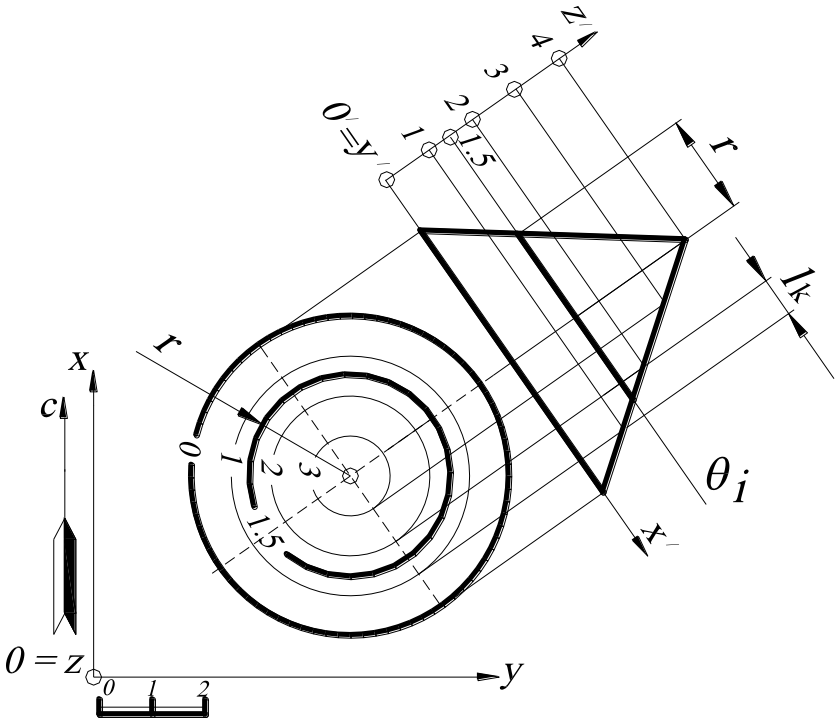


Рис. 203.

1. Окружность, когда секущая плоскость перпендикулярна оси вращения конуса. Если на чертеже, интервал (масштаб заложения) секущей плоскости равен бесконечности, то есть секущая плоскость θ_i парал-

лельна основной плоскости проекций ***H***, то в сечении получается окружность (все точки окружности имеют одну и ту же высотную отметку, например ***1,5***, рис. 203).

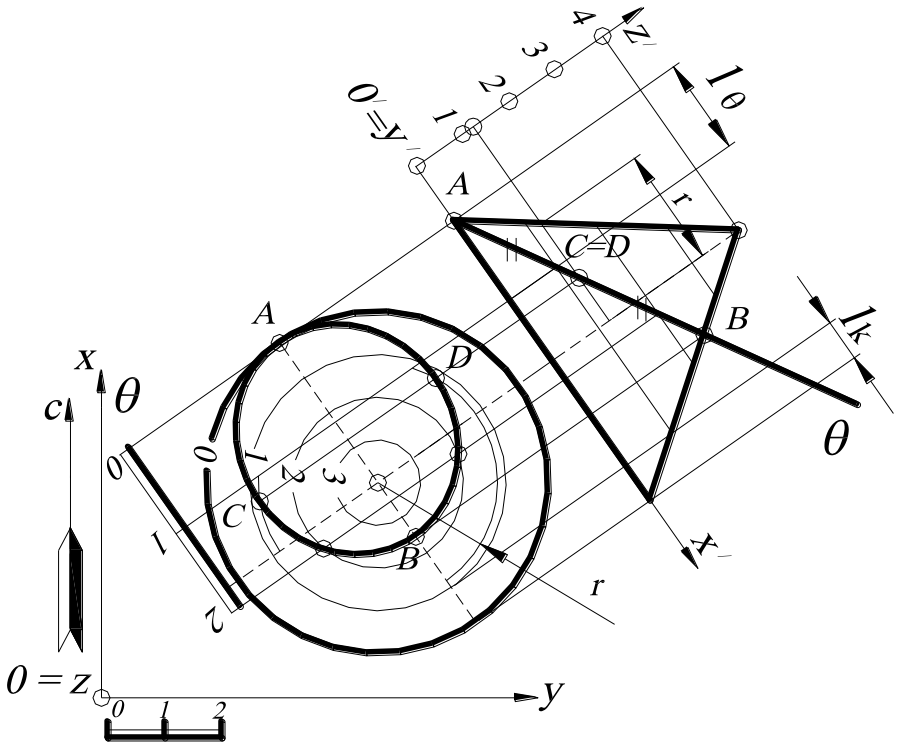


Рис. 204.

2. Эллипс (***или его часть***)**,** когда секущая плоскость θ_i пересекает все образующие одной полы конуса (или могут пересекать), но не перпендикулярна оси конуса. На чертеже в проекциях с числовыми отметками, если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ будет больше интервала (масштаба заложения) образующей поверхности заданного конуса l_k, $l_\theta > l_k$, то в сечении получается эллипс или его часть $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$ (рис. 204).

3. Парабола, когда секущая плоскость θ_i параллельна одной образующей конуса вращения (парабола имеет одну бесконечно удаленную точку). На чертеже в проекциях с числовыми отметками, если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ равен интервалу (масштабу заложения) образующей конуса l_k, то в сечении получается парабола $l_\theta = l_k$, $y^2 = 2px$ (рис. 205).

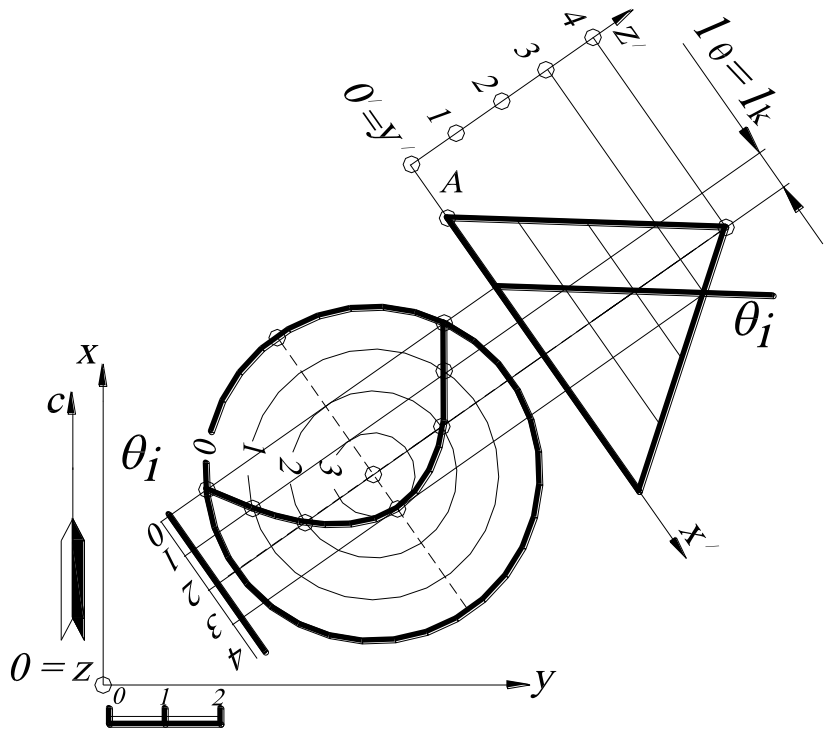


Рис. 205.

4. Гипербола, когда секущая плоскость θ параллельна двум образующим. (Гипербола имеет две бесконечно удаленные точки). Если интервал (масштаб заложения) секущей плоскости l_θ меньше интервала (масштаба заложения) образующей конуса l_k (рис. 206) или вообще секущая плоскость перпендикулярна основанию конуса, то в сечении получается гипербола $l_\theta < l_k$, $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$. Если $l_\theta = 0$, гипербола

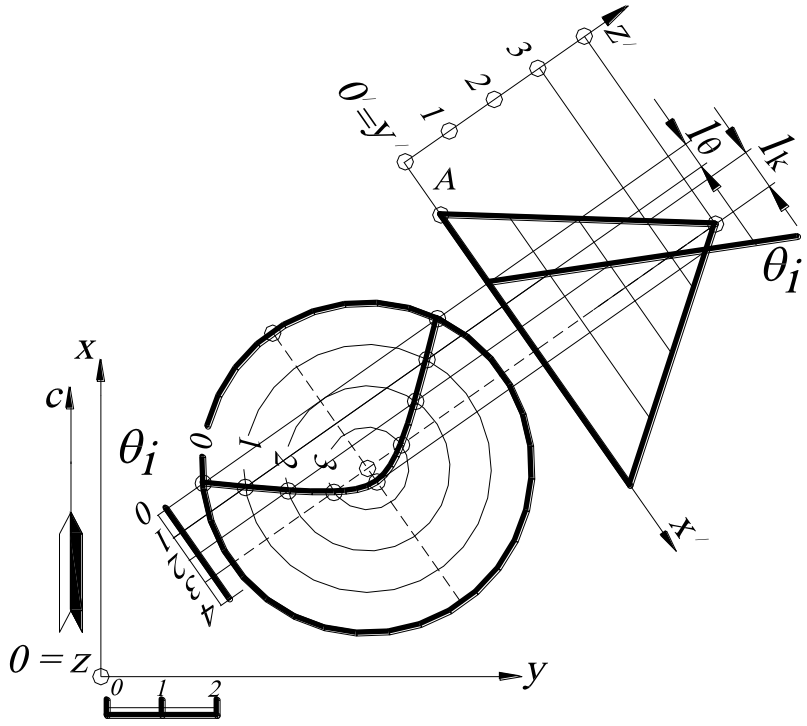


Рис. 206.

на основную плоскость проекций H будет проецироваться в виде прямой, совпавшей с этой вертикальной плоскостью θ_i.

Если секущая плоскость проходит через вершину конуса, то в сечении может получиться:

а) ***две изотропные (мнимые) прямые,*** в пересечении которых появляется действительная точка – вершина конуса ***S***, при этом интервал секущей плоскости l_θ будет больше интервала образующей конуса вращения l_k: $l_\theta > l_k$;

б) ***две совпавшие прямые***, интервал секущей плоскости l_θ будет равен интервалу образующей конуса l_k: $l_\theta = l_k$;

в) ***две пересекающиеся прямые***, интервал секущей плоскости l_θ меньше интервала образующей конуса l_k: $l_\theta < l_k$, а также если секущая плоскость проходит через ось конуса (рис. 207).

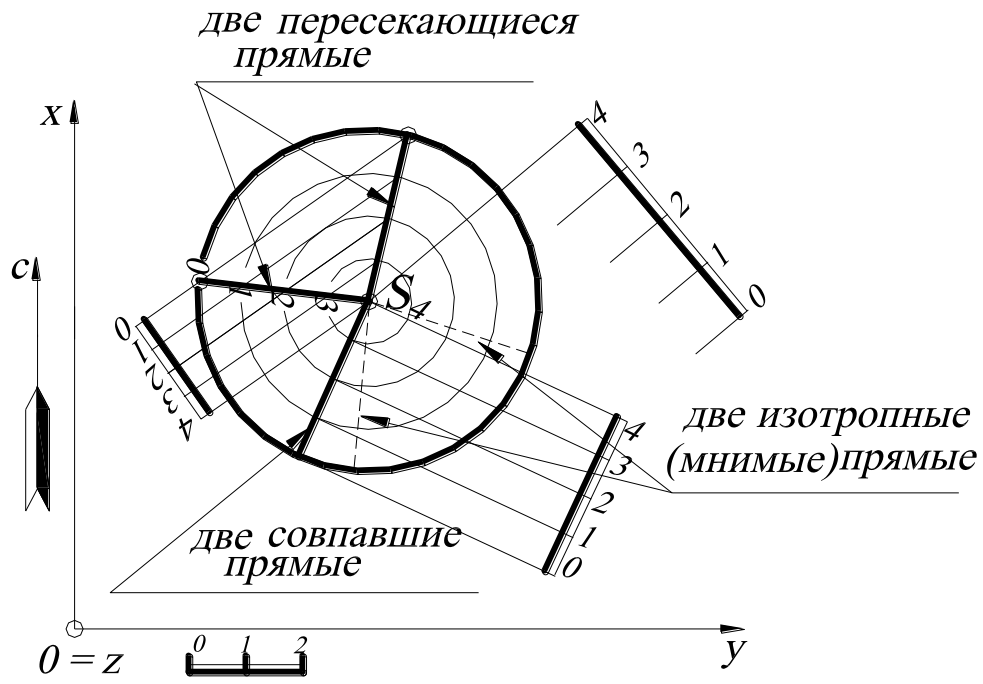


Рис. 207.

6.6. ПОВЕРХНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСА

Поверхностью параллельного переноса называется поверхность, образованная непрерывным параллельным перемещением образующей ***m*** по направляющей ***n*** (рис. 208).

Движение образующей ***m*** может быть определено перемещением какой-либо ее точки ***M*** по бесконечно малым хордам направляющей ***n***. Покажем, что образующие и направляющие поверхности параллельного переноса взаимно заменяемы, то есть поверхность, образованная движением линии ***n*** по линии ***m***, конгруэнтна поверхности, образованной движением линии ***m*** по линии ***n***.

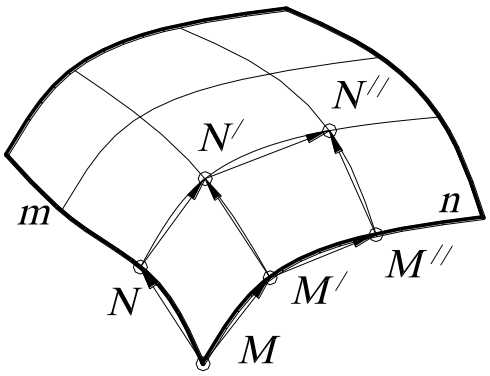


Рис. 208.

Рассмотрим параллелограмм ***MNN/M/***. Точка ***N/*** может быть получена переносом точки ***N*** на вектор ***MM/*** или переносом точки ***M/*** на вектор ***M/N/***, то есть одну и ту же точку ***N/*** поверхности можно получить перемещением образующей по направляющей или, наоборот, направляющей по образующей.

Отсюда следует, что поверхность параллельного переноса несет на себе два семейства линий, конгруэнтных соответственно линиям ***m*** и ***n***. Очевидно, определитель поверхности содержит образующую ***m*** и направляющую ***n***, что записывается так: ***Ф(m; n)***. На чертеже такая поверхность задается образующей и направляющей.

6.7. ЛИНЕЙЧАТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность называется ***линейчатой***, если она образована движением прямой (образующей) ***l*** по заданному закону. Закон ее движения обычно задается тремя направляющими – n_1; n_2; n_3 (рис. 209).

В качестве направляющих можно рассматривать линии или поверхности (образующая перемещается, касаясь этой поверхно-

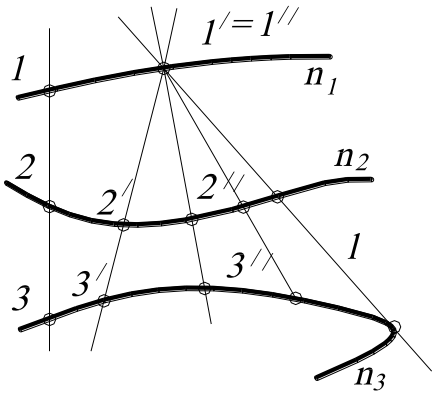
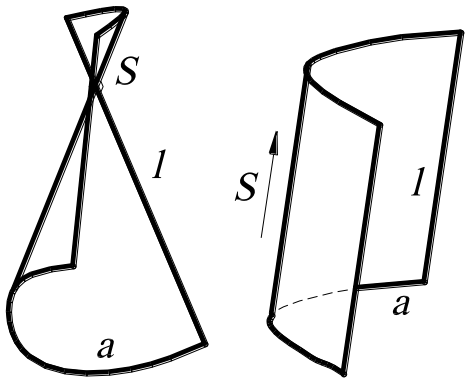


Рис. 209.

сти), а также другие геометрические элементы, например, графики изменения параметров образующих и т. п.

Коническая поверхность Ф образуется движением прямой ***l*** (образующей), проходящей через фиксированную точку ***S*** (вершину) и пересекающей направляющую кривую ***a*** (рис.210, *а*).



а *б*

Рис. 210.

Если направляющей является алгебраическая кривая ***n***-порядка (плоская или пространственная), то порядок поверхности ***Ф*** будет равен ***n***, то есть любая плоскость пересекает ее по кривой ***g*** порядка ***n*** или любая прямая ***m*** пересекает ее в ***n*** точках.

Коническую поверхность с несобственной вершиной ***S*** называют ***цилиндрической поверхностью***. Это поверхность, описываемая движением прямой линии ***l*** (образующей), пересекающей кривую линию ***a*** (направляющую) и имеющей постоянное направление ***S*** (рис. 210, *б*).

Порядок линейчатой поверхности с тремя направляющими равен удвоенному произведению порядков алгебраических направляющих $2n_1n_2n_3$.

ПРИМЕР. Построить линейчатую поверхность, направляющие ***p, q, r***, которой скрещивающиеся прямые (рис. 211).

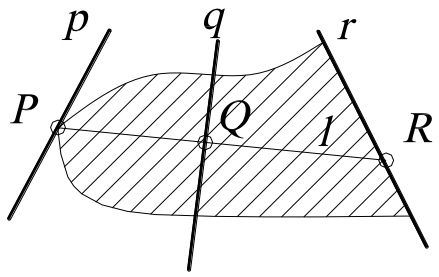


Рис. 211.

Образующая ***l***, проходящая через точку ***P***, принадлежащая направляющей ***p***, пересекает прямые ***q*** и ***r*** и при движении точки ***P*** по прямой ***p*** описывает поверхность, называемую ***однополостным (линейчатым) гиперболоидом***. В этом случае необходимо найти образующую ***l***, проходящую через точку ***P*** и две скрещивающиеся прямые ***q*** и ***r***.

Задача сводится к основной позиционной задаче начертательной геометрии (нахождение общих элементов прямой и плоскости, рис. 212).

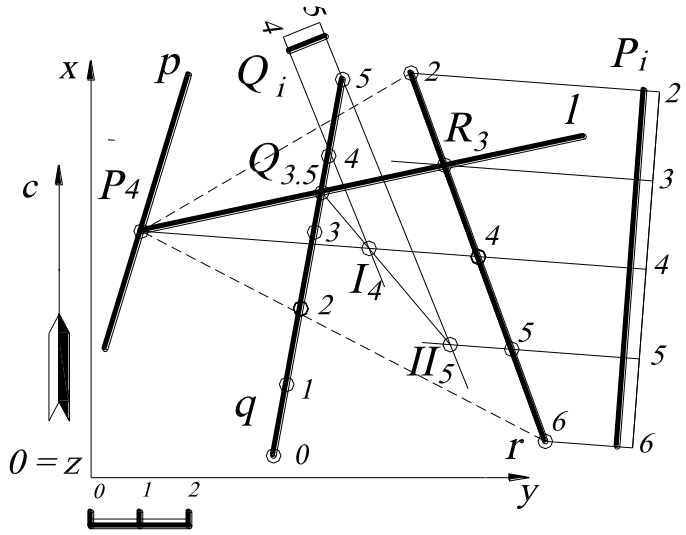


Рис. 212.

Алгоритм:

1. На прямую ***r*** (можно выбрать и другую прямую, то есть ***q***) и точку ***P*** «натягивают» плоскость (на чертеже эта плоскость показана штриховыми линиями). Затем эту плоскость задают горизонталями P_i.
2. Находят точку пересечения прямой ***q*** с плоскостью P_i:

а) через прямую ***q*** проводят вспомогательную плоскость-посредник Q_i;

б) находят пересечение плоскостей P_i и Q_i – прямая I_4II_5;

в) находят точку пересечения прямой I_4II_5 и прямой ***q*** – точка $Q_{3,5}$.

3. Прямая, соединяющая заданную точку P_4 и построенную точку $Q_{3,5}$, будет искомой прямой ***l***.

Форма поверхности показана на рис. 213.

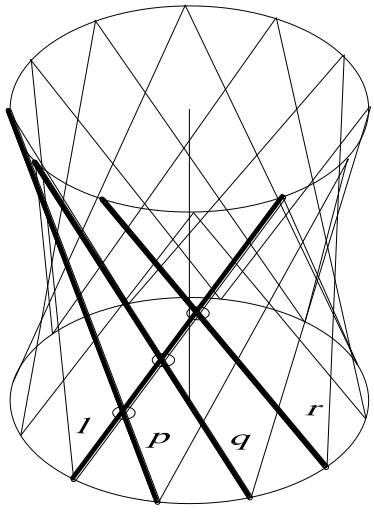


Рис. 213.

На рис. 214 построен однополостный гиперболоид в проекциях с числовыми отметками. На профиле очерк гиперболоида – гипербола, которая строится по точкам пересечения параллелей с плоскостью главного меридиана или может быть построена на профиле как огибающая вращающейся, образующей ***l*** в разных её положениях; на плане очерк однополостного гиперболоида – горловая окружность (горловая параллель) – огибающая горизонтальных проекций прямоли-

нейных образующих ***l***. Однополостный гиперболоид является поверхностью второго порядка.

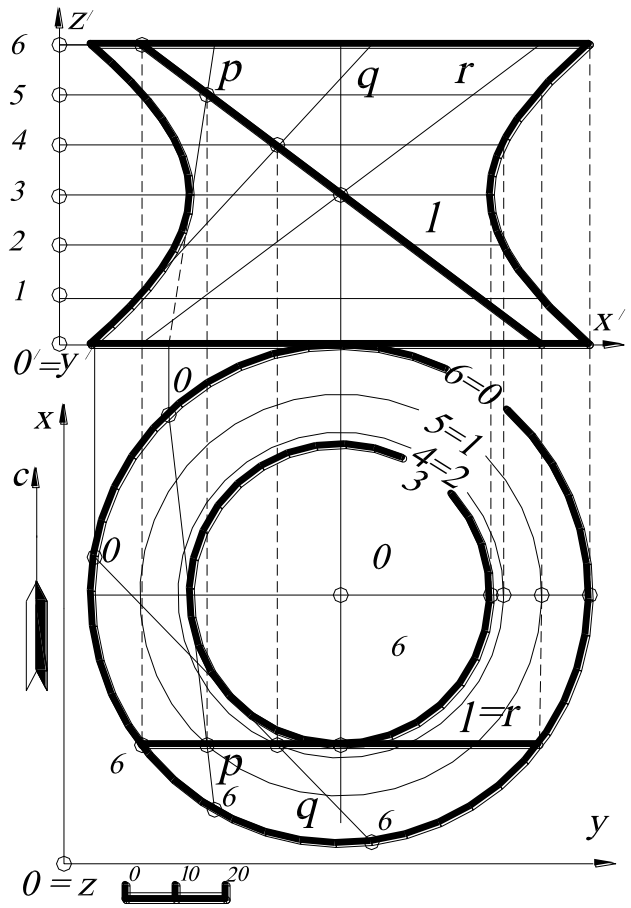


Рис. 214.

Множество прямых, с которыми совпадает при вращении образующая ***l***, называют 1-м семейством на гиперболоиде. Из симметрии поверхности вращения относительно меридиональной плоскости следует существование на гиперболоиде 2-го семейства прямых. Прямые 1-го семейства закручены влево, прямые 2-го – вправо. Любые две прямые одного семейства скрещиваются, любые две прямые из разных семейств пересекаются (или параллельны). Через каждую точку однополостного гиперболоида проходят одна правая и одна левая прямая.

6.8. ЛИНЕЙЧАТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ С ПЛОСКОСТЬЮ ПАРАЛЛЕЛИЗМА (ПОВЕРХНОСТИ КАТАЛАНА)

Линейчатыми поверхностями с плоскостью параллелизма называются поверхности, все образующие которых параллельны заданной плоскости, называемой плоскостью параллелизма или направляющей плоскостью.

Если одна из направляющих будет являться несобственной (бесконечно удаленной), а две другие действительными, такие поверхности называются поверхностями с плоскостью параллелизма, так как плоскость параллелизма явля-

ется собственным представителем несобственной (бесконечно удаленной) прямой. В самом деле, любая образующая пересекается с плоскостью параллелизма в бесконечно удаленной (несобственной) точке, так как образующих у линейчатой поверхности ∞^1, то получают ∞^1 несобственных точек (бесконечно удаленных), то есть несобственную прямую. В зависимости от вида действительных направляющих поверхность с плоскостью параллелизма называется цилиндроидом, коноидом, косой плоскостью.

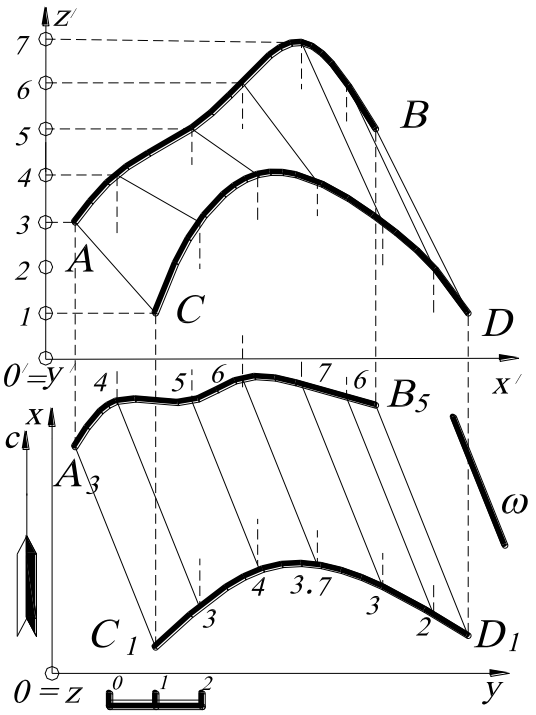


Рис. 215.

Цилиндроид – поверхность, образованная движением прямой (образующей) по двум действительным кривым направляющим, причем образующая всегда остается параллельна плоскости параллелизма. Порядок такой поверхности: $n=2\cdot n_1\cdot n_2\cdot 1$. На рис. 215 изображен цилиндроид, образованный движением прямой, пересекающей направляющие кривые ***AB*** и ***CD*** и параллельной плоскости параллелизма $\omega \perp H$ (H – основная плоскость проекций ***xOy***).

Коноид – поверхность, образованная движением прямой (образующей) по двум действительным направляющим, одна из которых прямая, причем образующая остается всегда параллельна какой-либо плоскости параллелизма. Порядок такой поверхности: $n = 2\cdot n_1\cdot 1\cdot 1$. На рис. 216 показан коноид, направляющими линиями служат кривая ***AB*** и прямая $CD \perp H$, а плоскостью параллелизма – основная плоскость проекций ***xOy***.

Косая плоскость - поверхность, образованная движением прямой (образующей) по двум действительным скрещивающимся прямым (рис. 217), причем

образующая остается всегда параллельна какой-либо плоскости параллелизма. Эта поверхность известна под названием ***гиперболического параболоида***, так как она несет на себе каркас не только прямых, но и гипербол и парабол. Порядок такой поверхности: ***n=2·1·1·1=2***. На рис. 217 изображена часть такой поверхности, ограниченная направляющими ***AB*** и ***CD*** и образующими ***AD*** и ***BC***, параллельными плоскости параллелизма ω, перпендикулярной основной плоскости проекций ***xOy***.

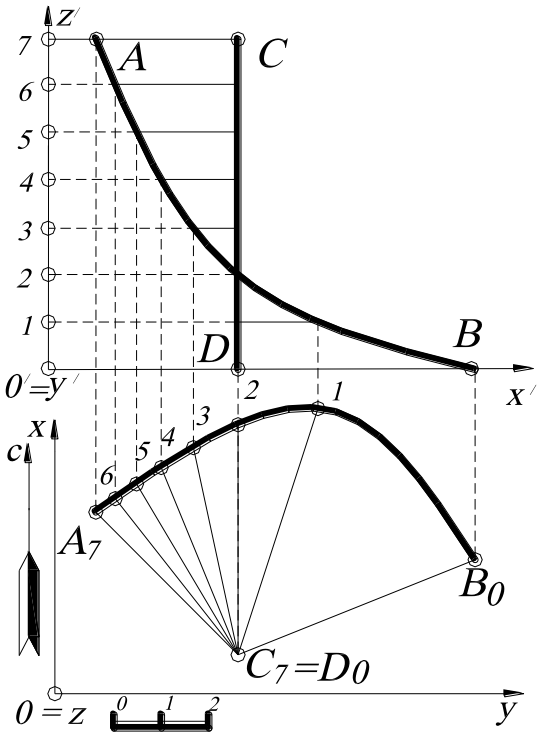


Рис. 216.

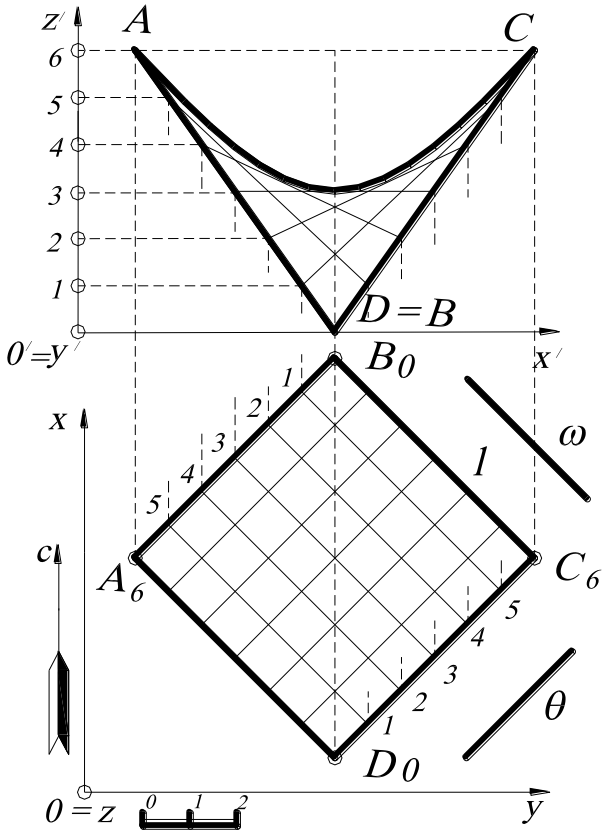


Рис. 217.

На гиперболическом параболоиде есть второе семейство прямых, которому принадлежат данные направляющие ***AB*** и ***CD***. Все прямые второго семейства также параллельны некоторой плоскости параллелизма θ (на рис. 217 $\theta \perp H$). Эти два семейства (образующих и направляющих) совершенно равноправны, то есть при движении прямой ***AB***, пересекающей прямые ***AD*** и ***BC*** и параллельной плоскости θ, получается та же поверхность. Два семейства прямых на гиперболическом параболоиде устроены точно так же, как и на однопо-

лостном гиперболоиде, а именно: две прямые одного семейства скрещиваются, две прямые из разных семейств лежат в одной плоскости; через каждую точку гиперболического параболоида проходит одна прямая из каждого семейства.

6.8.1.ПОВЕРХНОСТИ ОДИНАКОВОГО СКАТА

На практике при проектировании откосов дорог часто применяются и поверхности равнодлинного откоса. Поверхность одинакового ската представляет собой в пространстве огибающую семейства прямых круговых конусов, вершины которых лежат на пространственной кривой (рис. 218).

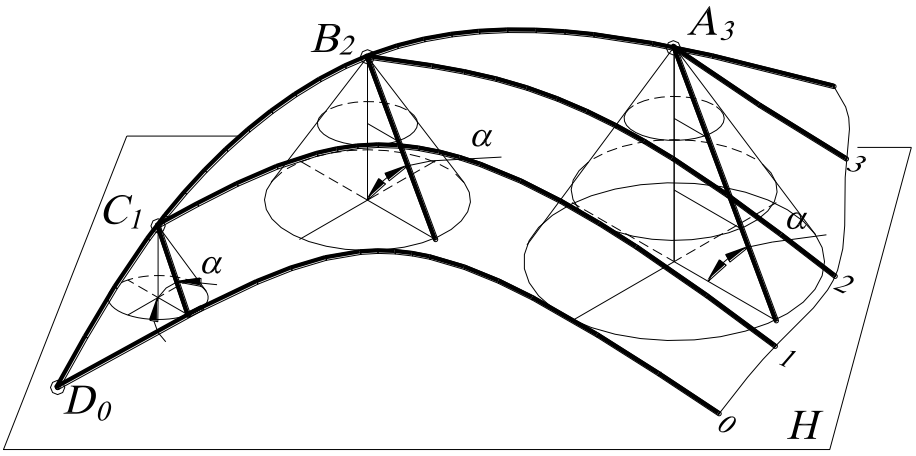


Рис. 218.

Поверхность одинакового ската – линейчатая поверхность. Все образующие этой поверхности составляют с горизонтальной плоскостью проекций H одинаковый угол α, равный углу наклона образующих конуса. Частным случаем поверхности одинакового ската является эвольвентная поверхность. Для построения горизонталей поверхности одинакового ската необходимо иметь проекцию кривой линии и угол наклона поверхности (образующих конуса) α к горизонту.

ПРИМЕР. Построить к заданной кривой $A_3B_2C_1D_0$ поверхность одинакового ската с углом наклона поверхности к основной плоскости проекций H, равным $\alpha=70^0$.

Построения выполняются следующим образом:

1. В соответствии с масштабом чертежа строится профиль, в котором проводится прямая под углом α. Получаемый при этом отрезок l характеризует интервал образующих конусов (рис. 219).

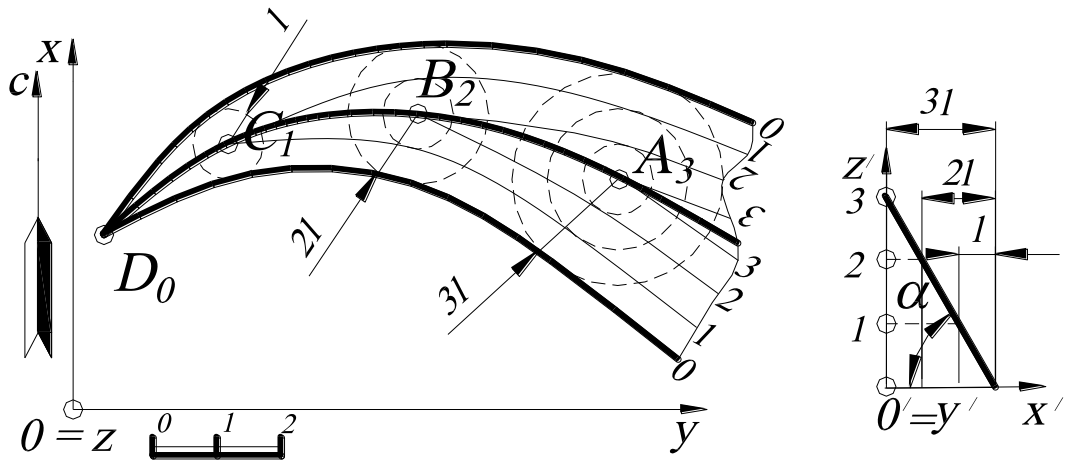


Рис. 219.

2. В соответствии с интервалом l строятся образующие конусов с центрами в точках $C_1B_2A_3$.

3. По касательным к горизонталям конусов с одинаковыми высотными отметками проводятся лекальные кривые горизонталей поверхности одинакового ската.

6.8.2. ПОВЕРХНОСТЬ РАВНОДЛИННОГО ОТКОСА

Поверхностью равнодлинного откоса называется линейчатая поверхность, образующая которой - отрезок прямой постоянной длины – перемещается в пространстве так, что его один конец скользит по направляющей, пространственной кривой (прямой), а другой конец - по заданной поверхности (плоскости), причём горизонтальная проекция образующей всегда перпендикулярна горизонтальной проекции направляющей.

Частным случаем поверхности равнодлинного откоса является такая поверхность, образующая которой (отрезок постоянной длины) одним концом скользит по прямой, а другим - по горизонтальной плоскости. В этом случае поверхность равнодлинного откоса можно представить как поверхность, соприкасающуюся с однопараметрическим множеством прямых круговых конусов с вертикальной осью (рис. 220). Вершины этих конусов лежат на направляющей

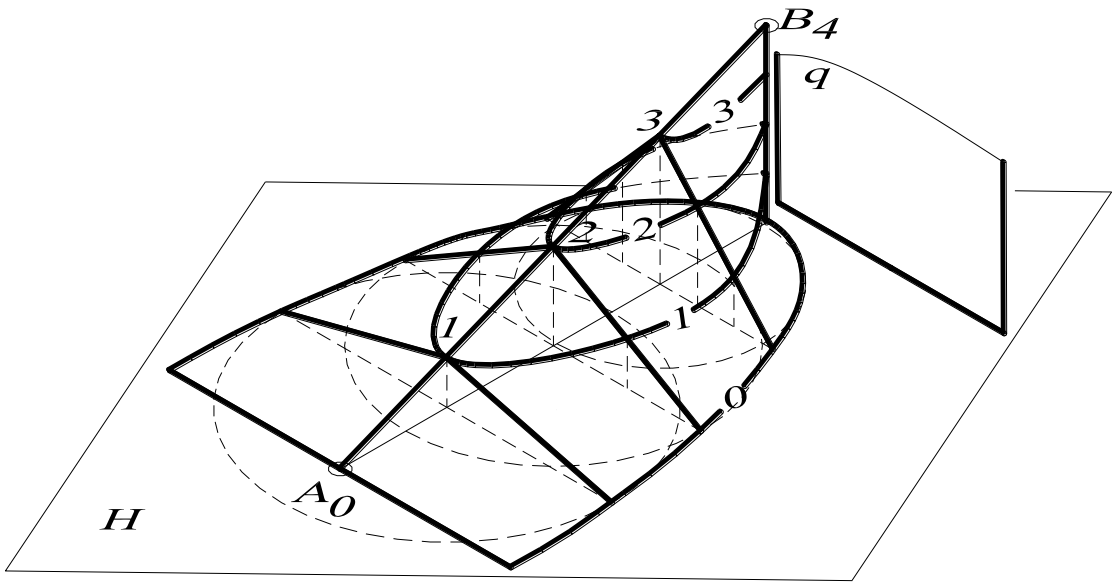


Рис. 220.

(прямой), а основания – на заданной плоскости. На практике такая поверхность заменяется поверхностью, образующие которой на горизонтальной проекции перпендикулярны горизонтальной проекции направляющей (по определению). Длины отрезков образующих этих конусов, заключённых между вершинами и основаниями, равны, то есть угол наклона образующей конуса к горизонтальной плоскости проекций меняется при движении конуса вдоль направляющей.

Поверхность равнодлинного откоса такого вида задана:

1) направляющая - отрезок прямой; образующая – отрезок прямой постоянной длины. Горизонтальные проекции образующей и направляющей перпендикулярны, то есть все горизонтальные проекции образующих

будут параллельны между собой, а, следовательно, параллельны плоскости параллелизма $\boldsymbol{q}$ (см. рис. 220);

2) отрезок (образующая поверхности) одним концом скользит по направляющей, другим – по основной (горизонтальной) плоскости проекций.

В результате движения образующей по горизонтальной плоскости проекций, в пересечении получается плоская кривая, которую можно рассматривать, в данном случае как направляющую. Тогда поверхность равнодлинного откоса можно представить как часть ***коноида***.

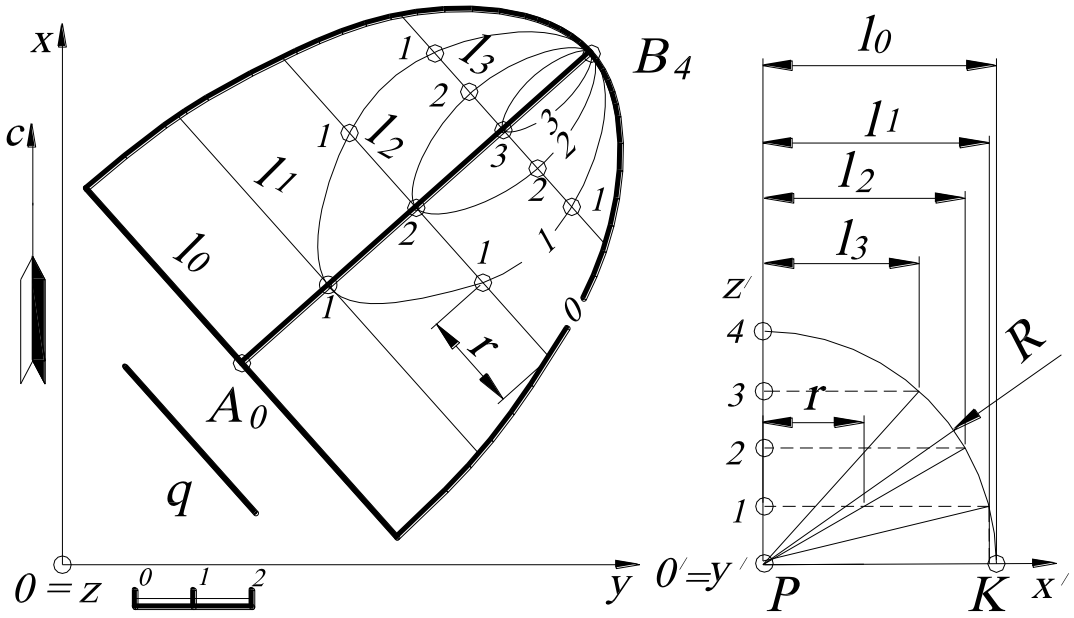
ПРИМЕР. Построить поверхность равнодлинного откоса (часть коноида), образующая которой прямая $\boldsymbol{l}$, параллельная плоскости параллелизма $\boldsymbol{q}$. Образующая (постоянной длины) этой поверхности одним концом скользит по направляющей прямой $\boldsymbol{A_0B_4}$, а другим – по горизонтальной плоскости проекций $\boldsymbol{H}$. Натуральная величина образующей определяется расстоянием от прямой $\boldsymbol{A_0B_4}$ до горизонтальной плоскости проекций $\boldsymbol{H}$.

Построение очерка поверхности равнодлинного откоса

В общем случае, поверхность равнодлинного откоса можно представить как поверхность, соприкасающуюся с однопараметрическим множеством прямых круговых конусов с вертикальной осью (вершины этих конусов лежат на направляющей (прямой) $\boldsymbol{A_0B_4}$, а основания на горизонтальной плоскости проекций $\boldsymbol{H}$). Тогда образующую конуса можно рассматривать как постоянную образующую поверхности равнодлинного откоса, параллельную плоскости $\boldsymbol{q} \perp \boldsymbol{H}$ (рис. 221).

Для определения горизонтальных проекций образующих части поверхности равнодлинного откоса проводят окружность радиуса $\boldsymbol{R}$, равной натуральной величине отрезка образующей $\boldsymbol{PK=l_0}$ (см. рис. 221, *б*). Рассекают эту окружность горизонтальными прямыми, расстояния между которыми, в масштабе, равны единице (линейный масштаб). Длину отрезка $\boldsymbol{PK}$ можно рассматривать как постоянную образующую конусов.

Затем строятся образующие поверхности равнодлинного откоса, проходящие через отметки ***0***, ***1***, ***2***, ***3***, причём горизонтальные проекции этих образующих на плане перпендикулярны направляющей A_0B_4. В точке с отметкой ***4*** образующая поверхности будет проецирующей.



а *б*

Рис. 221.

Построенные образующие на плане градуируют с интервалом ***1*** (единица), то есть определяют промежуточные высотные отметки, расположенные между концами отрезка образующей. Градуировка осуществляется с помощью переноса соответствующих высотных отметок. Для этого используется сетка горизонтальных сечений на профиле (см. рис. 221, *б*) (например, расстояние ***r*** на образующей l_2 соответствует точке с высотной отметкой ***1***). Точки с одинаковыми высотными отметками соединяют плавными кривыми линиями, которые являются горизонталями поверхности равнодлинного откоса.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чём заключается каркасный способ задания поверхности?

2. Что такое определитель поверхности?

3. Перечислите способы задания поверхностей на плане (сферы, конуса, поверхности вращения общего вида).

4. Найти точки пересечения прямой общего положения ***AB*** и прямого кругового конуса.

5. Найти точки пересечения прямой общего положения ***AB*** и наклонного цилиндра.

6. Как построить линию пересечения поверхности вращения и многогранника?

7. Как определяется линия пересечения двух поверхностей вращения?

8. На ребре куба как на диаметре построена сфера. Вписать в куб сферу, касающуюся данной сферы и трёх граней куба.

9. Как образуется поверхность равнодлинного откоса?

10. Сформулируйте определитель поверхности равного уклона.

11. Найти точки пересечения прямой общего положения ***AB*** и косой плоскости.

7. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Кинематические поверхности сложной формы иногда называют поверхностями зависимых линий. Типичным примером поверхностей зависимых линий служат топографические поверхности.

Топографическими поверхностями называют поверхности, заданные дискретным множеством линий уровня. Такое представление поверхностей широко распространено в топографии, горном деле, строительстве и др. Следует помнить, что поверхности, заданные дискретным каркасом, не вполне опре-

делены, так как могут существовать и другие поверхности с тем же каркасом, но несколько отличающиеся одна от другой.

Непрерывно-топографическими поверхностями называют поверхности, образованные непрерывным множеством линий уровня. Эти поверхности широко применяют в авиации, архитектуре и др.

На рис. 222 изображена топографическая поверхность, пересекаемая пучком параллельных горизонтальных плоскостей H_0, H_1, H_2, расположенных по вертикали на одном расстоянии друг от друга $h=10$. Плоскости H_0, H_1, H_2 пересекают заданную топографическую поверхность по горизонталям – плоским кривым. Ортогонально (перпендикулярно) спроецировав полученные горизонтали на основную плоскость проекций H, получают ряд замкнутых кривых, называемых ***изогипсами*** (isos – греч. равный, одинаковый, hypsos – греч. высо-

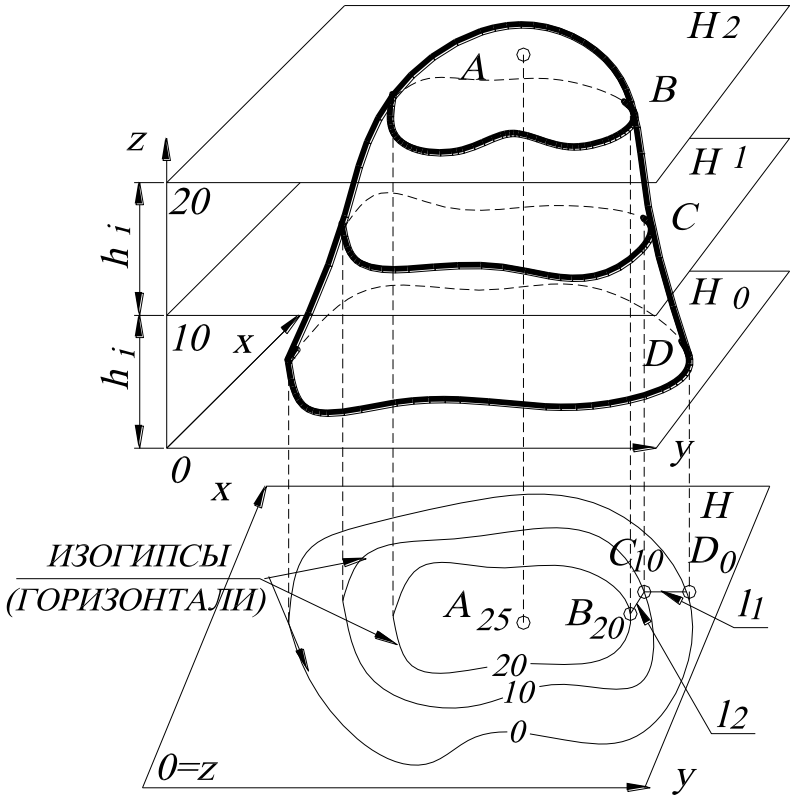


Рис. 222.

та).

Полученные таким образом изогипсы образуют план топографической поверхности в системе координат ***xOy***. Следует помнить, что в проекциях с

числовыми отметками ось x всегда совпадает с северным направлением меридиана.

Иногда при решении инженерных задач на земной поверхности возникает необходимость использовать следующие термины.

Высота сечения h – это расстояние по вертикали между секущими рельеф поверхности горизонтальными плоскостями.

Заложение (интервал) l – это расстояние по нормали между проекциями двух соседних изогипс.

Угол падения (наклона) σ топографической поверхности к горизонту определяется высотой сечения и заложением: $tg\sigma = \frac{h}{l} = i$.

Отношение высоты сечения к заложению i между горизонталями называют ***уклоном***.

7.1. ЭЛЕМЕНТЫ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Элементы рельефа топографической поверхности можно легко представить по изображению горизонталей и анализу их высотных отметок. Для удобства определения характера топографической поверхности и отдельных форм рельефа пользуются берг-штрихами, которые проставляют перпендикулярно горизонтали и направляют от неё в сторону спуска поверхности. Горизонтали, кратные 5 числовым отметкам, для удобства чтения чертежа иногда выделяют толстой линией.

В табл. 5 даны некоторые схемы изображения горизонталей главных элементов поверхности. Вершина горы, дно котлована называются ***характерными точками топографической поверхности***, а линии водораздела и водослива – характерными линиями поверхности. По характеру горизонталей на плане и по профилю можно установить характер формы скатов (падений) поверхности (табл. 6).

Таблица 5

Схемы изображения основных форм рельефа на плане

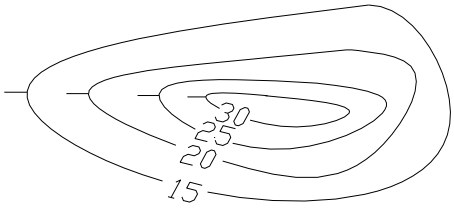
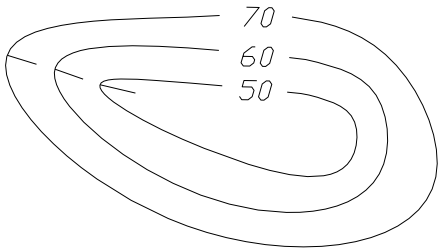
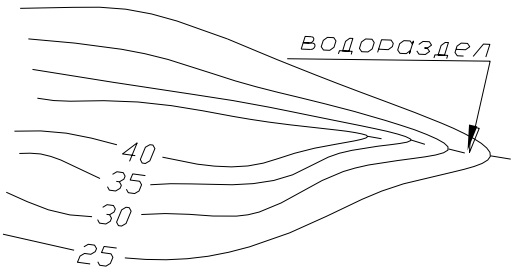
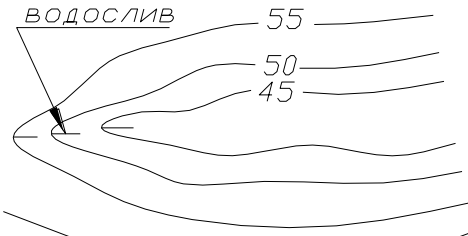
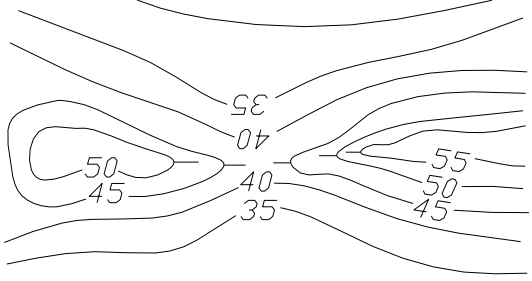
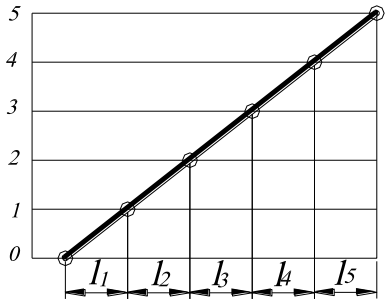
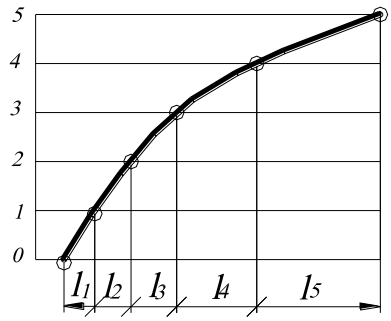
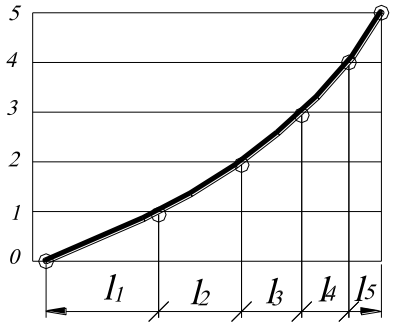
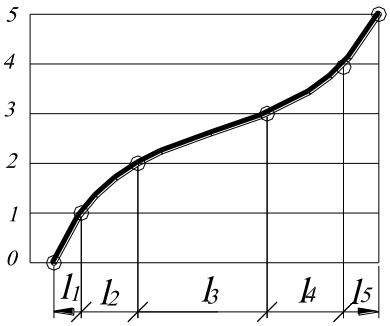
План поверхности	Название рельефа	Краткая характеристика поверхности
	Возвышение, гора (холм)	Выпуклая конусообразная форма. Горизонтали – замкнутые кривые
	Впадина, котловина (яма)	Конусообразное углубление. Горизонтали – замкнутые кривые
	Хребет	Вытянутое в одном направлении возвышение
	Лощина	Вытянутое в одном направлении углубление
	Седловина, перевал	Понижение рельефа при пересечении горы или хребта

Таблица 6

Схемы изображения основных форм ската на профиле

Профиль поверхности	Название ската	Краткая характеристика профиля поверхности
	Ровный	Заложения (интервалы) на всей высоте сечения: $l_1=l_2=l_3=l_4=l_5$
	Выпуклый	Заложение (интервал) у подошвы меньше, чем у вершины: $l_1<l_2<l_3<l_4<l_5$
	Вогнутый	Заложение (интервал) у подошвы больше, чем у вершины: $l_1>l_2>l_3>l_4>l_5$
	Смешанный	Заложения (интервалы) изменяются: $L_3>l_4>l_2>l_1>l_5$

ЛИНИЯ ПАДЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ определяет кратчайшее расстояние между двумя горизонталями и называется падением топографической поверхности, или линией наибольшего ската поверхности в данной точке.

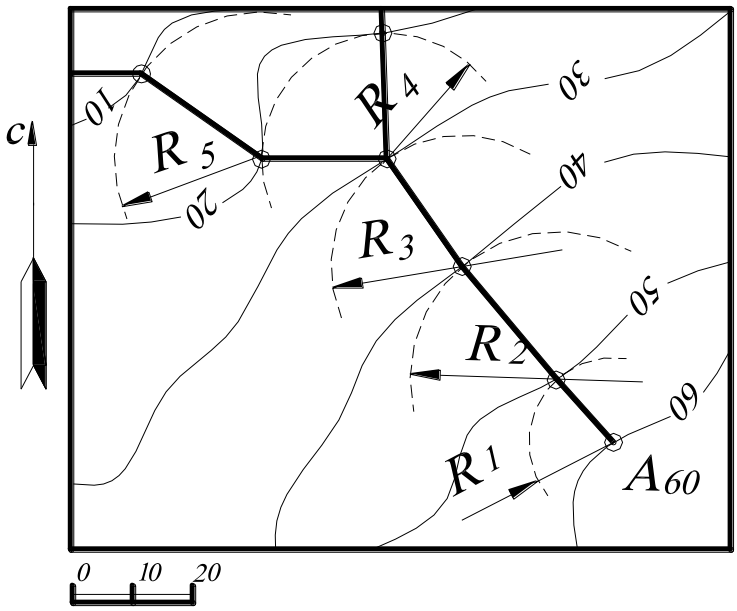


Рис. 223.

Линия падения строится как совокупность прямых-образующих конических поверхностей, по которым происходит касание. Условно принимается, что перепад высотных отметок носит линейный характер, следовательно, топографическая поверхность будет касаться конуса по образующей. При этом основание прямого кругового конуса будет касаться ближайшей горизонтали (касание может быть также и в нескольких точках, рис. 223).

ЛИНИЯ ПОСТОЯННОГО УКЛОНА топографической поверхности используется на практике при проектировании трассы дорог (шоссейных, железных), каналов, то есть там, где возникает необходимость построения линии постоянного уклона на топографической поверхности. Для сокращения земляных работ ось дороги (или канала) располагают не по прямой, а так, чтобы она шла по топографической поверхности, изменяя при этом направление соответственно с уклоном местности.

На рис. 224 показано построение линии постоянного уклона на топографической проекции, где σ - постоянный угол наклона прямой – оси к горизонтальной плоскости проекций. На профиле определяется интервал l, затем на плане (с помощью засечек циркуля) строят кривую линию.

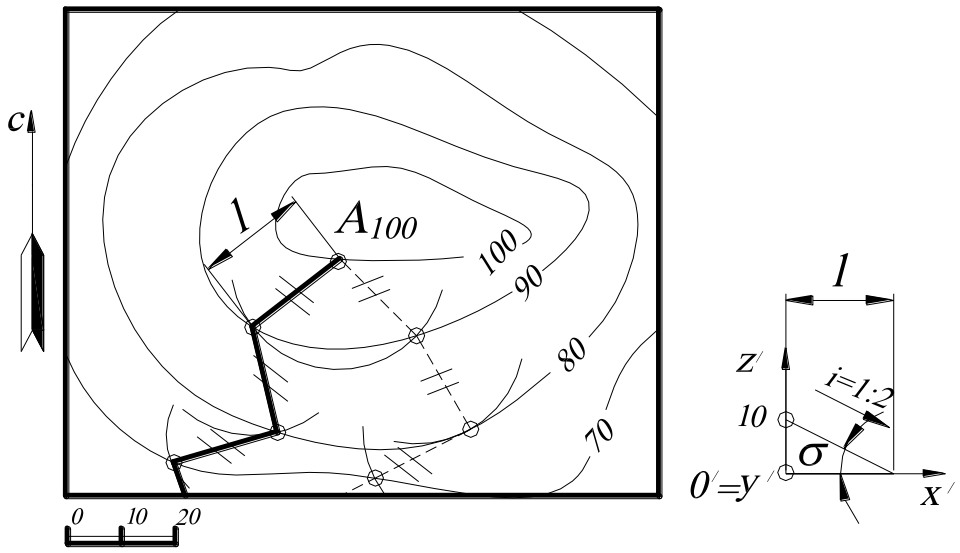


Рис. 224

ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ТОЧКИ К ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ. Если точка принадлежит поверхности, то она принадлежит линии, лежащей на этой поверхности.

ПРИМЕР. Найти высотную отметку точки ***A***, принадлежащую топографической поверхности (рис. 225).

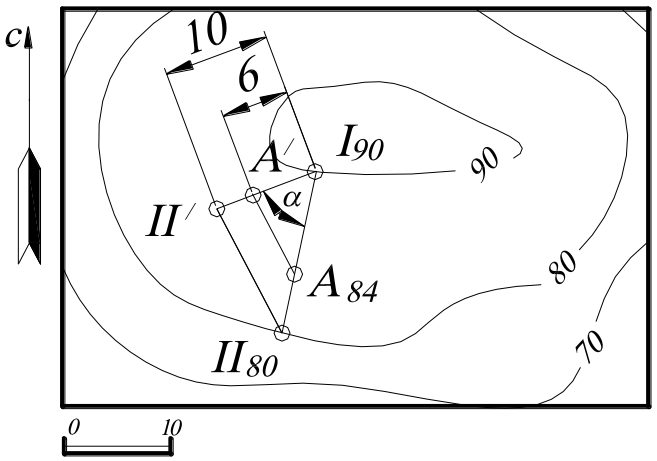


Рис. 225.

Через точку ***A*** на плане проводят линию ската $I_{90}II_{80}$, которая является интерполяционной прямой перепада высот. Из точки I_{90} проводят отрезок прямой $I_{90}II'$ под произвольным углом α и откладывают на нём от точки I_{90} разницу высотных отметок, взятых по масштабу чертежа, то есть ***10***. Произвольный отрезок $I_{90}II'$, на котором откладываем разницу числовых отметок точек, назовём шкалой масштабов. Соединяют полученную точку II' с точкой II_{80}. Затем с помощью подобных треугольников находят точку A', то

есть проводят прямую из искомой точки A, параллельную отрезку прямой $II_{80}II'$. Далее, по шкале масштабов определяют высотную отметку точки A на прямой $I_{90}II'$. Таким образом, высотная отметка точки A соответствует 84.

С помощью вышеописанного построения можно строить промежуточные изогипсы.

7.2. НАХОЖДЕНИЕ ОБЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОСТИ И ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

1. Плоскость занимает проецирующее положение.

В этом случае проекция линии пересечения совпадает со следом плоскости (так как плоскость проецирующая), а линия пересечения будет иметь высотные отметки, что и изогипсы заданной топографической поверхности. Линию пересечения строят на профиле (в геологии такие сечения называют геологическими вертикальными разрезами). На рис. 226 показано построение линии пересечения проецирующей плоскости с топографической поверхностью.

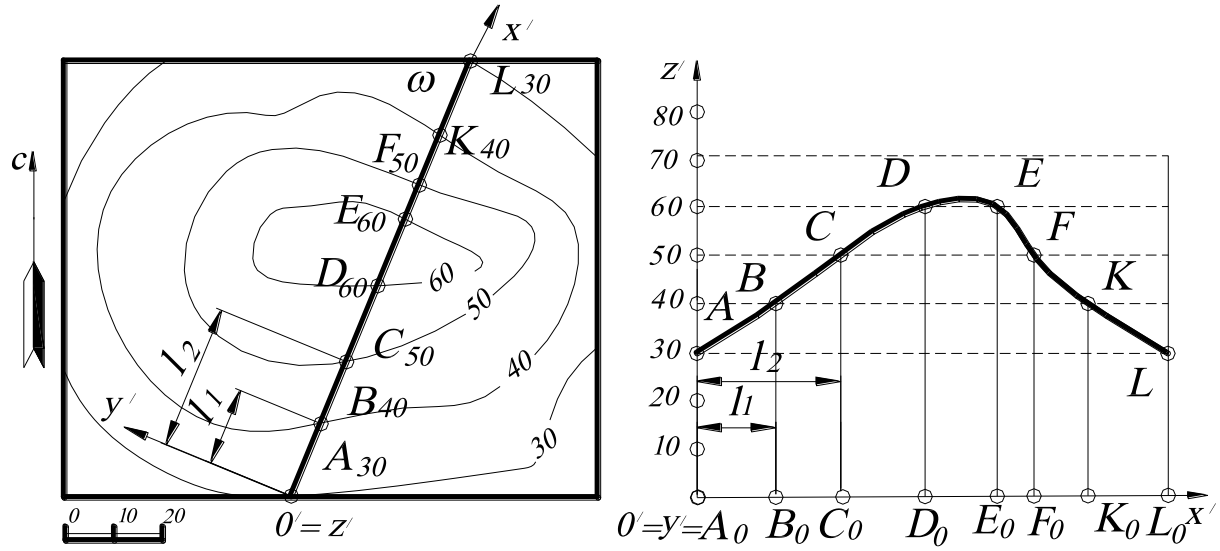


Рис. 226.

Построение осуществляется следующим образом. На плане задают новую систему координат $O'x'y'z'$, совпадающую с проекцией проецирующей плоскости ω, и находят точки пересечения с изогипсами A_{30}, B_{40}, C_{50}, D_{60}, E_{60}, F_{50}, K_{40},

L_{30}, имеющие одинаковые высотные отметки. На профиле, по оси x откладывают заложения этих точек l_1, l_2,… (на рис. 226 показаны только два, остальные строятся аналогично) и получают основания точек A_0, B_0, C_0, D_0, E_0, F_0, K_0, L_0 (или проекции на основную плоскость проекций), которые затем поднимают по перпендикулярам на соответствующие высотные отметки и соединяют плавной кривой линией.

2. Плоскость занимает горизонтальное положение.

Нахождение линии пересечения топографической поверхности с горизонтальной плоскостью сводится к нахождению изогипсы, так как все изогипсы получаются в результате пересечения заданного рельефа горизонтальными плоскостями. Однако если горизонтальная плоскость имеет числовую отметку отличную от высоты заданного сечения топографической поверхности, то в этом случае необходимо найти изогипсу с промежуточной числовой отметкой. Рассмотрим решение этой задачи на примере.

ПРИМЕР. Найти линию пересечения заданной топографической поверхности горизонтальной плоскостью H_{82} (рис. 227).

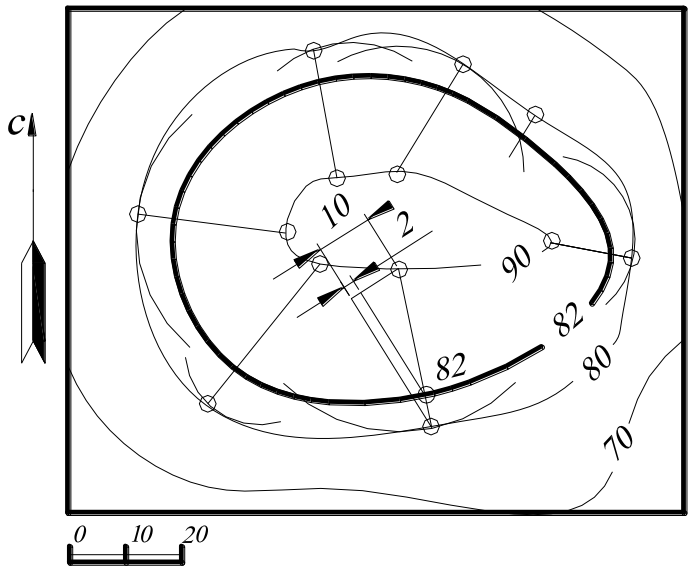


Рис. 227.

Для определения на плане горизонтальной плоскости, проходящей через высотную отметку ***82***, необходимо построить изогипсу с отметкой ***82***. Для этого между изогипсами ***80*** и ***90*** строят ряд линий ската, считая, что перепад высот носит линейный характер. С помощью градуирования находят на этих линиях ската числовые отметки ***82*** (см. рис. 225) и, соединив последовательно полученные точки кривой линией, получают искомую изогипсу, которая называется

промежуточной. Эта изогипса будет определять линию пересечения горизонтальной плоскости H_{82} с заданной топографической поверхностью.

3.Плоскость занимает общее положение.

Для искомой линии пересечения заданных поверхностей (топографической поверхности и плоскости) необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежали бы заданным поверхностям.

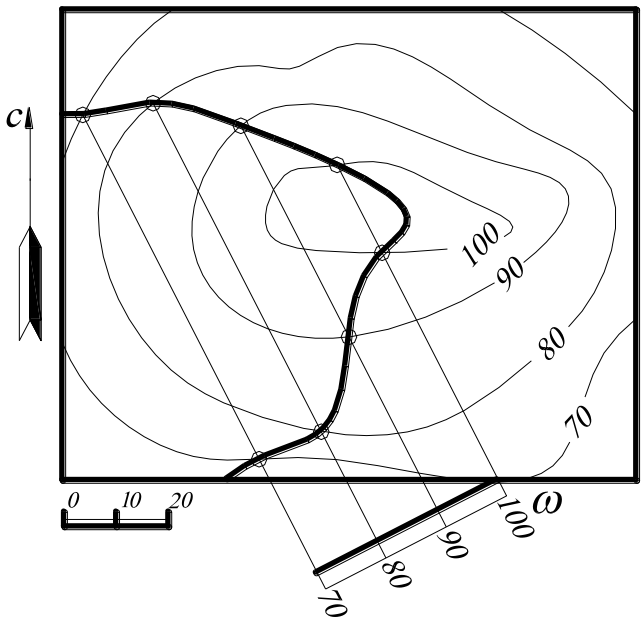


Рис. 228.

Для нахождения общих точек необходимо в заданной плоскости построить горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс заданной топографической поверхности (рис. 228). Линии (горизонтали плоскости и изогипсы топографической поверхности) с одинаковыми высотными отметками в пересечении дадут общие точки, так как они лежат в одних горизонтальных плоскостях. Затем найденные точки соединяют плавной кривой линией, которая будет являться пересечением плоскости с топографической поверхностью.

7.3. НАХОЖДЕНИЕ ОБЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОЙ И ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Для нахождения точек пересечения прямой с топографической поверхностью поступают следующим образом (*алгоритм*):

1. *Через заданную прямую проводят вспомогательную плоскость-посредник. Таких плоскостей можно провести пучок* ∞^1.

2. *Находят линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника с заданной топографической поверхностью.*

3. *Искомые точки будут находиться на пересечении заданной прямой с найденной линией пересечения.*

4*. Определяется видимость на чертеже.*

<u>ПРИМЕР</u>. Найти точки пересечения заданной топографической поверхности с прямой $A_{70}B_{40}$ (рис. 229).

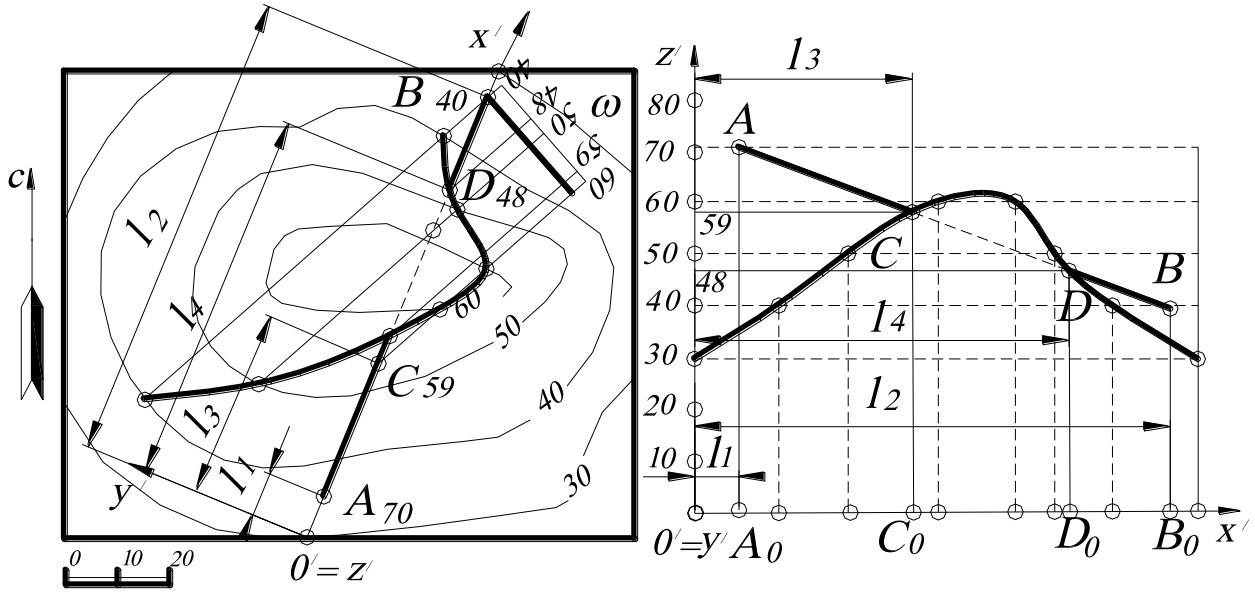


Рис. 229.

1. Через отрезок прямой $A_{70}B_{40}$ на плане проводят вспомогательную плоскость-посредник ω.

2. Находят линию пересечения этой плоскости-посредника ω с топографической поверхностью. Для этого градуируют прямую $A_{70}B_{40}$ и проводят горизонтали вспомогательной плоскости-посредника. Затем находят общие точки горизонталей ω и изогипс топографической поверхности, соединяя их последовательно плавной линией.

3. Находят точки пересечения C и D прямой $A_{70}B_{40}$ и построенной кривой линии и определяют их высотные отметки C_{59}, D_{48}.

4. Определяют видимость прямой $A_{70}B_{40}$.

В том случае, если плоскость ω является проецирующей, то необходимо строить профиль, искомые точки при этом не изменяются (см. рис. 229).

7.4. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для нахождения линии пересечения заданных поверхностей необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат заданным поверхностям. Для определения видимости и характера искомой линии пересечения необходимо найти характерные точки на этих поверхностях.

Как было отмечено выше, для нахождения общих точек, принадлежащих одновременно заданным поверхностям, необходимо использовать вспомогательные плоскости (поверхности, например, шаровые), называемые посредниками.

Сущность метода состоит в том, что выбирают вспомогательную секущую плоскость, пересекающую заданные поверхности по простым линиям (прямым или окружностям), которые в пересечении дают искомые общие точки. Затем находят точки, лежащие на очерковых образующих (если таковые имеются), и последовательно соединяют плавной кривой линией. Искомая линия пересечения является видимой, если обе пересекающиеся поверхности или их части являются видимыми. Если же хотя бы одна из пересекающихся поверхностей или её часть является невидимой, то и вся линия пересечения также невидима.

7.4.1. НАХОЖДЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С МНОГОГРАННИКОМ

Для нахождения линии пересечения топографической поверхности и многогранника необходимо построить линию пересечения каждой грани с топографической поверхностью. Другими словами, задача сводится к нахожде-

нию линии пересечения плоскости с топографической поверхностью. Для нахождения точек пересечения боковых рёбер многогранника с топографической поверхностью используют алгоритм решения задач на нахождение точек пересечения прямой с топографической поверхностью, так как эти точки будут являться точками излома.

ПРИМЕР. Построить линию пересечения топографической поверхности с усечённой пирамидой (в реальной ситуации с котлованом), уклоны боковых граней которой к горизонтальному основанию с числовой отметкой ***3*** равны: ***i=1:1*** – с севера и юга и ***i=1:1,5*** – запада и востока (рис. 230).

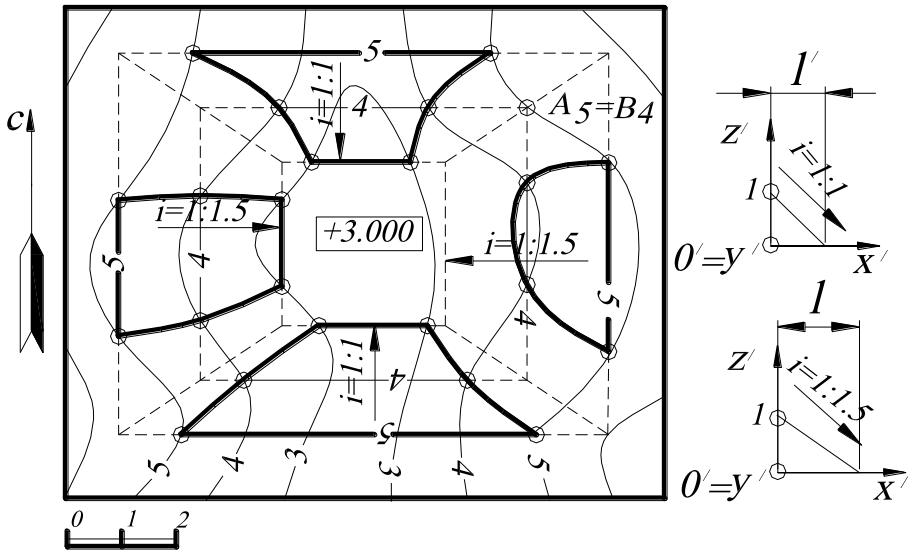


Рис. 230.

Строят горизонтали западной и восточной граней пирамиды с интервалом ***1,5*** м, то есть полторы единицы линейного масштаба (см. п. 2.4), а севера и юга – ***1*** м (одна единица линейного масштаба). Прямые пересечения смежных граней (рёбра пирамиды) проходят через точки пересечения одноимённых горизонталей этих граней. Линия пересечения поверхностей определяется как линия, соединяющая точки пересечения изогипс топографической поверхности и горизонталей граней пирамиды с одинаковыми высотными отметками. Видимость определяется по конкурирующим точкам, принадлежащим рёбру пирамиды и изогипсе. Например, точки A_5 и B_4 принадлежат обеим поверхностям, проекции которых совпадают. Если точка A_5 принадлежит топографической

поверхности, а точка B_4 – поверхности пирамиды, при этом точка A_5 находится выше, то это означает, что топографическая поверхность является видимой. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

7.4.2. НАХОЖДЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Для нахождения линии пересечения топографической поверхности с поверхностью вращения необходимо на поверхности вращения построить ряд параллелей (окружностей, перпендикулярных оси вращения), высотные отметки которых должны совпадать с высотными отметками изогипс на топографической поверхности.

ПРИМЕР. Найти линию пересечения топографической поверхности с коническим котлованом, угол падения образующих которого равен 45^0. Дно котлована – окружность с числовой отметкой ***3*** (рис. 231).

На конической поверхности (котловане) строят горизонтали с высотными отметками, равными высотным отметкам изогипс топографической поверхности. Для этого на профиле определяют интервал горизонталей конуса ***l***. Находят точки пересечения линий, имеющих одинаковые высотные отметки и, последова-

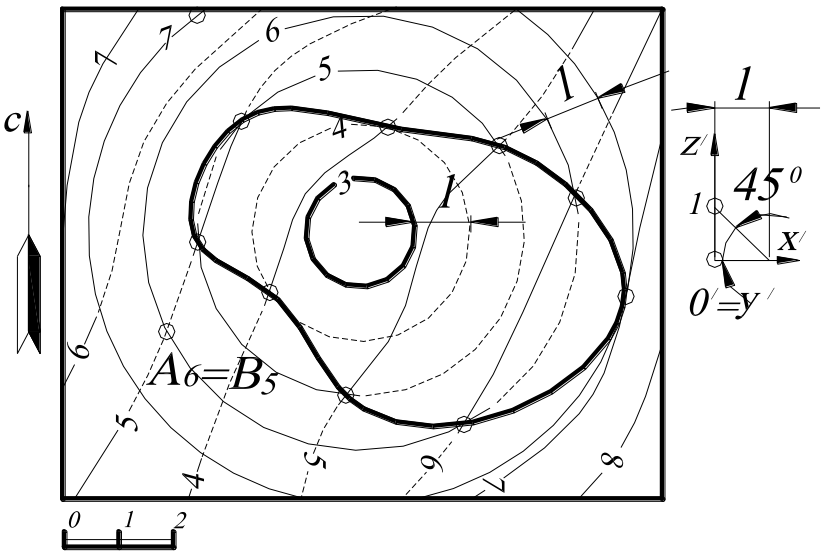


Рис. 231.

тельно соединив эти точки плавной кривой, получают искомую линию пересечения. Видимость поверхностей определяется исходя из условия конкурирующих точек, принадлежащих обеим поверхностям, проекции которых совпадают, например A_6=B_5 (см. рис. 231). Другими словами, если точка A_6 принадлежит поверхности конуса, а точка B_5 - топографической поверхности, при этом точка A_6 находится выше, то это означает, что конус является видимым. Видимость поверхностей меняется на противоположную в линии пересечения заданных поверхностей.

7.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

При проектировании земляных сооружений (например, дорог, площадок, котлованов и т.п.) приходится решать комплекс задач, рассмотренных по отдельности в предыдущих параграфах. Это задачи на построение проходящей через заданную линию поверхности заданного уклона и на построение линии пересечения поверхностей.

Если, например, уровень дороги выше уровня поверхности местности, то дорога выполняется в виде *насыпи*, если ниже, то в виде *выемки*. Плоскости и поверхности, ограничивающие дорогу или площадку со всех сторон и соединяющие её с поверхностью местности, называют *откосами*. На плане земляные сооружения в зависимости от их назначения могут иметь различные изображения: квадраты, прямоугольники, многоугольники, сочетания прямых и дуг окружностей, кривые линии и др. Рассмотрим примеры построения откосов различных земляных сооружений.

ПРИМЕР 1. Задана часть топографической поверхности и градуированная ось дороги заданной ширины. Построить границы откосов насыпи с уклоном ***1:1***.

Плоскость дороги состоит из двух участков (рис. 232): слева - прямолинейного участка с отметкой *7*, а справа - наклонного ***7-10***, имеющего уклон ***1:4***

(то есть интервал между горизонталями равен четыре единицы линейного масштаба).

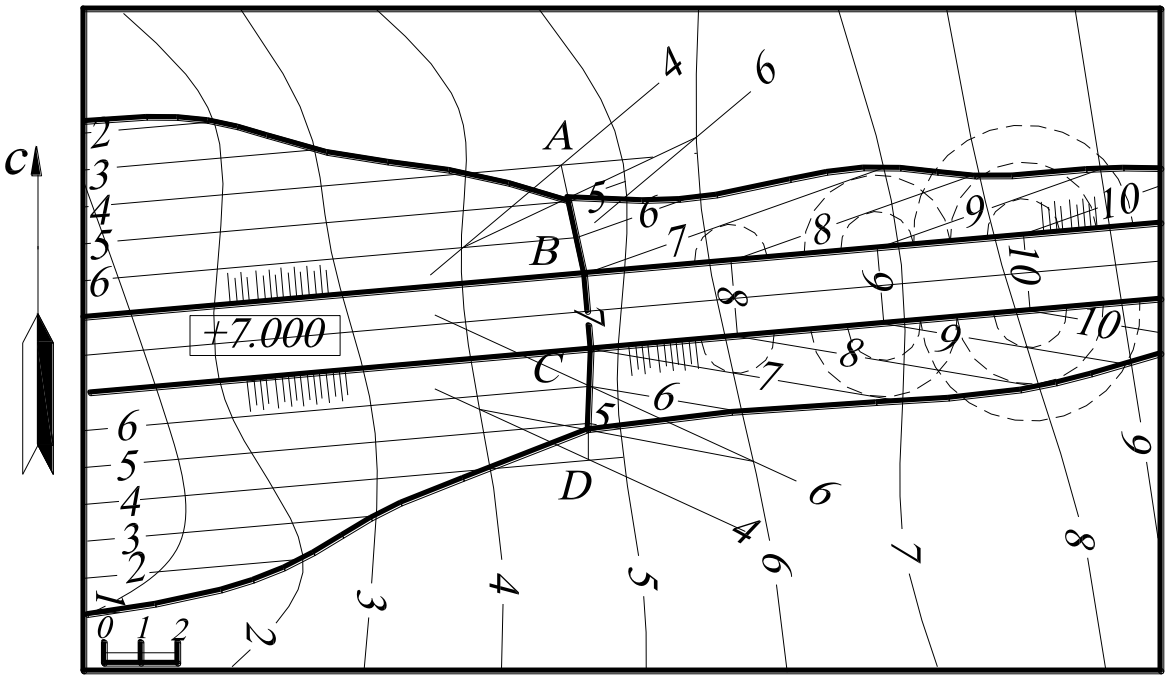


Рис. 232.

Вначале строят плоскости откосов дороги, задавая их горизонталями. Горизонтали откосов левого участка дороги расположены на расстоянии интервала 1 м (то есть одна единица линейного масштаба). Для построения горизонталей откосов правого участка дороги каждую точку на бровке дороги с целой отметкой (можно и с дробной) принимают за вершину конуса, уклон образующих которого равен заданному уклону откоса ***1:1***. Следовательно, интервал конуса равен 1 м (то есть единице линейного масштаба). Искомая плоскость откоса касается всех этих конусов (достаточно построить только один из них), то есть горизонтали этой плоскости касаются горизонталей конусов – концентрических окружностей.

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом, которые пересекаются по прямым ***AB*** и ***CD*** (точки ***A*** и ***D*** – точки пересечения этих прямых с топографической поверхностью). Точки пересечения прямых ***AB*** и ***CD*** с топографической поверхностью определяются с помощью вспомогательных плоскостей общего положения. А именно, например, через прямую ***AB***

проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_4 и h_6), находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***AB*** будет являться искомой точкой – точкой пересечения прямой ***AB*** и топографической поверхности. Затем по точкам пересечения одноимённых горизонталей находят границы всех откосов.

После определения границ всех откосов на каждом из них чертят так называемые *берг-штрихи* (параллельные длинные и короткие черточки), которые показывают направление стока воды по откосу. Они начинаются от верхнего края откоса и направлены по линиям наибольшего ската, то есть перпендикулярно его горизонталям; на коническом откосе они проходят через вершину конуса (см. ГОСТ 21.204 – 93 «Условные графические изображения и обозначения на чертежах генеральных планов и транспорта»).

ПРИМЕР 2. Задан план местности в горизонталях и проектируемой на этом участке местности горизонтальной площадки на отметке 7 м и прямолинейного плоского въезда на неё (рис. 233). Площадка имеет форму прямоугольника с примыкающим к нему полукругом. Уклоны всех откосов равны ***1:1***. В зоне выемки к площадке должна примыкать канава для стока воды (кювет) шириной 1 м; отметка внешнего края канавы равна отметке её внутреннего края, то есть 7 м.

Выделенную на чертеже 7-ю горизонталь топографической поверхности называют линией нулевых работ – она отделяет зону выемки (на востоке) от зоны насыпи (на западе).

Вначале строятся горизонтали откосов насыпи и выемки. Откосы насыпи, примыкающие к прямолинейным краям площадки, и откосы выемки, примыкающие к прямолинейным внешним краям канавы, – это плоскости, горизонтали которых параллельны этим краям (которые являются 7-ми горизонталями этих откосов и идут через 1 м).

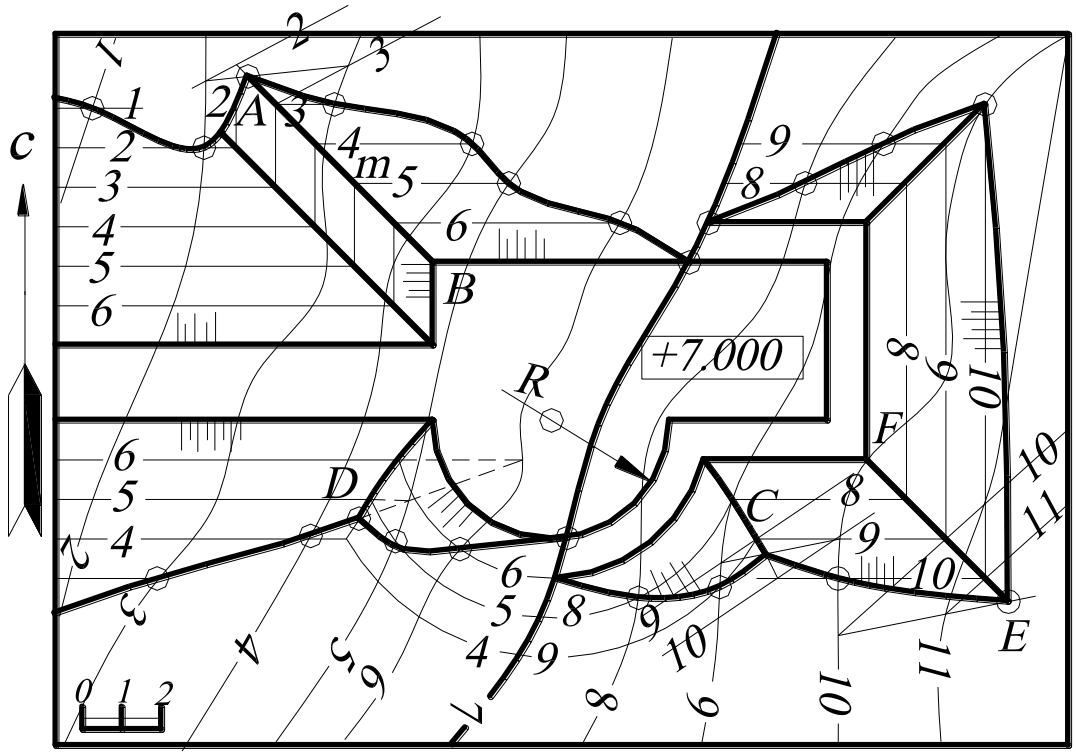


Рис. 233.

Откосы насыпи и выемки, граничащие с круглыми краями площадки и канавы, имеют форму конусов вращения, а их горизонтали на плане - концентрические окружности, разность радиусов (интервал) которых 1 м (так как уклон равен ***1:1***).

Далее строятся линии пересечения соседних откосов друг с другом и всех откосов с землёй – в основном по точкам пересечения одноимённых горизонталей. Для точного определения точек ***A***, ***D***, ***C***, ***E*** применяют вспомогательные плоскости общего положения. Например, для нахождения точки ***A*** через прямую ***m*** проводят вспомогательную плоскость-посредник (задавая её горизонталями h_2 и h_3) и находят линию пересечения этой плоскости и топографической поверхности. Общая точка построенной линии пересечения и заданной прямой ***m*** будет являться искомой точкой ***A*** – точкой пересечения прямой ***m*** и топографической поверхности.

Линия пересечения плоского и конического откосов насыпи и выемки - парабола, поскольку плоскость и конус имеют одинаковый уклон (интервал), то

есть плоскость параллельна одной образующей конуса (см. «Конические сечения»).

Линия пересечения двух откосов друг с другом и две линии пересечения этих откосов с землёй сходятся в одной точке – общей точке этих трёх поверхностей. После определения границ всех откосов на каждом из них чертят бергштрихи.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Задание топографической поверхности на плане. Показать на примере.
2. Что называется профилем топографической поверхности?
3. Как находятся точки пересечения прямой с топографической поверхностью?
4. Какая поверхность образует откосы горизонтального прямолинейного участка пути?
5. Какая поверхность образует откосы горизонтального криволинейного участка пути?
6. Какие поверхности образуют откосы прямолинейного и криволинейного участков дороги, имеющих уклоны?

8. РАЗВЕРТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

8.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Разверткой поверхности называется плоская фигура, образованная последовательным совмещением всех плоских элементов этой поверхности с одной плоскостью (без образования разрывов, складок, без растяжения или сжатия).

Понятие «*плоский элемент*» включает следующее:

1. Каждая грань многогранной поверхности является плоским элементом этой поверхности. Так как такие элементы точно совмещаются с плоскостью развертки, то многогранная поверхность является развертываемой, а ее развертка – точной.

2. Часть криволинейной поверхности, заключенная между двумя бесконечно близкими прямыми образующими, является элементом поверхности. Элемент поверхности плоский, если эти образующие лежат в одной плоскости, то есть если они взаимно параллельны или попарно пересекаются.

Поверхность, состоящая из плоских элементов, может быть развернута последовательным совмещением каждого элемента с одной плоскостью. Таким образом, поверхности, образованные движением образующей прямой, при котором каждая пара последовательных ее положений взаимно параллельны или пересекаются друг с другом (поверхности цилиндрические, конические), являются развертываемыми, а их развертки – точными.

Касательная плоскость к развертываемой поверхности является продолженным плоским элементом этой поверхности. Но так как плоский элемент развертываемой поверхности ограничен прямолинейными образующими, в пределе сливающимися друг с другом, то касательная плоскость в какой-либо точке образующей касается этой поверхности по всей образующей. Отсюда следует: если касательная плоскость в обыкновенной точке поверхности касается её по прямой линии, то поверхность развертываемая.

3. Элемент поверхности косой, если смежные прямые-образующие скрещиваются (то есть не лежат в одной плоскости). Такие элементы не могут быть совмещены с плоскостью, и, следовательно, поверхность, образованная таким движением прямой, при котором смежные ее положения скрещиваются, является неразвертываемой (цилиндроид, коноид, косая плоскость и т. п.).

Касательная плоскость к неразвертываемой поверхности в одной из ее точек, какой-либо ее образующей, во всех остальных точках этой образующей не касается поверхности, а пересекает ее. Отсюда следует, что если плоскость,

касающаяся поверхности в обыкновенной точке, пересекает эту поверхность, то последняя является неразвёртываемой.

Любую неразвертываемую поверхность можно аппроксимировать вписанной (или описанной) многогранной поверхностью. Каждая грань такой многогранной поверхности с некоторым приближением может быть принята за плоский элемент кривой поверхности. Построенная при этом развертка неразвертывающейся кривой поверхности является приближенной.

Развертки применяются во всех случаях раскроя плоского листового материала для последующего образования поверхности путем изгибания и соединения полученных плоских фигур. Развертки используются при постройке из листовой стали резервуаров (цилиндрические стенки, сферические днища и др.), трубопроводов, кожухов и т. д.

8.2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА РАЗВЕРТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность и ее развертка являются точечными множествами, между которыми устанавливается взаимно однозначное соответствие: каждой точке поверхности соответствует единственная точка развертки, каждой линии на поверхности соответствует линия на развертке, и наоборот. Взаимно однозначное соответствие на развёртке имеет следующие свойства:

1. Прямая на поверхности переходит в прямую на развертке.
2. Параллельные прямые на поверхности переходят в параллельные прямые на развертке.
3. Длины отрезков линии на поверхности и той же линии на развертке равны.
4. Углы между линиями на поверхности, принадлежащие одной грани, с вершиной в обыкновенной точке этой поверхности и между соответствующими линиями на развертке равны.

5. Площадь развертки равна площади поверхности; все размеры на развертке имеют натуральную величину.

Доказательства этих свойств вытекают из определения развертки. Действительно, прямая образующая, ограничивающая плоский элемент поверхности, при совмещении этого элемента с плоскостью останется прямой линией (свойство 1).

Параллельные прямые-образующие, ограничивающие плоский элемент поверхности, при совмещении этого элемента с плоскостью сохраняют свою параллельность (свойство 2).

Расстояния между произвольной точкой одной образующей и произвольной точкой смежной образующей каждого плоского элемента на поверхности и на развертке равны, так как плоские элементы не меняют своей величины при совмещении с плоскостью (свойство 3). Заметим, что вершина является особенной точкой конической поверхности. Поэтому свойство 3 имеет место только для смежных прямых образующих, ограничивающих бесконечно малый плоский элемент на конической поверхности и на развертке. В общем же случае угол между двумя образующими этой поверхности меньше угла между соответствующими им прямыми на развертке.

8.3. ОБЩИЙ МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕРТКИ КРИВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Исходными данными для графического построения развертки поверхности является геометрическая модель этой поверхности. Независимо от того, является ли рассматриваемая поверхность развертываемой или неразвертываемой, графически может быть построена только ***приближенная*** развертка. Это объясняется тем, что в процессе снятия и откладывания размеров и выполнения других графических операций неизбежны погрешности, обусловливаемые конструктивными особенностями чертежных инструментов, физическими воз-

можностями глаза и погрешностями от замены дуг их хордами и углов на поверхности плоскими углами. Поэтому такая развертка является приближенной, но достаточно точной для практических целей.

Развертки кривых неразвертываемых поверхностей не обладают свойствами 1 – 3 развертываемых поверхностей и поэтому имеют большие погрешности.

Общим методом построения приближенных разверток развертывающихся и неразвертывающихся кривых поверхностей является предварительная их аппроксимация* многогранными поверхностями. В некоторых случаях неразвертываемая кривая поверхность может быть аппроксимирована участками развертывающихся кривых поверхностей, и затем эти аппроксимирующие поверхности, в свою очередь, аппроксимируются многогранной поверхностью. Для получения поверхности из такой развертки, кроме изгибания, необходимо произвести частичное растяжение и сжатие отдельных ее участков.

В общем случае построение развертки выполняется в следующем порядке:

1. Данную кривую поверхность заменяют с заданной степенью приближения многогранной поверхностью (с учетом сказанного выше).
2. Определяется натуральная величина всех ребер многогранника. Если грани имеют более трех вершин, то следует разбить их диагоналями на треугольники и определить натуральную величину диагоналей.
3. Строится на плоскости чертежа натуральная величина одной грани и к ней, пользуясь смежными ребрами, последовательно пристраиваются остальные грани.
4. Соответствующие вершины на развертке соединяются линиями. Полученная плоская фигура является искомой фигурой.

При развертывании многогранной поверхности выполняются только операции 2 и 3. Ниже рассматриваются способы построения разверток.

---

* Аппроксимация – (от лат.approximare – приближаться) приближенное выражение каких-либо величин или геометрических объектов через другие, более простые.

8.4. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЁРТОК

Для построения развертки цилиндрических и призматических поверхностей применяются способы нормального сечения и раскатки. Для развертки конических, пирамидальных поверхностей применяется способ треугольников (триангуляции), основанный на равенстве двух треугольников по трем его сторонам.

Построение разверток методом нормального сечения. Заданную призматическую поверхность пересекают плоскостью, перпендикулярной к ее боковым граням, в любом удобном месте. Такое сечение называется ***нормальным***. Находят натуральную величину нормального сечения. Полученная ломаная линия натуральной величины нормального сечения развертывается в отрезок прямой. Через точки, соответствующие вершинам нормального сечения, проводят перпендикуляры, на которых откладывают натуральные величины соответствующих отрезков ребер до верхнего и нижнего оснований. Концы ребер последовательно соединяют отрезками прямых. Затем пристраивают к построечной развертке боковой поверхности призмы натуральные величины фигур оснований призмы.

ПРИМЕР 1. Построить развертку поверхности треугольной призмы способом нормального сечения (рис. 234).

Проводят плоскость ***n*** перпендикулярно к боковым ребрам призмы в любом удобном месте. Для этого используют метод замены плоскостей проекций, так как в противном случае плоскость ***n*** будет занимать общее положение.

Находят натуральную величину нормального сечения методом двойной замены плоскостей проекций (***I′ II′ III′*** – натуральная величина нормального сечения). Полученную ломаную линию натуральной величины нормального сечения ***I′ II′ III′*** разворачивают в прямую линию, которая на рис. 234 обозначена ***I′$_0$ II′$_0$ III′$_0$***. Через точки ***I′$_0$***, ***II′$_0$***, ***III′$_0$***, и ***I′$_0$*** проводят вертикальные линии и отк-

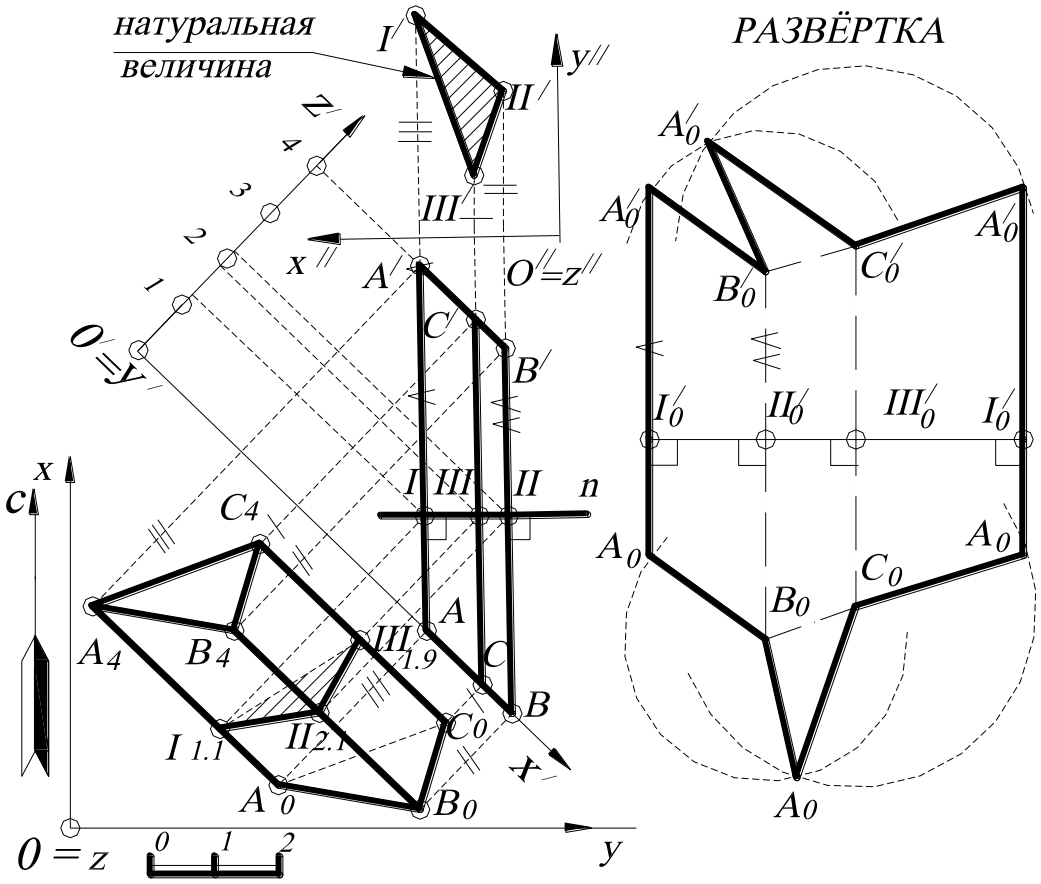


Рис. 234.

ладывают на них натуральную величину рёбер (перпендикулярно вверх и вниз от нормального сечения) до верхнего и нижнего основания призмы соответственно, в данном случае, взятые с профиля (так как плоскость профиля параллельна проекциям рёбер). Получают точки A_0, B_0, C_0 и A'_0, B'_0 и C'_0, при этом длины рёбер $IA=I'_0A_0$, $IA'=I'_0A'_0$; $IIB=II'_0B_0$, $IIB'=II'_0B'_0$; $IIIC=III'_0C_0$, $IIIC'=III'_0C'_0$. Найденные точки A_0, B_0, C_0 (снизу) и A'_0, B'_0 и C'_0 (сверху) последовательно соединяют ломаной линией и получают развертку боковой поверхности призмы. Затем пристраивают натуральные величины фигур верхнего и нижнего оснований методом засечек. В данном примере основания призмы являются натуральными величинами, так как нижнее основание призмы принадлежит горизонтальной плоскости проекций ***xOy***, а верхнее основание параллельно ей. Линии сгиба на развертке изображаем штрихпунктирной линией с двумя точками.

Для развертки цилиндрической поверхности по способу нормального сечения необходимо проделать те же построения, приняв ряд прямолинейных образующих за боковые ребра вписанной призмы. Эти образующие изобразятся прямыми линиями (свойство 1). Полученные точки, принадлежащие верхнему основанию и боковой поверхности, а также нижнему основанию и боковой поверхности одновременно, соединяются лекальной кривой.

Вырезав теперь из плотной бумаги фигуру развёртки, можно склеить из неё призму, проделав обратную операцию – свёртывание, то есть перегибая эту фигуру (выкройку) по рёбрам.

Развертку боковой поверхности призмы можно строить ***способом раскатки***. Этот способ удобен, если ребра призмы параллельны одной плоскости проекций. Задача сводится к определению натуральных величин боковых граней призмы путём их совмещения с плоскостью уровня, проходящей через одно из рёбер. Представим себе призму, лежащую одной гранью, например, на плоскости ***xOy***. Будем последовательно поворачивать призму вокруг ее боковых ребер (без скольжения катить ее по плоскости ***xOy***). Если допустить, что грани призмы, совмещаясь с плоскостью ***xOy***, оставляют на ней след (отпечатываются на ней), то, совмещая последовательно с ***xOy*** все грани призмы, получают развертку ее боковой поверхности.

ПРИМЕР 2. На рис. 235 показано построение развертки призмы способом раскатки.

В данном случае ребра призмы занимают положение горизонталей. Вращаем призму последовательно вокруг прямых C_0D_0, B_2E_2, A_0F_0. При этом точки – вершины призмы – будут перемещаться в плоскостях, перпендикулярных боковым ребрам (см. п. 3.2. «Способы вращения»).

Определив натуральную величину отрезков A_0B_2, B_2C_0, F_0E_2, E_2D_0 способом прямоугольного треугольника (для того чтобы не затемнять чертеж, выполнено на отдельном поле чертежа), находят положение точек ***B***, ***A***, ***C***, ***D***, ***F***, ***E***. Натуральные величины оснований были построены для проверки точности ре-

шения задачи, так как боковые ребра параллельны между собой (свойство 2). Последовательно соединив найденные точки, получаем развертку боковой поверхности призмы. На рис. 235 показано также построение на развёртке точки $K_{0.5}$, лежащей на видимой грани призмы $B_2C_0D_0E_2$, основанное на свойстве

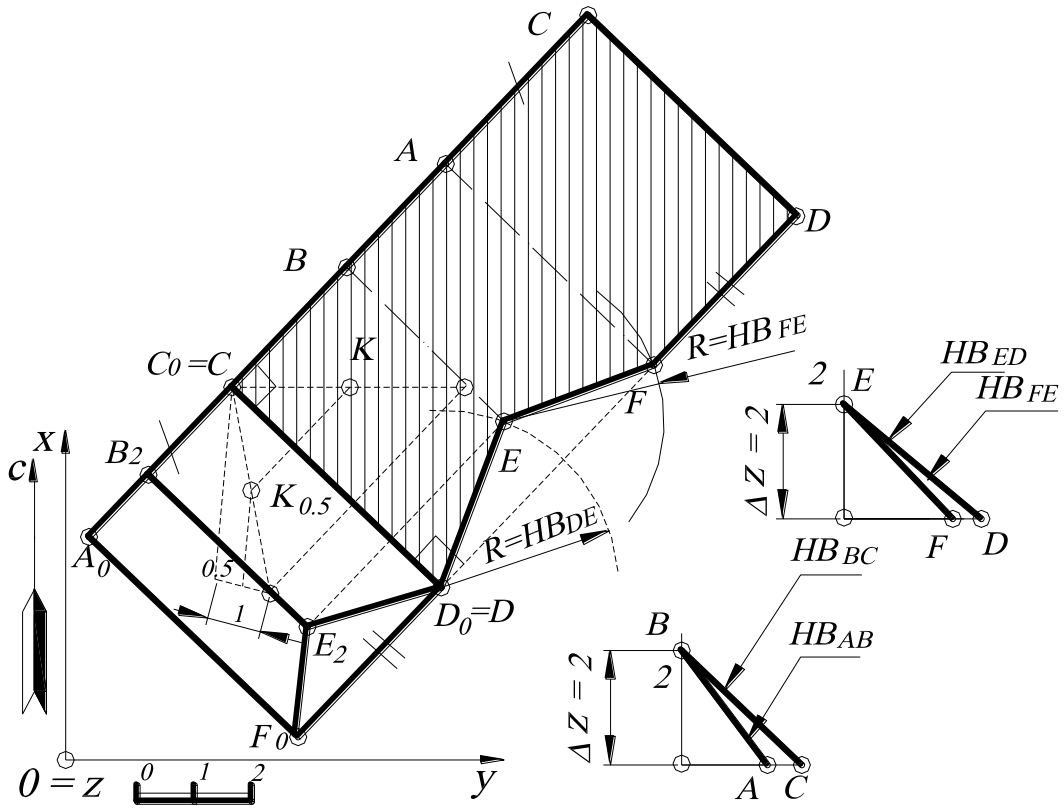


Рис. 235.

принадлежности точки плоскости. Следовательно, через току $K_{0.5}$ проводят прямую, принадлежащую грани $B_2C_0D_0E_2$, и переносят эту прямую на развёртку, перемещая точку $K_{0.5}$.

Построение разверток методом триангуляции. Этот метод основан на равенстве двух треугольников по трем его сторонам. Если грань многогранника имеет более трех вершин, то в каждой грани проводят диагонали, которые разбивают ее на два и более треугольников. Затем определяют натуральные величины всех этих треугольников. Далее на плоскости последовательно выстраивают эти треугольники, получая развертку.

ПРИМЕР 3. Построить развертку пирамиды $S_4A_0B_0C_0D_0$ (рис. 236).

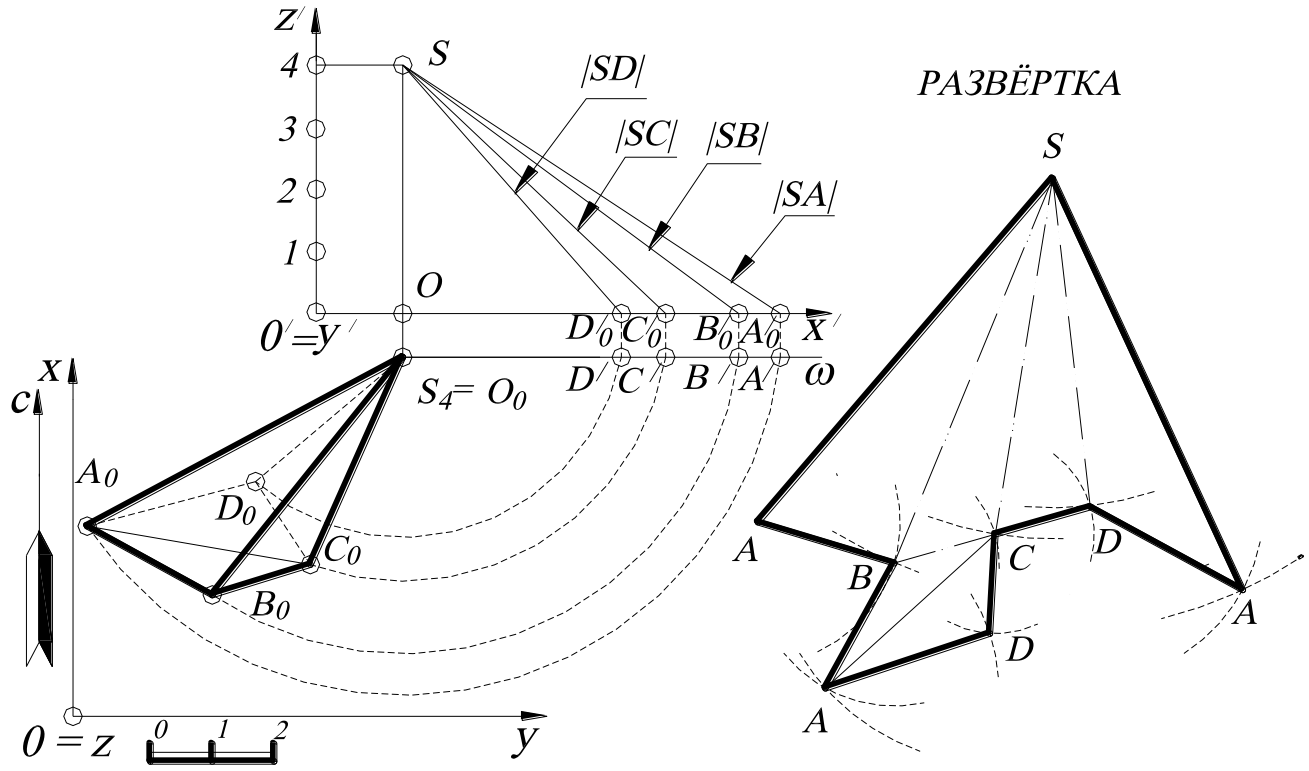


Рис. 236.

Разделяют диагональю A_0C_0 основание пирамиды $A_0B_0C_0D_0$ на треугольники. Определяют натуральные величины граней пирамиды. Натуральная величина основания пирамиды $A_0B_0C_0D_0$ совпадает с ее проекцией, так как принадлежит плоскости xOy. Для нахождения натуральных величин боковых рёбер пирамиды используют способ вращения вокруг проецирующей прямой (на рис. 236 это отрезок прямой S_0O_0), поворачивая все боковые рёбра пирамиды и совмещая их с проецирующей плоскостью. Затем строят профиль, плоскость которого параллельна плоскости ω, и находят натуральные величины рёбер - $|SA|$, $|SB|$, $|SC|$, $|SD|$.

На свободном поле чертежа последовательно выстраивают натуральные величины треугольников методом засечек, получая развертку пирамиды. Линии сгиба вычерчивают штрихпунктирной линией с двумя точками.

На сформулированных свойствах разверток базируются задачи построения на поверхности линии, удовлетворяющие заданным требованиям.

ПРИМЕР 4. Соединить две точки ***A*** и ***B***, принадлежащие конической поверхности ***Ф*** кратчайшей линией ***n*** (рис. 237). Такая линия на поверхности называется *геодезической* (форму геодезической линии принимает нить, туго натянутая на поверхности).

На плоскости кратчайшей линией между двумя точками является отрезок прямой. Поэтому для решения этой задачи строят развертку данной поверхности ***Ф***. Построение развертки выполняют по способу треугольников, заключающемуся в том, что поверхность конуса заменяется вписанной многогранной с треугольными гранями, которая и развертывается.

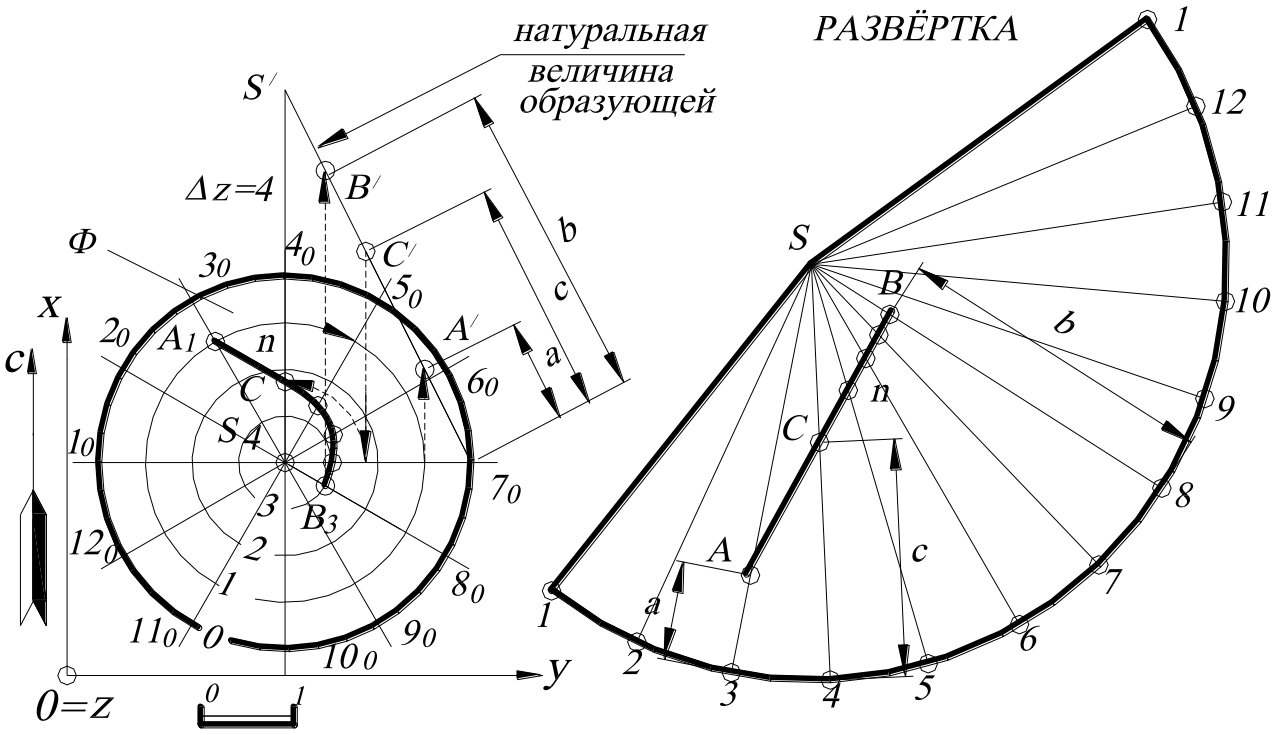


Рис. 237.

В данную коническую поверхность вписывают пирамиду. Для этого основание конуса разделяют на двенадцать равных частей. (Развертка является более точной при наименьшей разности длины дуги и ее хорды). Затем находят натуральную величину ребра правильной пирамиды, которая равна образующей заданного конуса (методом прямоугольного треугольника).

На случайной прямой от точки ***S*** откладывают отрезок ***Sl***, равный натуральной величине образующей конуса. Затем проводят дугу с центром в точке ***S***

и радиусом, равным длине ***Sl***, так как все ребра пирамиды равны между собой. На построенной дуге засечками отмечают точки ***2***, ***3***…***12***, ***1***, равные длинам хорд $1_0 2_0$; $2_0 3_0 \ldots 12_0 1_0$. Таким образом, построили приближенную развертку конуса.

Далее пропорциональным делением отрезка в заданном отношении (как показано на чертеже) находят образы ***A***, ***B*** данных точек поверхности на развёртке. Затем построенную прямую ***AB*** на развертке переносят в обратном отображении на поверхность ***Ф***, получая геодезическую линию ***n***.

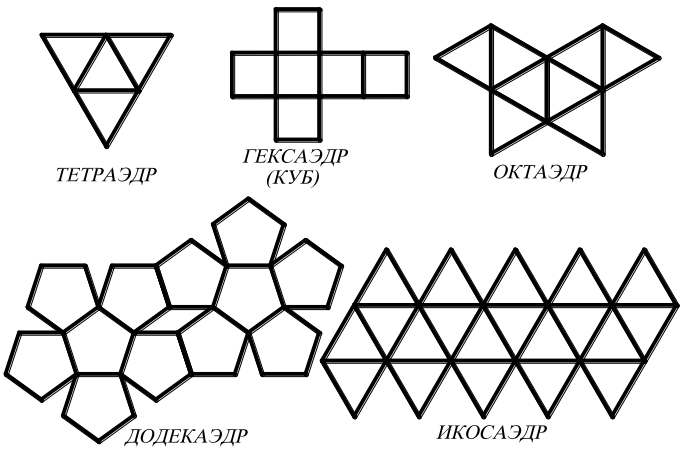


Рис. 238.

Частный случай. Развертка поверхности прямого кругового конуса является сектором круга радиуса, равного длине ***l*** образующей. Центральный угол φ этого сектора вычисляется по формуле

$$\varphi^0 = \frac{r \cdot 360^0}{l},$$ где r - радиус основания конуса.

На рис. 238 приведены развёртки правильных многогранников (см. также М. Венниджер. Модели многогранников. М., 1974).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дана пирамида ***SABCD***. Соединить две точки ***F*** и ***E***, принадлежащие поверхности пирамиды, кратчайшей линией (геодезической). Точка ***E*** принадлежит ребру ***SC***, точка ***F*** принадлежит грани ***SCB***.
2. Соединить две точки ***A*** и ***B***, принадлежащие цилиндрической поверхности ***Ф*** кратчайшей линией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Идея данного учебного пособия сводится к теории формирования геометрических моделей на основе общих для них свойств и принципов. Говоря о построении геометрических моделей, под «моделью точки», «моделью прямой» и т. п. подразумевается «образ точки», «образ прямой» и т. д. Слово «модель» употребляется ещё в одном смысле – «множество», из которого конструируется область прибытия изображения. Для построения любой геометрической модели необходимо определить:

1. Что рассматривается, какое множество служит прообразом или областью отправления отображения;
2. Чем моделируются элементы области отправления в области прибытия;
3. На чём строится модель, то есть какое множество является образом – областью прибытия;
4. Каким образом и по какому правилу устанавливается взаимно однозначное соответствие между элементами области отправления и области прибытия.

В методе Монжа областью отправления служит трёхмерное евклидово пространство, областью прибытия – множество пар точек на линиях проекционной связи, которое является подмножеством декартова квадрата плоскости чертежа. Образом точки A при отображении назначается пара её образов A' и A'' при двух необратимых отображениях, представляющих собой произведения определённых проектирований и сечений.

То же самое следует повторить для аксонометрии и перспективы, понимая под отображением такое отображение, которое переводит точку пространства в её основную и вторичную проекцию соответственно. Различие между этими тремя методами заключается лишь в различии применяемых в них проектирований и сечений и их комбинаций.

В проекциях с числовыми отметками областью отправления является также трёхмерное пространство, а областью прибытия – декартово произведение точек плоскости чертежа и множества вещественных чисел. В этом отображении точке A, принадлежащей трёхмерному пространству, сопоставляется пара её образов A_0 и z_A. Отображения переводят точку трёхмерного пространства в её горизонтальную проекцию A_0 и в координату z_A точки A.

Элементами области прибытия могут быть любые объекты. В панорамной или купольной перспективах для конструирования области прибытия используется не плоскость, а соответственно цилиндр и сфера.

Моделировать можно не только трёхмерное пространство, но и любые многообразия – поверхности, многомерные пространства, многообразия, элементами которых являются не только точки, но и прямые, плоскости и т. д.

Стереографическая проекция сферы – пример отображения, в котором областью отображения служит не пространство, а сфера, а областью прибытия – плоскость.

Геометрическое описание и геометрическое решение многофакторной задачи приводит к конструкции, расположенной в многомерном пространстве. Другими словами, процессы и явления реальной действительности можно описать геометрическими методами. Переход от абстрактного многомерного пространства к вполне доступным для привычного восприятия трёхмерным и, далее, к двумерным (одномерным) геометрическим формам может быть осуществлён с помощью операций проецирования и сечения. Операции проецирования и сечения выступают как универсальный инструмент моделирования, который позволяет понижать сложность (размерность) изучаемого объекта.

Геометрические модели многомерного пространства позволяют объяснить свойства реальных явлений, то есть ближе прикоснуться к живой действительности. Отсюда проистекает особая роль этих моделей, дающих возможность прогнозировать и создавать алгоритмы для достижения наилучших результатов.

В настоящее время методы начертательной геометрии развиваются под непосредственным воздействием запросов практики и находят многочисленные решения в самых различных областях науки, техники и искусства. Причём каждый новый этап развития начертательной геометрии, любое её продвижение вперёд сопровождается её сближением с другими, всё более сложными и абстрактными разделами математики и проникновением в неё идёй симметрии, пропорциональности и размерности.

Формы восприятия и выражения во многих областях науки, техники и искусства, в конечном счёте, опираются на принципы симметрии, используемые в специфических понятиях и средствах, им присущих. Принципы симметрии могут служить и служат для унификации и определения широкого круга знаний. Однако даже тот, кто по роду своей деятельности связан с симметрией, редко понимает, сколь широк диапазон её проявлений. Это связано с тем, что в одних случаях понимание симметрии затруднено особенностями профессиональной лексики, в других – специфический характер задач препятствует распознаванию этого универсального подхода, избранного для их решения. Например, художники, музыканты и учёные постоянно оперируют понятиями симметрии, но говорят на разных «языках». Это не позволяет им понять, что по существу они заняты поиском общей проблемы и расходятся лишь в частностях, на которые акцентируют своё внимание. Однако если в качестве мотива использовать молекулы, звуки музыки, какой-то геометрический элемент или архитектурный элемент, то соответствующими объектами симметрии будут кристаллы, музыкальное произведение, поверхность (или её часть), архитектурное произведение.

Геометрическая теория симметрии позволила объяснить некоторые природные закономерности. Ярким примером является отсутствие некоторых форм кристаллов. Построение плоской кристаллической решетки ограничено числом способов, позволяющих покрыть плоскость без промежутков и наложений (аналогично, покрытие многогранниками трёхмерного пространства). Заполне-

ние плоскости многоугольниками возможно в том случае, если эта решетка состоит из параллелограммов (в частности, ромбов, квадратов, прямоугольников), треугольников или правильных шестиугольников. Такие многоугольники имеют оси симметрии 2, 3,4 и 6-го порядков. Из пятиугольников плоскую решетку построить нельзя (сумма углов при вершине многоугольников (мотивов) должна составлять 360^0). Следовательно, не может быть 5, 7-го и более высокого порядков.

Следует отметить две стороны изучения симметрии:

1) поиск правил (алгоритмов) и мотивов, лежащих в основе существующих объектов симметрии;

2) отыскание новых объектов, возникающих при повторении мотива по разным правилам.

Использование геометрической теории симметрии в начертательной геометрии позволяет значительно упростить решение многих задач на построение правильных и полуправильных фигур. Другими словами, построение любой плоской или объёмной фигуры значительно упрощается, если использовать различные виды симметрии.

Таким образом, знание законов построения геометрических моделей позволяет конструировать различные объекты реального пространства, а также создавать алгоритмы и строить новые геометрические модели.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Горная графическая документация. – М.: Изд. стандартов, 1983. – 200 с.

Горная энциклопедия / гл. ред. Е. А. Козловский. Т. 1– Т.5– М.: Сов. энциклопедия, 1989.

Ломоносов, Г. Г. Инженерная графика/ Г. Г. Ломоносов. - М.: Недра, 1984. – 287 с.

Нартова, Л. Г. Начертательная геометрия. Теория и практика [Текст]: учебник для вузов / Л. Г. Нартова, В. И. Якунин. - М.: Дрофа, 2008. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 297.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия: учебник для вузов/ В. А. Пеклич. – М.: Изд-во АСВ, 1999. - 248 с.

Пеклич, В. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / В. А. Пеклич. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. - 272 с. : ил. - Библиогр.: с. 265.

Русскевич, Н. Л. Начертательная геометрия/ Н. Л. Русскевич. – Киев: Вища школа, 1978. - 312 с.

Тарасов, Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве/ Б. Ф. Тарасов. – Л.: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Фролов, С А. Сборник задач по начертательной геометрии [Текст]: учебное пособие/ С. А. Фролов. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 192 с.: ил.

Фролов, С. А. Методы преобразования ортогональных проекций/ С. А. Фролов.- М.: Машгиз, 1963. –144 с.

Фролов, С. А. Начертательная геометрия [Текст]: учебник / С. А. Фролов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2008. - 286 с.: цв.ил.

Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение [Текст]: учебник / А. А. Чекмарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Владос, 2005. - 471 с.: ил. - (Учебник для вузов). - Библиогр.: с. 465-466.

Четверухин, Н. Ф. Курс начертательной геометрии/ Н. Ф. Четверухин. – М.: Высшая школа, 1968. – 276 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Задачи и решения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 132 с.

Шангина, Е. И. Инженерная графика. Теория и приложения: учебное пособие/ Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2005. – 256 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……... 3

Часть 1. **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

1. Множества…….. 7

1.1. Основные понятия теории множеств……..… 7

1.2. Отображения и преобразования…… 11

1.3. Теоретико-множественный подход к задачам на построение…… 16

1.4. Геометрические пространства и их размерность…… 18

1.5. Формирование пространства…… 21

1.6. Приёмы подсчёта параметров…… 23

1.7. Параметрический подход к решению задач начертательной геометрии…… 34

Вопросы для самопроверки……. 37

2.Системы координат…… 38

2.1. Прямоугольные декартовы координаты…… 38

2.2. Полярные координаты точки на плоскости……. 39

2.3. Цилиндрические координаты…… 40

2.4.Сферические координаты…… 40

2.5. Астрономические координаты…… 41

2.6. Геодезические координаты……. 42

2.7.Геоцентрические координаты…… 44

Вопросы для самопроверки…….. 44

3. Проекции…… 45
3.1. Метод проекций…… 45
3.2. Стереографические проекции…… 47
3.3. Цилиндрические проекции…… 48
3.4. Конические проекции……. 51
Вопросы для самопроверки…….. 52

Часть 2. ПРИНЦИПЫ ИНВАРИАНТНОСТИ

1. Движения……. 53
1.1. Движения в евклидовой плоскости…… 53
1.2. Движения в евклидовом пространстве…… 59
1.3. Подобие…… 61
1.3.1. Гомотетия……. 62
1.4. Инверсия……. 68
1.5. Геометрические свойства кристаллов…….. 71
Вопросы для самопроверки……. 80

2.Пропорциональность…….. 80
2.1. Общие сведения теории чисел…….. 80
2.2. Пропорции…… 84
2.3. Золотое сечение……. 86
Вопросы для самопроверки……. 89

3. Методы изображений…… 89
3.1. Образование чертежа Монжа…… 90
3.2. Образование чертежа в проекциях с числовыми отметками……. 92
3.3. Аксонометрия……. 94
Вопросы для самопроверки…….. 101

Часть 3. **ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ**

1. Прямая линия……... 102

1.1. Изображение прямых линий в проекциях с числовыми отметками. 102

1.2. Построение натуральной величины отрезка прямой общего положения и её угла наклона к основной плоскости проекций **H**…….. 106

1.3. Взаимное положение прямых…… 107

1.3.1. Пересекающиеся прямые…… 107

1.3.2. Параллельные прямые……. 109

1.3.3. Скрещивающиеся прямые…….. 109

Вопросы для самопроверки……. 110

2. Плоскость……..... 112

2.1. Способы задания плоскостей……... 112

2.2. Принадлежность точки и прямой плоскости…… 117

2.3. Взаимное положение плоскостей…….. 119

2.3.1. Параллельные плоскости…… 119

2.3.2. Пересекающиеся плоскости…… 121

2.4. Взаимное положение прямой и плоскости…… 124

2.4.1. Пересечение прямой линии с плоскостью……. 126

2.4.2. Перпендикулярность прямой и плоскости…… 127

2.5.Перпендикулярность плоскостей…… 130

Вопросы для самопроверки…….. 131

3. Способы преобразования чертежа в проекциях с числовыми отметками…… 132

3.1. Замена плоскостей проекций……. 134

3.2. Способы вращения……. 140

Вопросы для самопроверки…….. 147

4. Кривые линии……... 148
4.1. Основные понятия и определения……. 148
4.2. Основные характеристики плоских алгебраических кривых……. 152
4.3. Приближённые способы построения касательных и нормалей к плоским кривым…… 154
4.4. Кривые второго порядка (коники)…… 155
4.5. Трансцендентные кривые…….. 160
4.6. Пространственные кривые. Трёхгранник Френе……. 162
4.7. Винтовые линии……. 165
Вопросы для самопроверки……. 167

5. Многогранники…… 168
5.1. Общие сведения. Правильные многогранники…… 168
5.2. Пересечение многогранника плоскостью……... 184
5.3. Алгоритм построения точек пересечения многогранника с прямой линией……. 185
Вопросы для самопроверки…….. 187

6. Поверхности…… 187
6.1. Способы образования поверхностей. Кинематические поверхности 188
6.2. Способы задания поверхностей. Определитель поверхности…… 189
6.3. Образование и графическое задание поверхностей вращения…... 191
6.4. Поверхности вращения второго порядка…… 192
6.5. Конические сечения…… 198
6.6. Поверхности параллельного переноса…….. 201
6.7. Линейчатые поверхности……... 202
6.8. Линейчатые поверхности с плоскостью параллелизма (поверхности Каталана)…… 205
6.8.1. Поверхности одинакового ската……. 208

6.8.2. Поверхности равнодлинного откоса……... 209
Вопросы для самопроверки…….. 213

7. Топографические поверхности…….. 213
7.1. Элементы топографической поверхности…… 215
7.2. Нахождение общих элементов плоскости и топографической поверхности…… 220
7.3. Нахождение общих элементов прямой и топографической поверхности…….. 222
7.4. Взаимное пересечение поверхностей…… 224
7.4.1. Нахождение линии пересечения топографической поверхности с многогранником…… 224
7.4.2. Нахождение линии пересечения топографической поверхности с поверхностью вращения…….. 226
7.5. Определение границ земляных работ…… 227
Вопросы для самопроверки…….. 231

8. Развёртки поверхностей…… 231
8.1.Основные понятия и определения……. 231
8.2. Основные свойства развёртываемой поверхности……. 233
8.3. Общий метод построения развёртки кривой поверхности……. 234
8.4. Построение развёрток……. 236
Вопросы для самопроверки…….. 242
Заключение…… 243
Список рекомендуемой литературы…… 247

Учебное издание

Елена Игоревна Шангина

Георгий Андреевич Шангин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Учебное пособие

Второе издание, стереотипное

Редактор издательства Л.Н. Авдеева
Компьютерная верстка и графика авторов

Подписано в печать 04.10.2006. Бумага писчая. Формат 60x84/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 16, 0. Уч. изд. л. 12.25. Тираж 100 экз. Заказ № .

Издательство УГГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
В лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Учебно-методическое пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Введение

Практическая часть курса начертательной геометрии состоит из контрольных работ. В каждой контрольной работе нужно выполнить несколько задач. Последовательность задач и контрольных работ подобрана в соответствии с методической последовательностью изучения курса начертательной геометрии.

Варианты индивидуальных заданий каждой задачи представлены в таблицах приложения, в конце первой части пособия дается список рекомендуемой литературы для самостоятельного изучения курса начертательной геометрии и использованной для составления настоящего пособия.

Решение задач оформляется на листах чертежной бумаги формата А3(297х420) в соответствии со Стандартами ЕСКД (ГОСТ 2.301-ГОСТ 2.304-81) [1, 3]. контуры геометрических элементов на проекциях обводятся сплошной основной линией (ГОСТ 2.303-68), невидимые контуры проводятся штриховой линией, оси вращения поверхностей вращения и центровые линии на окружностях проводятся штрихпунктирными линиями, вспомогательные линии - оси проекций, линии проекционной связи, выносные и размерные линии, линии штриховки проводятся тонкой сплошной линией.

Варианты задания определяются суммой трех последних чисел шифра, например, студент, имеющий шифр ШС-99223, выполняет задание седьмого варианта (2+2+3=7).

Студенты, обучающиеся по направлению 150400 "Технологические машины и оборудование", имеющие шифр специальности ГМК, ГРМ, ГЭМ, АСГ, выполняют в первом семестре все три контрольные работы.

Студенты, обучающиеся по направлению 21.05.04 -"Горное дело" (ПРМ, ШС, МД, ОГР, ОПИ), выполняют в первом семестре контрольные работы №1 и №2.

В методических рекомендациях по решению задач даются сноски на литературу, например, [4], о. 42, рис. 2.38, рис. 2.39, - этот вопрос можно изучить по литературе [4] (см. список рекомендуемой литературы) на странице 42 рис. 2.38 и рис. 2.39. При решении задач настоятельно рекомендуется использовать учебник [2] параллельно с учебным пособием [4].

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Контрольная работа №1 содержит четыре задачи. Работа оформляется на трех листах формата А3.

ЛИСТ 1

Задача 1. Определить линию пересечения плоских фигур, видимость их на плоскостях проекций и натуральную величину треугольника ***ABC***.[1]

Решение. На левой стороне формата А3 проводятся тонкими линиями оси проекций (рис. 1), и по данным варианта из таблицы 1 приложения (с. 31) по координатам строятся вершины треугольников, тонкими линиями - проекции треугольников ***ABC*** и ***DEK***.

Две плоскости пересекаются по прямой линии. Чтобы ее построить на чертеже, нужно иметь две общие точки заданных треугольников. Общие точки плоскостей определяются решением задачи пересечения прямой линии с плоскостью ([4], с. 54, рис. 66, рис. 67)[1]. В задаче I рекомендуется выполнить очень четко всю последовательность операций построения линии пересечения плоских фигур и определения видимости на проекциях.

Алгоритм решения задачи 1:

1. Определяется точка пересечения стороны ***AB*** с плоскостью ***DEK*** (см. рис. 1).

1.1. Через прямую ***AB*** проводится горизонтально-проецирующая плоскость α (на рис. 1 плоскость задается горизонтальным следом α_H).

1.2. Плоскость α пересекает плоскость треугольника ***DEK*** по прямой 1-2, на чертеже строят ее проекции.

1.3. Прямая 1-2 пересекает ***AB*** в точке ***N*** (***N′***, ***N″***) -это одна общая точка заданных плоскостей.

2. Определяется точка пересечения стороны ***DK*** с плоскостью ***ABC*** (примечание: вторая общая точка плоскостей может быть определена пересечением стороны ***AC*** с плоскостью ***DEK***, то есть эта задача имеет единственное решение, которое может быть достигнуто различными путями).

[1] Материал найти в учебнике [4]

Через ***DK*** проводится вспомогательная плоскостъ **β** (на рис. 1 β_V - фронтальный след фронтально-проецирующей вспомогательной плоскости **β**), и все операции пункта 1 повторяются, в результате получится точка ***M*** (***M***', ***M***"). Плоские фигуры ***ABC*** и ***DEK*** пересекаются по прямой ***MN***.

3. Видимость плоских фигур на проекциях определяется методом "конкурирующих" точек.

3.1. Видимость на фронтальной плоскости проекций определяет пара конкурирующих по видимости точек 6 и 7. Фронтальные проекции точек совпадают (6"=7"), то есть точки 6 и 7 лежат на проецирующем луче, перпендикулярном фронтальной плоскости проекций. Горизонтальные проекции 6' и 7' расположены на одной линии проекционной связи, стрелкой показано направление взгляда на фронтальную проекцию; отсюда видно, что точка 7 расположена к наблюдателю ближе, следовательно, она на фронтальной плоскости проекций будет видна, также будет видна в этой области и прямая ***AB***, на которой лежит точка 7. Проекция ***A"C"*** на фронтальной плоскости проекций будет видна на чертеже полностью, поскольку она не пересекается с треугольником ***DEK.*** Следовательно, проекция ***K"D"*** на участке **4"- *M"*** невидима, и от точки ***M*** до ***D"*** прямая видима. Проекция ***D"E"*** видима, а участок **6"- 8"** проекции ***E"K"*** будет невидимым. Аналогично определяется видимость остальных элементов на фронтальной проекции.

3.2. Видимость на горизонтальной плоскости проекций можно определить с помощью одной из шести пар конкурирующих точек; используем пару 9,10. Точка 9 лежит на ***BC*** (9" ∈ ***B"C"***). а точка 10 ~ на ***EK*** ((10"∈ ***E"K"***), фронтальная проекция 9" на чертеже расположена выше, чем 10", а это значит, что на горизонтальной проекции ***B'C'*** будет полностью видимая. ***K'D'*** от контура ***B'C'*** до ***M'*** (точки пересечения ***KD*** с треугольником ***ABC***) будет невидимой, от ***M'*** до ***D'*** сторона ***KD*** на горизонтальной проекции видимая. Рассуждая таким образом можно определить видимость остальных элементов на горизонтальной плоскости проекций.

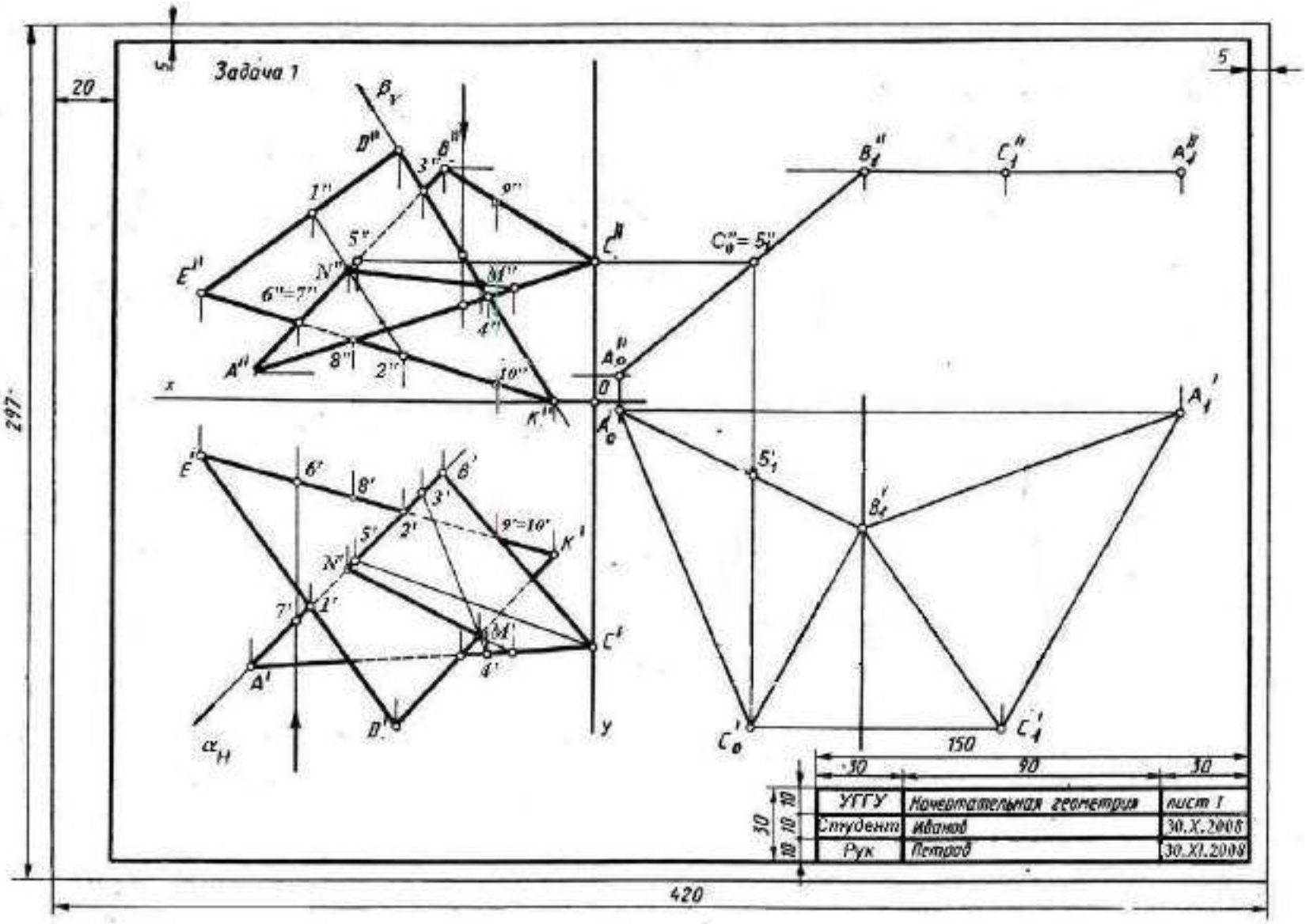

Задача 1
20
5
297
420
150
30
90
30
30
10
10
10
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 1
Студент
Иванов
30.X.2008
Рук
Петров
30.XI.2008
x
y
z
0
β_V
α_H
$C_0''=5_1''$
C_0'
C_1'
A_1'
B_1''
C_1''
A_1''

Рис. 1

4. Натуральная величина треугольника ***ABC*** определяется методом вращения (см. [4], 7.1.2 с. 75, рис. 93) по схеме: треугольник ***ABC*** общего положения методом плоскопараллельного перемещения преобразуется во фронтально-проецирующую плоскость $A_1B_1C_1$, затем треугольник $A_1B_1C_1$ методом вращения вокруг проецирующей прямой, проходящей через точку B_1, и перпендикулярно ***V***, преобразуется в горизонтальную плоскость $B_1C_2A_2$. горизонтальная проекция которого определяет натуральную величину $A_2'B_1'C_2'$ треугольника ***ABC***.

4.1. Чтобы преобразовать треугольник ***ABC*** общего положения во фронтально-проецирующую плоскость, нужно воспользоваться свойством горизонтали: во фронтально-проецирующей плоскости она является фронтально-проецирующей прямой. В плоскости ***ABC*** проводится горизонталь ***C***-5, треугольник перемещается в пространстве параллельно плоскости ***H***, так, чтобы ***C***-5 стала перпендикулярной фронтальной плоскости проекций. C_1'-$5_1'$ на чертеже нужно расположить вертикально. $|C_1'\text{-}5_1'| = |C'\text{-}5'|$ и $|A_1'B_1'C_1'|=|A'B'C'|$ - из условия параллельности перемещения треугольника ***ABC*** относительно горизонтальной плоскости проекций. Проекция $A_1'B_1'C_1'$ строится методом засечек относительно вертикально расположенной горизонтальной проекции горизонтали C_1'-$5_1'$. При этом преобразовании фронтальные проекции ***A***", ***B***", ***C***" на чертеже перемещаются по горизонтальным прямым, линии проекционной связи A_1', B_1',C_1' на этих прямых определяют фронтальные проекции A_1'', B_1'', C_1'', лежащие на одной прямой.

4.2. Фронтально-проецирующая плоскость $A_1B_1C_1$ преобразуется горизонтальную плоскость $B_1A_2C_2$, горизонтальная проекция которой $B_1'A_2'C_2'$ определяет натуральную величину треугольника ***ABC***. Это преобразование - вращение вокруг фронтально-проецирующей прямой, проходящей через точку B_1.

ЛИСТ 2

Задача 2. Построить проекции пирамиды с основанием ***ABC***, ребро пирамиды ***SA*** является высотой пирамиды, величина которой задана в условии варианта.

Решение. На левой половине листа формата А3 тонкими линиями проводятся оси проекций ***OXYZ*** *(рис. 2)* . По координатам из таблицы 2 приложения строятся на чертеже проекции ***A'B'C'*** и ***A"B"C"*** основания пирамиды. Из точки ***A*** проводится перпендикуляр к основанию ***ABC*** пирамиды ([4], 5.3. с. 58, рис. 70). Проекции перпендикуляра составляют прямой плоский угол соответственно с горизонтальной проекцией горизонтали и с фронтальной проекцией фронтали.

В треугольнике ***ABC*** (рис. 2) проводится горизонталь ***C***-1, горизонтальная проекция перпендикуляра к плоскости ***ABC*** проводится под прямым углом к ***C***-I' через ***A'***. Фронтальная проекция 1"-2" фронтали 1-2 определяет направление фронтальной проекции перпендикуляра, она проводится через точку ***A***" под прямым углом к 1"-2".

На проекциях построенного перпендикуляра берется произвольная точка ***T*** (***T'***, ***T***") и определяется натуральная величина отрезка ***AT***, на рис. 2 отрезок А ***A"T₁"***. На прямой ***A"T₁"*** откладывается натуральная величина высоты пирамиды ***A"S"=h***, заданной в таблице 2 приложения, и обратным преобразованием строятся проекции вершины пирамиды ***S***', ***S***". Вершина ***S*** соединяется с вершинами основания боковыми ребрами ***SA***, ***SB***, ***SC***, определяется видимость ребер пирамиды на проекциях.

Задача 3. Построить две проекции геометрических тел – прямой призмы и пирамиды, линию пересечения их поверхностей и определить видимость на проекциях.

Решение. На правой стороне листа 2 (см. рис. 2) по координатам строятся проекции призмы ***EKGU*** (ребра обозначены вершинами нижнего основания) и пирамидыr ***ABCD***.

Общая схема решения:

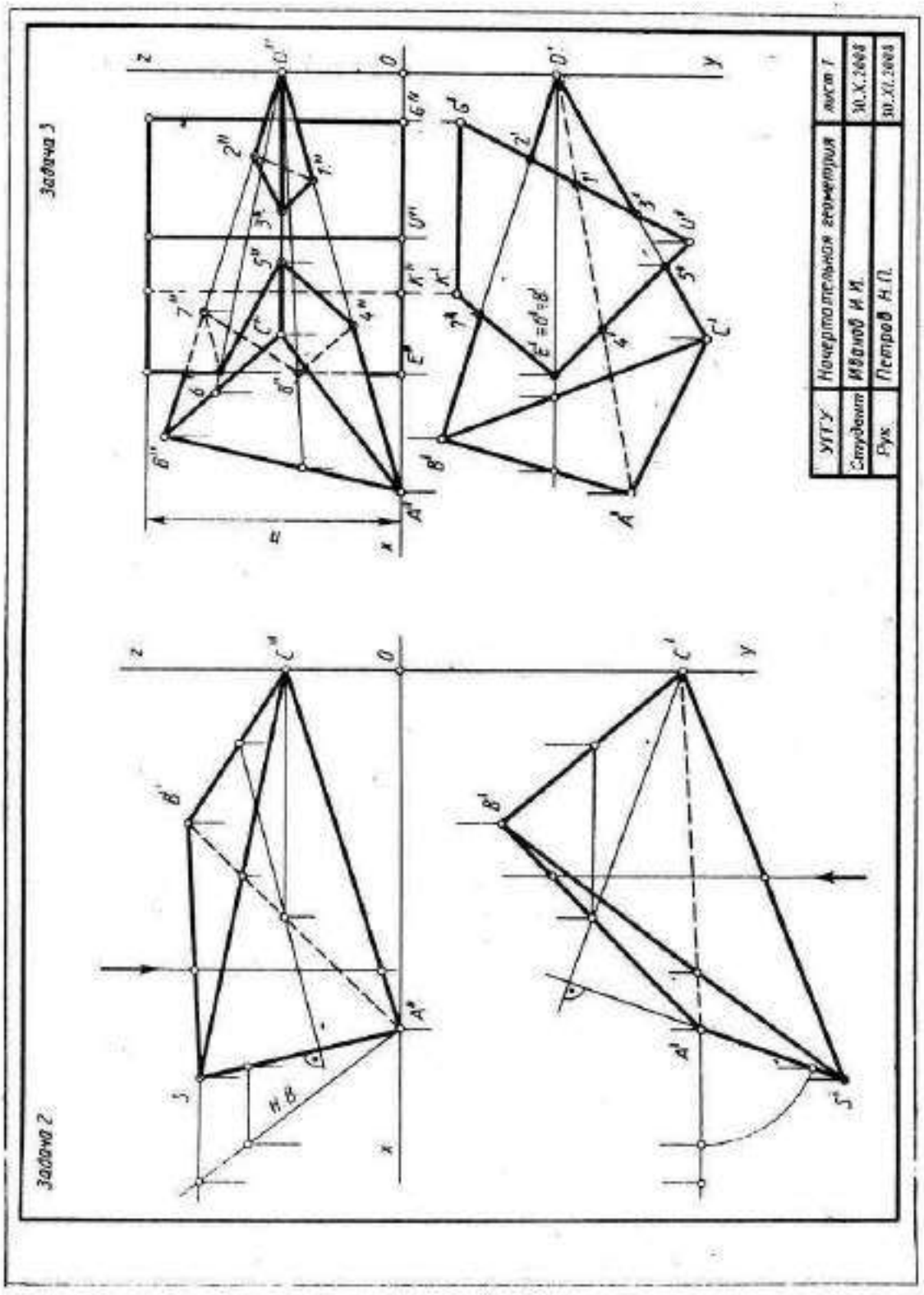

Задача 3
Задача 2
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 1
Студент
Иванов И.И.
30.X.2008
Рук.
Петров Н.П.
30.XI.2008

Рис. 2

1) определяются точки пересечения ребер пирамиды ***ABCD*** с гранями призмы ***EKGU***;.

2) определяются точки пересечения ребер призмы ***EKGU*** с гранями пирамиды ***ABCD***;

3) полученные точки соединяются отрезками прямых с учетом видимости на проекциях. Полученная ломаная линия должна быть замкнутой ([2], с. 161, рис. 280, 281).

Ребро ***DA*** пересекается с гранями ***UG*** и ***UE*** (см. рис. 2) в точках I и 4, на чертеже строятся их проекции. Аналогично строятся проекции точек пересечения ребра ***DC*** с гранями ***GU*** и ***UE*** и ребра ***DE*** с гранями ***UG*** и ***EK*** призмы.

Ребро ***E*** призмы пересекается с гранями ***ABD*** и ***BCD*** пирамиды в точках 6 и 8, фронтальные проекции которых строятся по условию принадлежности точек 6 и 8 соответствующим граням пирамиды. Точка 6 лежит в плоскости грани ***BCD***, так как она лежит на прямой ***SD*** в грани ***BCD***, точка 8 - на прямой ***TD*** в грани ***ABD***.

Полученные точки соединяются ломаной линией, в данном примере получаются две замкнутые ломаные линии пересечения поверхностей. Линия 1-2-3 на фронтальной плоскости проекций имеет видимые отрезки 1"-3" и 3"-2", поскольку они расположены на двух видимых на фронтальной плоскости проекций гранях, сторона 1"-2" лежит на невидимой грани ***ABD***, поэтому она проводится штриховой линией. Путем аналогичных рассуждений определяется, что отрезки 5"-4" и 5"-6" на фронтальной плоскости проекций видимы, остальные отрезки невидимы.

ЛИСТ 3

Задача 4. Построить развертки поверхностей прямой призмы и пирамиды (данные в задаче 3) и нанести на ней линию пересечения поверхностей.

Решение. Развертка поверхности пирамиды строится методом триангуляции ([4], 8.3, с. 90, рис. 108, рис. 109). Для построения развертки нужно построить натуральные величины всех ребер пирамиды, для этого

рекомендуется на отдельном листе бумаги (без оформления) построить по координатам фронтальную и горизонтальную проекции пирамиды ***ABCD*** и любым методом графически определить натуральные величины всех ребер. На плоскости чертежа по трем сторонам (натуральным величинам) строится грань ***ABC***, к ней пристраивается ***ABD***, затем ***BDC*** и т. д. (рис. 3).

Ломаная линия пересечения многогранников на развертке строится методом координатной разметки (см. рис. 3).

Развертка поверхности призмы строится методом раскатки.. Нанесение линии пересечения многогранников на развертку призмы рекомендуется выполнять методом координатной развертки. Например, на ребре ***GU*** отмечаются точки 2, 1, 3, и от них вертикально вверх откладываются координаты Z точек 2, 1, 3, которые берутся на фронтальной проекции в задаче 3. Аналогично строятся остальные вершины ломаной линии.

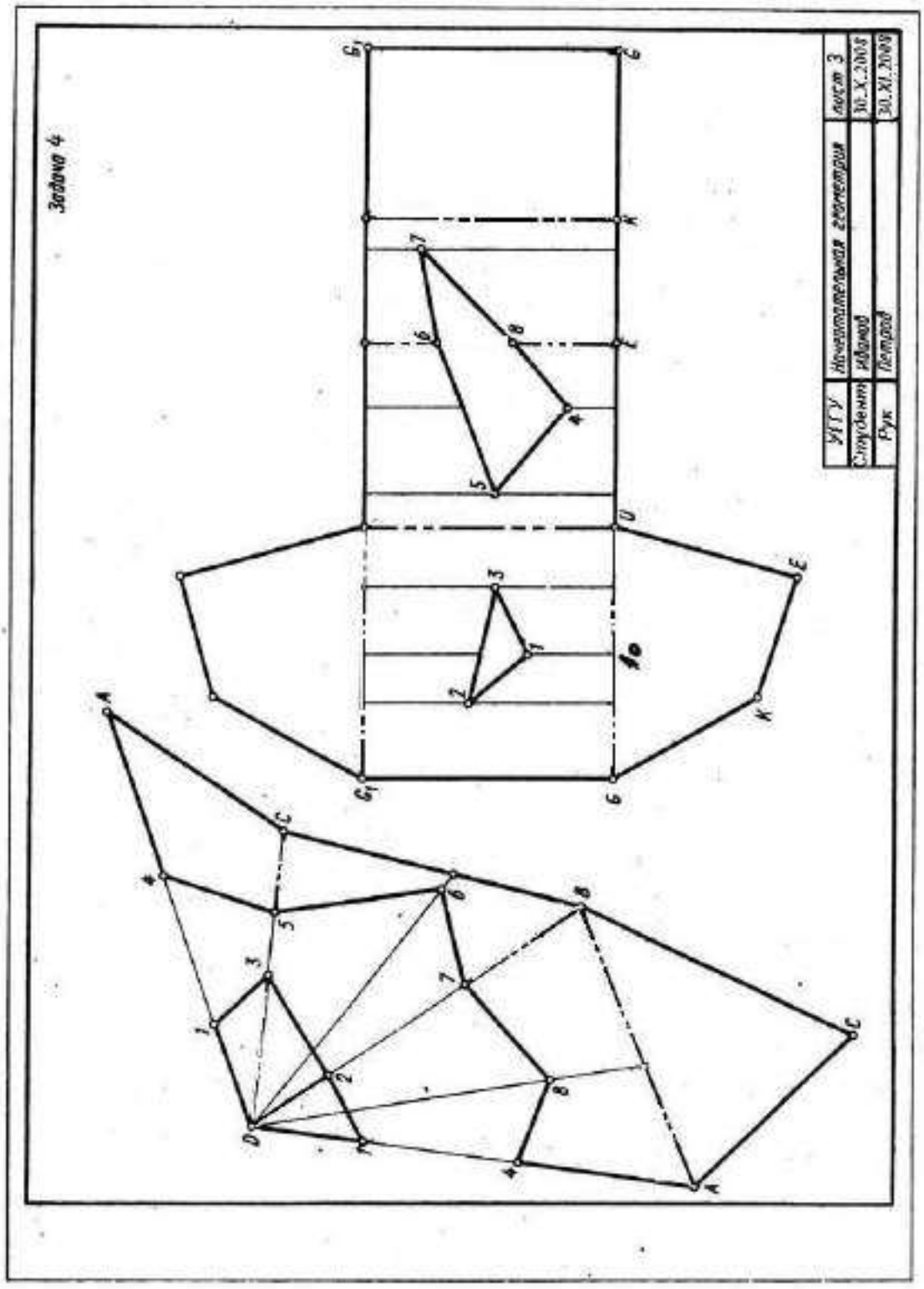

Задача 4
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 3
Студенты
Иванов
30.X.2005
Рук.
Петров
30.XI.2005

Рис. 3

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Контрольная работа №2 состоит из трех листов, на которых выполняются задачи 5, 6, 7, 8, 9.

ЛИСТ 4

Задача 5. Построить в плоскости общего положения ***ABC*** проекции окружности заданного радиуса ***R*** с центром в точке ***A***. Данные для своего варианта взять из таблицы 4 приложения. Пример выполнения задачи дан на рис. 4.

Решение. В левой части листа формата А3 строятся оси координат, и по данным варианта строятся проекции отрезков ***AB*** и ***AC***, определяющих плоскость окружности, которая в проекциях будет изображаться в виде эллипсов. Из точки ***A***' и ***A***" на горизонтальной и фронтальной проекциях . соответственно проводятся тонкой линией окружности заданного радиуса ***R***. Эта окружность на горизонтальной проекции горизонтали заданной плоскости ***A'C'*** определяет большую ось эллипса (1'-2') горизонтальной проекции окружности, с помощью проекционной связи строится фронтальная проекция 1" -2" на проекции ***A***" -***C***". Таким же образом строится большая ось эллипса на фронтальной плоскости проекций 3"-4" на фронтальной проекции фронтали ***A"-B***" и ее горизонтальная проекция 3'4' на ***A'-B'***.

Малая ось эллипса перпендикулярна большой оси, она проводится через ***A***' под прямым углом к 1'-2'. Чтобы построить малую полуось, нужно воспользоваться следующим приемом. Через 3' проводится перпендикулярно большой оси полухорда эллипса 3'-5' и полухорда окружности 6' -5', которая циркулем откладывается на большой оси и дает на ней точку 7'. Точка 7' соединяется с 3'. Из точки 2' проводится прямая 2'-8' параллельно 7'-3' до пересечения с направлением малой оси, отрезок ***A***'-8' является малой полуосью эллипса, радиусом ***A***'-8' проводится тонкой линией окружностъ. Промежуточные точки кривой строятся по схеме:

1) проводится из точки ***A***' радиальная линия, пересекающая окружность на малой оси эллипса в точке ***D***' и окружность на большой оси эллипса в точке ***E***';

2) проводится ***D'K***' параллельно большой оси эллипса и ***E'K'*** параллельно малой оси эллипса, эти отрезки пересекаются в точке ***K***', лежащей на эллипсе. Несложно построить три точки, симметричные ***K*** относительно большой и малой оси эллипса и его центра. Для более точного построения эллипса можно увеличить число точек ***K***.

Аналогичные построения на фронтальной проекции приведут к построению фронтальной проекции данной окружности, то есть эллипса.

Задача 6. Построить три проекции шара со сквозным призматическим отверстием. Радиус шара и точки ***A, B***, ***C***, ***D*** определяются в таблице 5 приложения в соответствии с вариантом.

Решение. На правой части листа (см. рис. 4) строятся оси координат *OXYZ* и три проекции шара с центром в точке ***O***, на фронтальной проекции шара строится вырожденная проекция призматического выреза, определяемого точками ***A***, ***B***, ***C***, ***D***. Призматический вырез образуется гранями ***BC*** и ***AD***, через которые проведены горизонтальные плоскости α и β, грань ***CD*** выреза является профильной плоскостью γ, и грань ***AB*** - фронтально-проецирующая плоскость. Любая плоскость пересекает поверхность сферы по окружности. плоскости α и β пересекают сферу по окружностям, которые на горизонтальной проекции отображаются в натуральную величину, на этих окружностях отмечаются точки ***B***', ***C***' и ***D***'. Горизонтальная проекция грани выреза ограничивается контуром ***B'-C'-C'-B'***, стороны ***B'-B'*** и ***C'-C'*** невидимы. Нижняя грань выреза (в плоскости β) ограничивается сегментом с хордой ***D***'-***D***'. Плоскость γ проходит через грань ***C-D,*** пересекает сферу по окружности радиуса O_3'***G'***, горизонтальная и фронтальная проекции этой грани - прямые линии, а профильная проекция - часть круга в контурах ***C'''-C'''-D'''-D'''***.

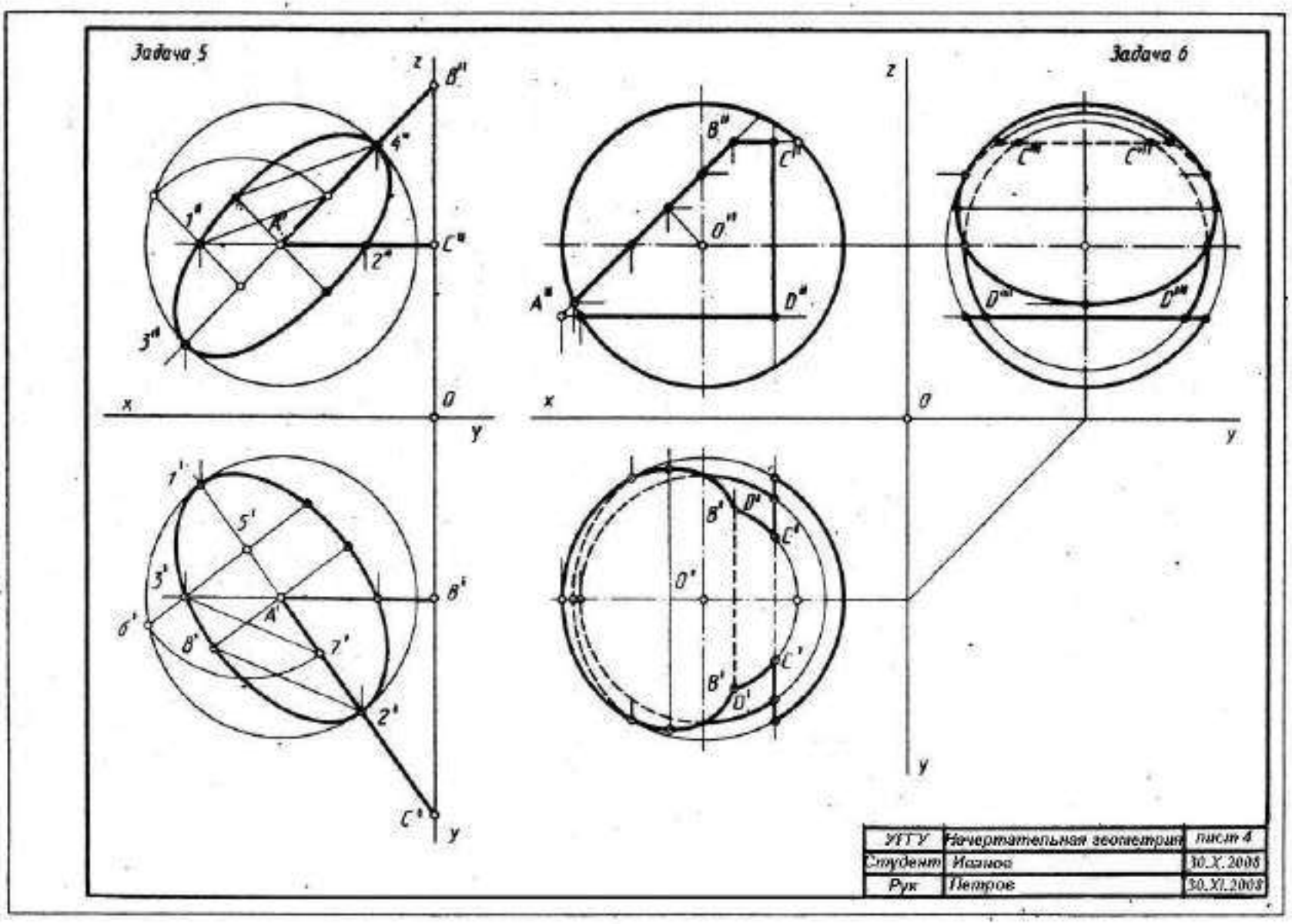

Задача 5
Задача 6
z
x
y
0
УГТУ
Начертательная геометрия
лист 4
Студент
Иванов
30.X.2008
Рук
Петров
30.XI.2008

Рис. 4

Плоскость δ пересекает сферу по окружности, а грань выреза образуется частью круга, ограниченного хордой ***B-B***. Фронтальная проекция этой грани вырождена в прямую линию, горизонтальная и профильная проекции этой грани имеют контур эллипса с хордой ***B′-B′*** и ***B‴-B‴*** соответственно. Окружность, лежащая в плоскости δ проецируется на горизонтальную и профильную плоскости проекций в виде эллипсов, которые строятся по точкам, например: точки ***B*** эллипса лежат на поверхности сферы на окружности радиуса O_1***″-E″.*** Горизонтальные проекции ***B′B′*** отмечаются на горизонтальной проекции этой окружности. Точки ***K′*** и K_1***′*** ‘эллипса лежат на поверхности сферы и на окружности радиуса O_4-1, то есть точки эллипсов на горизонтальной и профильной проекциях строятся по признаку принадлежности их поверхности сферы.

ЛИСТ 5

На листе 5 выполняются две задачи, в левой половине листа - задача 7, в правой - задача 8.

Задача 7. Построить фигуру сечения прямого кругового конуса плоскостью общего положения ***ABC*** Данные по вариантам содержатся в таблице 6 Приложения.

Решение. По данным варианта строятся проекции прямого кругового конуса с центром основания в точке ***K*** (рис. 5). По координатам строится секущая плоскость ***ABC***.

Для решения задачи используется метод перемены плоскостей проекций ([4], 7.2.1 с. 80). Это преобразование приводит задачу к простейшему виду - сечение конуса проецирующей плоскостью. В секущей плоскости ***ABC*** выделяется горизонталь ***AB*** и под прямым углом к горизонтальной проекции горизонтали ***A′B′*** проводится ось проекций x_1, определяющая новую систему плоскостей проекций H/V_1, в которой секущая плоскостъ ***ABC*** становится проецирующей (см. рис. 5). Преобразование чертежа производится по схеме, изложенной в ([4], 7.2.1., с. 82 рис.99).

Положение секущей плоскости на V_1 определяет характер фигуры сечения. На рис. 5 секущая плоскость пересекает все образующие и не перпендикулярна оси вращения конуса, в этом случае в сечении конуса получится плоская фигура, ограниченная эллипсом.

Проекции фигуры сечения рекомендуется строить с использованием свойства принадлежности точки поверхности конуса.

Пример. Точки 3 и 4 лежат на поверхности конуса и в секущей плоскости α, проекции 3_1" и 4_1" взяты произвольно, они лежат на параллели радиуса R_1". строится горизонтальная проекция этой параллели, и на ней отмечаются проекции 3' и 4'. Проводятся линии связи в системе V/H, и с помощью инварианта преобразования $z_{3\text{-}4}$ строятся фронтальные проекции 3" и 4". Построив таким образом достаточное количество точек на линии сечения поверхности конуса, их можно соединить плавной кривой линией на горизонтальной и фронтальной плоскостях проекций. Определить видимость кривой на фронтальной проекции. Фигуру сечения на проекциях выделить штриховкой, как показано на рис. 5.

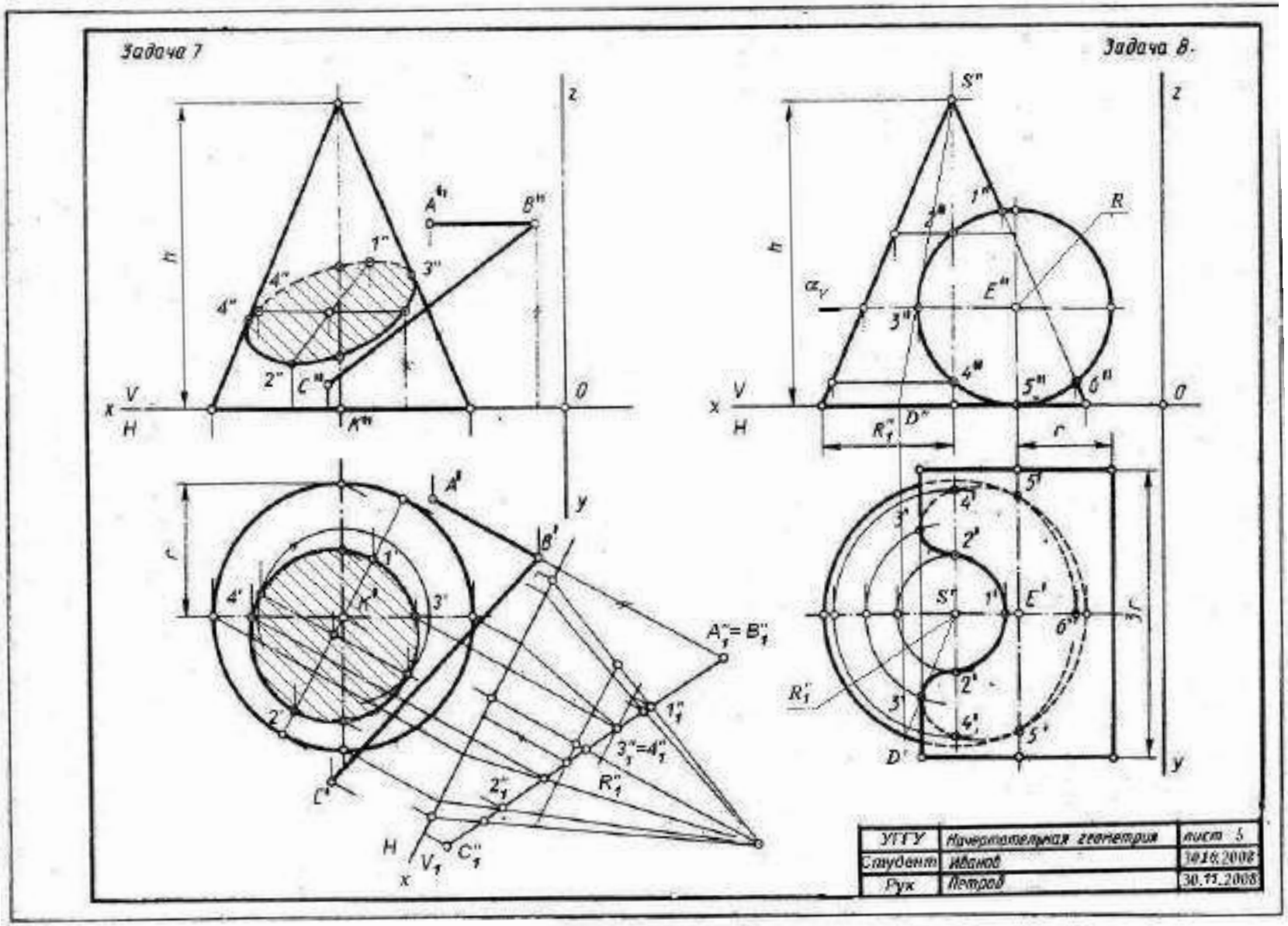

Задача 7
Задача 8.
z
y
x
V
H
0
h
A''
B''
C''
1''
2''
3''
4''
K''
S''
R
E''
5''
6''
D''
R_1''
r
$A_1''=B_1''$
$1_1''$
$2_1''$
$3_1''=4_1''$
C_1''
V_1
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 5
Студент
Иванов
10.12.2008
Рук
Петров
30.11.2008

Рис. 5

Задача 8. Построить линию пересечения поверхностей прямого кругового конуса и цилиндра, определить видимость кривой на чертеже.

Построение чертежа.

На правой стороне формата А3 строится ось проекций *x*. По координатам (см. таблица 7 приложения) строится точка ***K*** - центр окружности основания конуса, радиус окружности ***R,*** высота конуса ***h***. Ось вращения цилиндра перпендикулярна фронтальной плоскости проекций и проходит через точку ***E*** (координаты в таблице 7 приложения), радиус основания цилиндра $\boldsymbol{R}_1$,' Длина образующей цилиндра берется произвольно, несколько больше диаметра основания конуса.

Решение. Порядок решения задач на взаимное пересечение поверхностей вращения изучить по [4], 9.1, с. 107. Конкретная задача 8 (см. рис. 8 может быть решена по следующей схеме:

1) строятся характерные точки кривой линии пересечения конуса и цилиндра. Точки 1 и 6 пересечения крайней образующей конуса с очерком цилиндра, две точки 5 пересечения нижней образующей цилиндра с окружностью основания :конуса, две точки 3 пересечения левой крайней образующей цилиндра с параллелью конуса, лежащей в горизонтальной плоскости *a* (на рис. 5 эта плоскость обозначена фронтальным следом α_{V}*)*. Точки 3 определяют видимостъ: кривой линии на горизонтальной плоскости проекций;

2) Строится множество промежуточных точек кривой линии по схеме построения точек 3, 4 и 2 (см. рис. 5). Фронтальная проекция кривой линии пересечения поверхностей конуса и цилиндра совпадает с вырожденной проекцией цилиндра и ограничивается дугой *1"-3"-6"*. На дуге можно взять произвольную пару точек, например 4"=4". Эти точки лежат на поверхности конуса на параллели радиуса $\boldsymbol{R}_1$" (расстояние от оси вращения конуса до крайней образующей). Горизонтальные проекции 4' - 4' лежат на горизонтальной проекции параллели - окружности радиуса $\boldsymbol{R}_1$'. По этой схеме можно построить множество проекций промежуточных точек кривой;

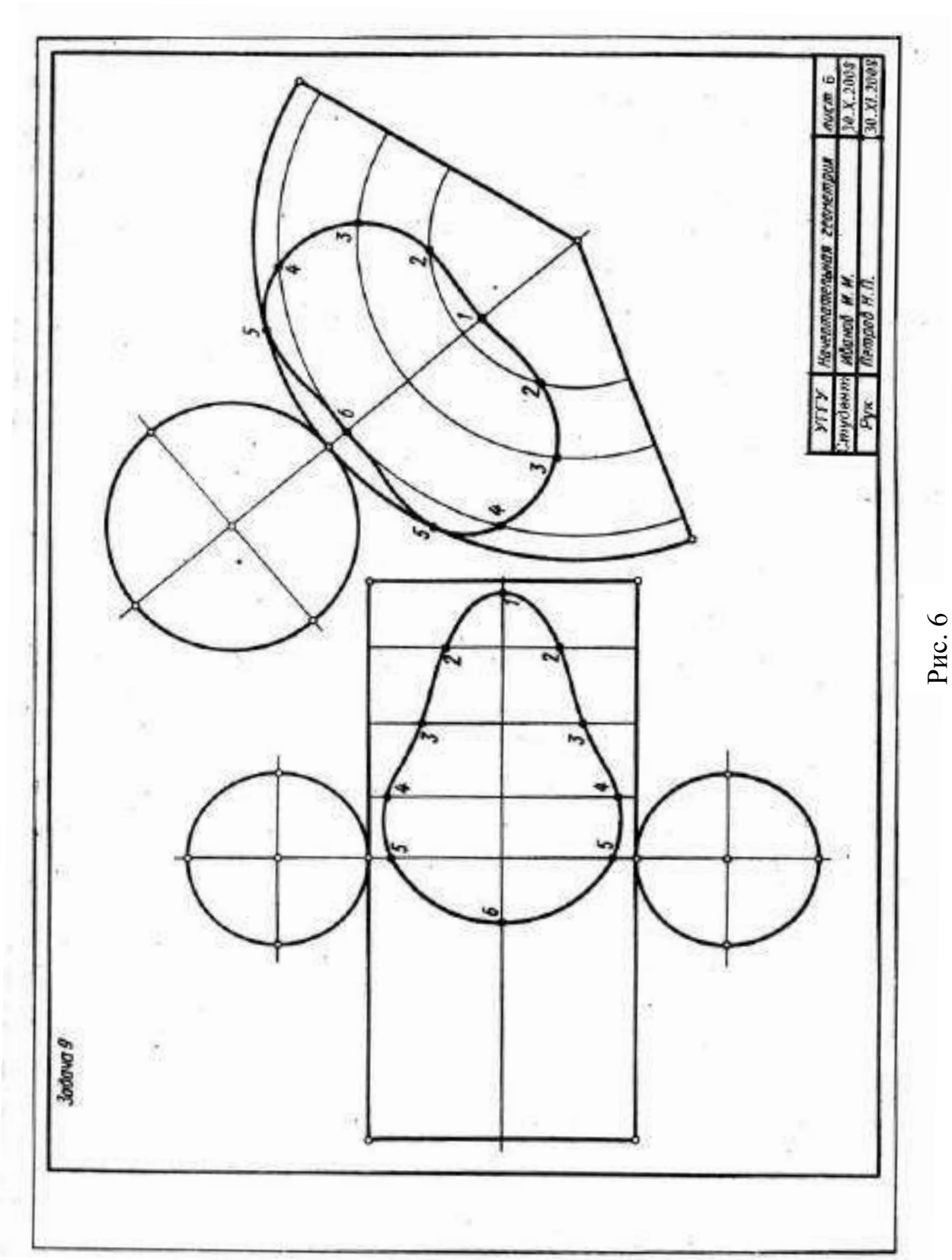

Задача 9
УГТУ
Начертательная геометрия
Лист 6
Студент Иванов И.И.
10.X.2005
Гр.ук. Петров Н.П.
30.XI.2005

Рис. 6

3) построенные точки соединяются плавными кривыми линиями с учетом видимости на проекциях. Фронтальная проекция кривой, как отмечалось выше, изображается дугой окружности l"-З"-6". Горизонтальная проекция кривой состоит из видимой части 3'-2'-1'-2'-3' и невидимой 1 - 3' - 4' - 6'. Видимость горизонтальной проекции кривой определяется точками 3 - это хорошо видно на фронтальной проекции, участок кривой 3"-2"-1" расположен на верхней (видимой на горизонтальной проекции) поверхности цилиндра, остальная часть кривой 3' -4' -6' расположена на нижней (невидимой на горизонтальной плоскости проекций) поверхности цилиндра.

ЛИСТ 6

Задача 9. Построить развертки поверхностей конуса и цилиндра с нанесением на них линий пересечения. Данные для построений берутся в задаче 8 (см. рис. 5).

Решение. Для построения разверток поверхностей рекомендуется сделать копию решенной задачи 8. Развертки обеих поверхностей разместить на одном листе формата А3~ как показано на рис. 6.

Боковая поверхность цилиндра раскатывается на плоскость цилиндра в виде прямоугольника, стороны которого определяются образующей (вертикальная сторона) и разверткой окружности основания $\boldsymbol{2\pi R}$ ($\boldsymbol{R}$ - радиус основания цилиндра). Сверху и снизу к полученному прямоугольнику пристраиваются основания цилиндра.

Линия пересечения поверхностей строится методом координатной разметки. На средней вертикальной линии развертки боковой поверхности цилиндра строятся точки 5 (см. рис. 6). Удаление этих точек от горизонтальных краев развертки берется на горизонтальной проекции цилиндра на рис. 5.

Строится образующая, на которой располагаются точки 4. Для этого нужно дугу 5"-4" (см. рис. 5) развернуть на прямую линию вправо от образующей, несущей точки 5. Для построения рекомендуется относительно

точный и не очень трудоемкий прием: дугу 5" - 4" (см. рис. 5) нужно аппроксимировать ломаной линией с хордами длиной 2-3- мм с помощью циркуля измерителя. Например, на дуге 5"-4" откладывается пять хорд длиной 2 мм, сумму этих хорд нужно отложить вправо от образующей, несущей точки 5, и провести образующую, на которой расположены точки 4. Точки 4 на образующей строятся по координатам *y* с горизонтальной проекции задачи 8. Таким образом, на развертке строится множество образующих и точки кривой, лежащие на них. Построенные точки соединяются плавной кривой линией.

Развертка поверхности конуса строится методом раскатки. Боковая поверхность конуса развертывается в виде сектора *с* центральным углом $\varphi = \boldsymbol{R/L} \times 360°$, где ***R*** - радиус основания конуса, ***L*** - образующая конуса. Радиус сектора развертки равен ***L*** - образующей конуса. Точки линии пересечения поверхностей на развертке строятся с помощью образующих конуса. На биссектрисе угла сектора (***OA***) строятся точки 1 и 6, натуральная величина отрезков ***S″*** -1***″*** и ***S″*** -6***″*** берется на фронтальной проекции (см. рис. 5). Точки 4 и 2 лежат на образующих ***S-B*** и ***S-C***, которые вместе с ***SA*** делят сектор развертки на четыре равные части. На ***S-B*** и ***S-C*** откладываются натуральные величины ***S″-***2_1***″*** и ***S″-***4_1***″*** отрезков ***S***-2 и ***S***-4 соответственно. Для построения точки 3 на развертке строится образующая ***SD***. Дуга окружности основания ***B′D′*** аппроксимируется ломаной линией с хордами длиной 2-3 мм (см. рис. 5), такое же количество хорд откладывается на дуге сектора, определяя точку ***D*** на развертке. На образующей ***SD*** строятся точки 3 (***S″-***3_1***″*** определяет натуральную величину ***S″***-3***″,*** см. рис. 5). Таким образом, строится достаточное множество точек, чтобы провести плавную, гладкую кривую линию пересечения конуса и цилиндра на развертке конуса.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3

Контрольная работа №3 выполняется на двух листах формата А3.

ЛИСТ 7

Задача 10. Построить линию пересечения цилиндра вращения (ось перпендикулярна фронтальной плоскости проекций) с поверхностью тора. Данные для варианта задания содержатся в таблице 8 приложения. Пример выполнения на рис. 7.

Решение. В тонких линиях строятся проекции тора и цилиндра.

Фронтальная проекция линии пересечения тора и цилиндра отображается в виде окружности, поскольку поверхность цилиндра является фронтально-проецирующей. Для построения горизонтальной проекции кривой используется свойство принадлежности точек поверхности тора. Так, точка 1 лежит на поверхности тора на его экваторе, $1''$ – точка касания экватора тора и поверхности цилиндра, $1'$ - отмечается на горизонтальной проекции экватора. Точки 2, 3, 4, 5 расположены на двух параллелях тора, симметрично расположенных относительно плоскости экватора, горизонтальные проекции $2'$, $3'$, $4'$, $5'$ отмечаются с помощью проекционной связи на горизонтальных проекциях параллелей. При решении этих задач построения рекомендуется проводить последовательно, избегая поточного метода, т. е., провели пару параллелей на фронтальной и на горизонтальной проекциях, отметили на них точки 2, 3, 4, 5, только после этого проводят следующую пару параллелей на поверхности тора. Горизонтальная проекция кривой имеет достаточно сложную форму, видимость на горизонтальной проекции определяется точками 4, 5 и 6, 7, участок кривой 1-4, 1-5, 1-6 и 1-7 на горизонтальной плоскости проекций видимый, остальная часть кривой невидимая и изображается штриховой линией.

Задача 11. Определить линию пересечения поверхностей прямого кругового цилиндра с эллиптическим наклонным конусом, параллелями которого являются окружности.

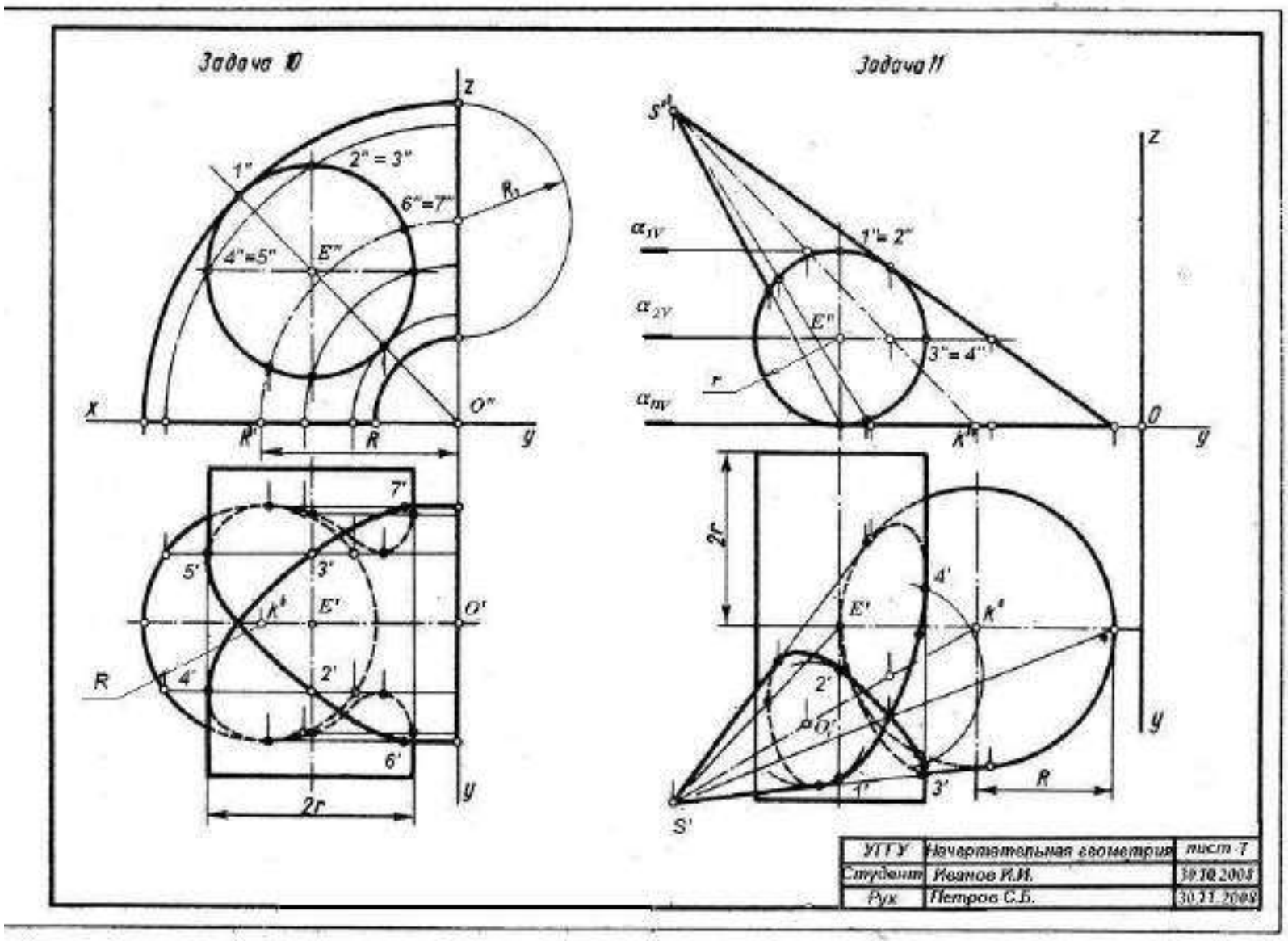

Задача 10
Задача 11
z
x
y
O''
1''
2'' = 3''
6''=7''
4''=5''
E''
R
R'
7'
5'
3'
E'
K'
O'
4'
2'
6'
2r
S''
S'
1''= 2''
3''= 4''
r
O
K''
O'
1'
УГТУ
Начертательная геометрия
лист 7
Студент
Иванов И.И.
30.10.2005
Рук
Петров С.Б.
30.11.2005

Рис. 7

Решение. По данным таблицы 9 строится в тонких линиях исходный чертеж. Фронтальная проекция кривой линии пересечения поверхностей, как и в задаче 10, отображается в виде дуги окружности, поскольку поверхность цилиндра фронтально-проецирующая (см. рис. 7). Горизонтальная проекция кривой может быть построена по методу вспомогательных секущих плоскостей. В данной задаче можно использовать горизонтальные секущие плоскости, область применения плоскостей ограничивается плоскостями α_{1V} и α_{nV}. Плоскость α_{1V}, касательная r поверхности цилиндра, проходит через его верхнюю образующую и пересекает конус по окружности радиуса $\boldsymbol{R}_{\mathrm{I}}$ с центром в точке $\boldsymbol{O}_1'$. Горизонтальная проекция окружности с центром в $\boldsymbol{O}_1$ определяет проекции точек $1'$ и $2'$ на горизонтальной проекции верхней образующей цилиндра. Плоскость α_{2V} проведена через правую крайнюю образующую цилиндра - так же как α_{1V}, она дает пару точек 3 и 4, определяющих видимость на горизонтальной плоскости проекций. Количество точек кривой (и соответственно вспомогательных секущих плоскостей) должно обеспечить точное построение кривой линии. Проекция кривой линии должна бытъ плавной и гладкой, без точек излома, толщина ее равна толщине обводки видимых контуров пересекающихся плоскостей. Кривая линия вписывается в контуры проекций пересекающихся поверхностей. Нужно обратить внимание на построение точек касания кривой крайних образующих и очерковых кривых поверхностей.

ЛИСТ 8

Задача 12. Построить две проекции поверхностей закрытого тора и цилиндра и линию их пересечения.

Решение. Строится исходный чертеж по данным таблицы 10 приложения в левой части листа формата А3 (рис. 8). Пересекающиеся поверхности расположены таким образом, что задача удовлетворяет условиям применения метода сферических концентрических секущих вспомогательных поверхностей, а именно:

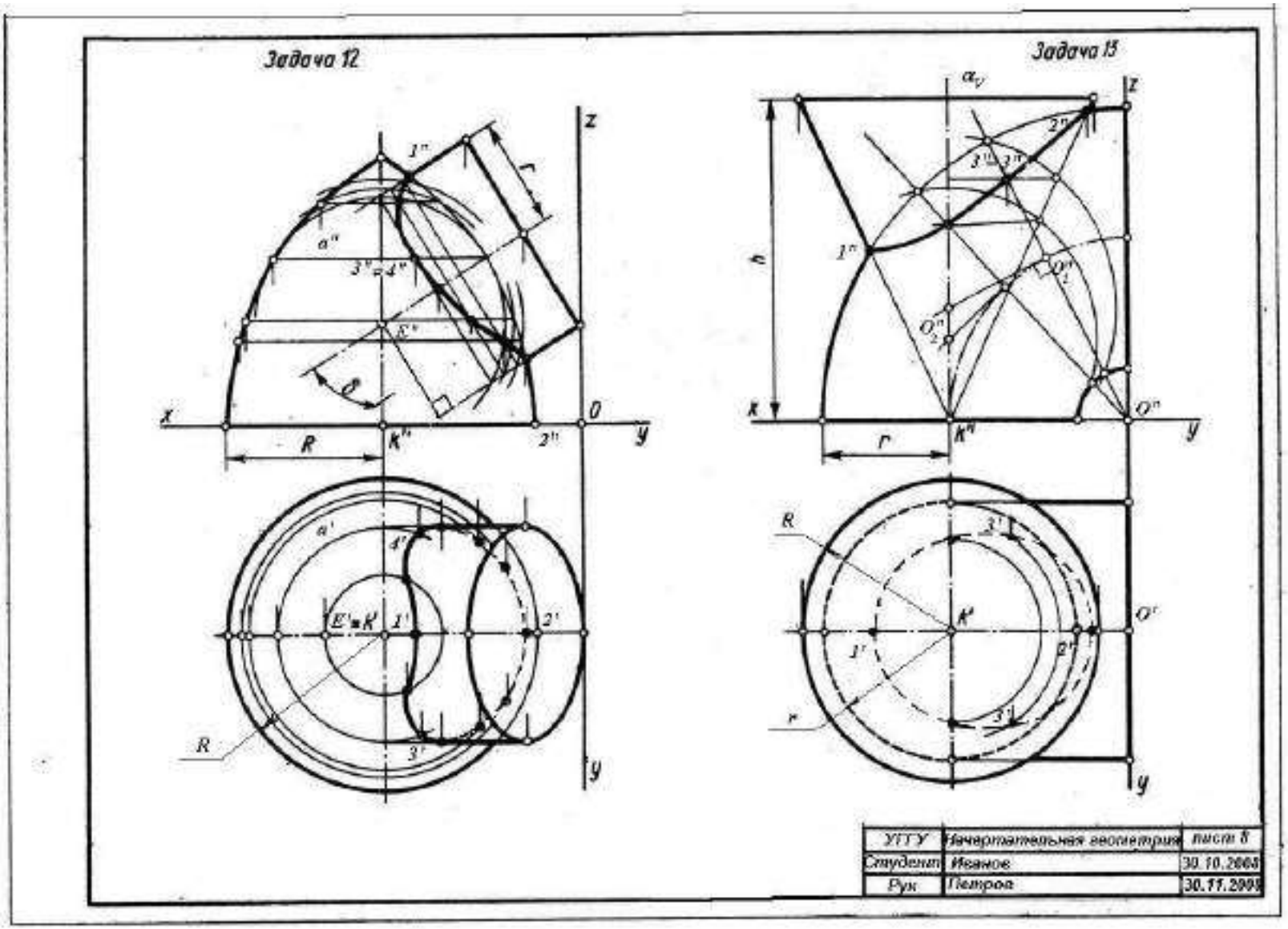

Задача 12
Задача 13
z
y
x
R
r
h
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 8
Студент
Иванов
30.10.2003
Рук
Петров
30.11.2003

Рис. 8

1) пересекающиеся поверхности - поверхности вращения;

2) оси вращения поверхностей пересекаются;

3) оси вращения поверхностей параллельны фронтальной плоскости проекций.

Решение задачи начинается с построения характерных точек - в данной задаче точки 1 и 2 пересечения очерка тора и крайних образующих цилиндра. Определяется область проведения вспомогательных сфер. Минимальная сфера определяется как сфера, вписанная в большее из тел. Радиусом минимальной сферы является нормаль, опущенная из центра сфер ***O*** на крайнюю образующую или очерк. В данном случае нормаль к очерку тора больше нормали к образующей - цилиндра, следовательно, минимальной сферой будет сфера, вписанная в поверхность тора. Максимальная сфера определяется радиусом, равным расстоянию от центра сфер до наиболее удаленной характерной точки.

Минимальная сфера касается поверхности тора по окружности, вырождающейся на фронтальной проекции в прямую ***a″,*** и пересекает поверхность цилиндра по окружности, вырождающейся на фронтальной проекции в прямую ***b″***. Эти две окружности, лежащие на поверхности сферы минимального радиуса, пересекаются в двух точках - 3" и 4", горизонтальные проекции их строятся по принадлежности поверхности тора. Они лежат на параллели ***a′*** и занимают положение 3' и 4'. Следующая сфера пересекает тор по двум окружностям, а цилиндр - по одной окружности. Эти окружности дают четыре общие точки данных поверхностей. Таким образом нужно построить достаточное множество точек, соединив которые, получают проекции линии пересечения заданных поверхностей. Видимость кривой линии на горизонтальной проекции определяют точки пересечения крайних образующих цилиндра с поверхностью тора.

Задача 13. Построить две проекции пересекающихся поверхностей конуса и части открытого тора, построить линию пересечения заданных поверхностей.

Решение. В правой половине листа 8 строится исходный чертеж по данным из таблицы 11 приложения. Эта задача не решается методом вспомогательных секущих плоскостей, и метод вспомогательных секущих концентрических сфер в этом случае неприменим. Простое решение задачи дает метод секущих эксцентрических сфер, с помощью которого можно построить множество промежуточных точек кривой линии. Решение задачи начинается с определения характерных точек 1 и 2, точки пересечения крайних образующих и экватора (очерка) тора.

Построение промежуточных точек ведется по следующей схеме (см. рис. 8):

1) через ось вращения тора (***O''***) проводится фронтально-проецирующая плоскостъ (α_V), эта меридиональная плоскость тора пересекает его поверхность по образующей окружности;

2) из центра меридиональной окружности O_1" проводится нормаль к плоскости этой окружности (касательная к штрихпунктирной окружности центров меридианов) до пересечения с осью вращения конуса в точке O_2";

3) из центра O_2" проводится сфера через концы диаметра меридиональной окружности с центром O_1";

4) проведенная сфера пересекает поверхность конуса по окружности, которая пересекает меридиональную окружность в точках 3"-3_1";

5) множество таких плоскостей проводится в интервале между характерными точками 1-2, и каждая дает пару общих точек пересекающихся поверхностей;

6) горизонтальные проекции точек кривой строятся по принадлежности поверхности конуса;

7) определяется видимость кривой на проекциях, в данном примере горизонтальная проекция кривой полностью невидима) поскольку лежит на невидимой сверху боковой поверхности конуса.

ПРИЛОЖЕНИЕ (11 таблиц)

Данные к задаче 1 (размеры и координаты)

таблица 1

Вариант	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_C	z_C	x_D	y_D	z_D	x_E	y_E	z_E	x_K	y_K	z_K
1	117	90	9	52	25	79	0	83	48	68	110	85	135	19	36	14	52	0
2	120	90	10	50	25	80	0	85	50	70	110	85	135	20	35	15	50	0
3	115	90	10	52	25	80	0	80	45	65	105	80	130	18	35	12	50	0
4	120	92	10	50	20	75	0	80	46	70	115	85	135	20	32	10	50	0
5	117	9	90	52	79	25	0	48	83	68	85	110	135	36	19	14	0	52
6	115	7	85	50	80	25	0	50	85	70	85	110	135	40	20	15	0	50
7	120	10	90	48	82	20	0	52	82	65	80	110	130	38	20	15	0	52
8	116	8	88	50	78	25	0	46	80	70	85	108	135	36	20	15	0	52
9	115	10	92	50	80	25	0	50	85	70	85	110	135	35	20	15	0	50
10	18	10	90	83	79	25	135	48	83	67	85	110	0	36	19	121	0	52
11	20	12	92	85	80	25	135	50	85	70	85	110	0	35	20	120	0	52
12	15	10	85	80	89	20	130	50	80	70	80	108	0	35	20	120	0	50
13	16	12	88	85	80	25	130	50	80	75	85	110	0	30	15	120	0	50
14	18	12	85	85	80	25	135	50	80	70	85	110	0	35	20	120	0	50
15	18	90	10	83	25	79	135	83	48	67	110	85	0	19	36	121	52	0
16	18	40	75	83	117	6	135	47	38	67	20	0	0	111	48	121	78	86
17	18	75	40	83	6	107	135	38	47	67	0	20	0	48	111	121	86	78
18	115	75	40	52	7	97	0	38	47	80	0	20	115	45	85	15	85	78
19	115	40	75	52	107	6	0	45	40	90	20	0	120	90	50	I5	80	7
20	120	38	75	50	108	5	0	45	40	135	20	0	70	110	50	15	80	85
21	120	40	0	100	112	70	0	50	40	140	30	50	70	120	0	20	80	85
22	20	40	10	85	110	80	135	48	48	70	20	85	0	110	35	120	80	0
23	20	10	40	85	80	110	135	48	48	10	85	20	0	35	110	120	0	80
24	117	40	9	52	111	79	0	47	48	68	20	85	135	111	36	14	78	0
25	117	9	40	52	79	111	0	48	47	68	85	20	135	36	111	14	0	78
26	18	40	9	83	111	79	135	47	48	56	20	80	120	80	35	36	80	0
27	18	9	40	83	79	111	135	48	47	56	20	80	120	80	111	35	80	0

Данные к задаче 2 (координаты и размеры, мм)

Таблица 2.

Вариант	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_C	z_C	h
1	117	90	9	52	25	79	0	83	48	85
2	120	90	10	50	25	80	0	85	50	85
3	115	90	10	52	25	80	0	80	45	85
4	120	92	10	50	20	75	0	80	46	85
5	117	9	90	52	79	25	0	48	83	85
6	115	7	85	50	80	25	0	50	85	85
7	120	10	90	48	82	20	0	52	82	85
8	116	8	88	50	78	25	0	46	80	85
9	115	10	92	50	80	25	0	50	85	85
10	18	10	90	83	79	25	135	48	83	85
11	20	12	92	85	80	25	135	50	85	85
12	15	10	85	80	80	20	130	50	80	85
13	16	12	88	85	80	25	130	50	80	80
14	18	12	85	85	80	25	135	50	80	80
15	18	90	10	83	25	79	135	83	48	80
16	18	40	75	83	117	6	135	47	38	80
17	18	75	40	83	6	107	135	38	47	80
18	117	75	40	52	6	107	0	38	47	80
19	117	40	75	52	107	6	0	47	38	80
20	120	38	75	50	108	5	0	45	40	80
21	122	40	75	50	110	8	0	50	40	85
22	20	40	10	85	110	80	135	48	48	80
23	20	10	40	85	80	110	135	48	48	85
24	117	40	9	52	111	79	0	47	47	80
25	117	9	40	52	79	111	0	48	47	85
26	18	40	9	83	111	79	135	47	48	80
27	18	9	40	83	79	111	135	48	47	80

Данные к задаче 3 (координаты и размеры, мм)

Таблица 3

Вариант	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_c	z_C	x_D	y_D	z_D	x_E	y_E	z_E	x_K	y_K	z_K	x_G	y_G	z_G	x_U	y_U	z_U	h
1	141	75	0	122	14	77	87	100	40	0	50	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
2	0	70	0	20	9	77	53	95	40	141	45	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
3	0	80	0	20	19	77	53	110	40	141	55	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
4	0	68	0	20	7	77	53	93	40	141	143	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
5	0	68	0	20	7	77	53	93	40	141	143	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
6	0	75	0	20	14	77	53	100	40	141	50	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
7	0	82	0	20	21	77	53	112	40	141	57	40	49	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
8	0	85	0	20	24	77	53	115	40	141	60	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	95	0	85
9	0	90	0	20	29	77	53	120	40	141	65	40	49	50	0	61	20	0	125	20	0	86	95	0	85
10	0	85	0	15	30	80	55	120	40	141	60	40	40	50	0	67	20	0	125	20	0	86	93	0	86
11	141	70	0	122	9	77	87	95	40	0	45	40	100	50	0	74	.20	0	16	20	0	55	95	0	85
12	141	80	0	122	19	77	87	100	40	0	55	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
13	141	68	0	122	7	77	87	93	40	0	43	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
14	141	82	0	122	21	77	87	112	40	0	57	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
15	141	85	0	122	24	77	87	115	40	0	60	40	100	50	0	14	20	0	16	20	0	55	95	0	85
16	141	90	0	122	29	77	81	120	40	0	65	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
17	135	15	0	116	14	77	81	100	40	0	50	40	100	50	0	74	20	0	16	20	0	55	95	0	85
18	145	15	0	126	14	77	91	100	40	0	50	40	100	50	0	74	20	9	16	20	0	55	95	0	85

Данные к задаче 5 (координаты и размеры, мм)

Таблица 4.

Вариант	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_C	z_C	R
1	50	58	60	10	58	115	0	120	60	46
2	50	58	60	10	58	115	0	122	60	46
3	50	56	58	10	56	115	0	124	58	48
4	52	56	58	10	56	113	0	120	58	48
5	52	58	60	0	58	113	0	124	60	47
6	52	58	58	5	58	112	10	120	58	47
7	52	56	60	5	56	112	10	122	60	48
8	52	56	60	5	56	112	10	120	60	45
9	50	60	60	5	60	110	10	122	60	45
10	52	60	58	0	113	58	0	113	124	47
11	50	60	58	0	60	110	10	120	58	47
12	50	62	58	0	62	108	10	120	58	48
13	50	62	56	0	62	108	10	124	56	48
14	52	62	56	0	62	106	10	124	56	48
15	52	60	56	8	60	106	0	126	56	50
16	54	60	58	8	60	106	0	126	58	50
17	54	62	58	8	62	104	0	124	58	50
18	54	62	58	0	62	104	12	122	58	50
19	55	62	60	0	62	102	12	120	60	50
20	55	64	60	0	64	102	12	120	60	52
21	55	65	60	0	65	110	12	118	60	52
22	55	65	60	8	65	110	0	118	60	50
23	56	64	58	6	64	100	0	115	58	50
24	56	66	58	10	66	104	0	115	58	52
25	56	66	58	0	66	114	0	120	58	52
26	55	65	58	0	65	112	0	115	58	52
27	55	65	60	0	65	112	0	120	60	50

Данные к задаче 6 (координаты и размеры, мм)

Таблица 5

Вариант	x_0	y_0	z_0	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_c	z_C	x_D	y_D	z_D	R
1	70	58	62	118	-	35	56	-	95	45	-	95	45	-	35	46
2	70	60	60	118	-	35	56	-	95	44	-	95	44	-	35	46
3	70	60	58	120	-	35	58	-	95	44	-	95	44	-	35	48
4	70	60	58	120	-	36	56	-	94	42	-	94	42	-	36	48
5	69	58	60	116	-	36	58	-	94	45	-	94	45	-	36	47
6	72	60	58	116	-	36	60	-	92	42	-	92	42	-	36	47
7	72	58	60	120	-	34	60	-	92	42	-	92	42	-	34	48
8	72	58	58	122	-	34	60	-	90	40	-	90	40	-	34	45
9	74	62	60	122	-	34	55	-	90	40	-	90	40.	-	34	45
10	69	58	60	20	-	36	81	-	94	94	-	94	94	-	36	47
11	74	62	58	20	-	36	80	-	92	94	-	92	94	-	36	47
12	72	62	62	20	-	35	80	-	92	92	-	92	92	-	35	48
13	72	60	62	22	-	35	82	-	90	92	-	90,	92	-	35	48
14	70	60	60	18	-	35	82	-	90	90	-	90	90	-	35	48
15	70	60	58	18	-	34	82	-	94	92	-	94	92	-	34	50
16	72	62	58	20	-	34	84	-	94	96	-	94	96	-	34	50
17	70	62	60	18	-	32	84	-	90	96	-	90	96	-	32	50
18	68	60	60	20	-	32	86	-	92	95	-	92	95	-	32	50
19	68	58	62	20	-	32	86	-	92	95	-	92	95	-	32	50
20	70	58	62	18	-	32	86	-	94	90	-	94	90	-	32	52
21	70	60	58	118	-	35	60	-.	95	45	-	95	45	-	35	52
22	70	62	62	120	-	36	60	-	92	42	-	92	42	-	36	50
23	68	62	60	120	-	34	62	-	92	42	-	92	42	-	34	50
24	68	62	58	122	-	35	62	-	90	40	-	90	40	-	35	52
25	68	60	58	120	-	36	60	-	90	42	-	90	42	-	36	52
26	70	60	60	120	-	35	60	-	92	44	-	92	44	-	35	52
27	70	58	60	120	-	32	62	-	92	45	-	92	45	-	32	50

Данные к задаче 7 (координаты и размеры, мм)

Таблица 6

Вариант	x_K	y_K	z_K	x_A	y_A	z_A	x_B	y_B	z_B	x_C	y_C	z_C	R	h
1	78	72	0	10	50	62	46	30	62	82	125	10	45	100
2	78	72	0	82	125	10	10	52	62	46	30	62	45	100
3	80	72	0	46	30	62	82	125	10	10	50	62	45	100
4	80	70	0	10	50	62	82	125	10	46	30	62	45	100
5	78	70	0	46	30	62	10	50	62	82	125	10	44	102
6	80	72	0	45	30	60	10	50	60	80	125	8	45	98
7	80	68	0	46	28	60	10	48	60	80	126	0	45	98
8	82	68	0	47	28	65	10	50	65	82	126	6	45	98
9	82	68	0	48	28	65	10	52	65	84	128	6	43	98
10	82	68	0	49	30	66	12	48	66	84	130	5	44	102
11	80	66	0	50	30	64	12	46	64	85	128	4	43	102
12	80	66	0	44	32	60	12	52	60	85	132	5	43	102
13	80	66	0	44	30	60	15	50	60	86	132	5	42	102
14	82	65	0	45	30	62	15	48	62	86	130	5	42	102
15	82	65	0	45	32	62	15	48	62	84	135	0	42	100
16	84	65	0	45	28	66	10	50	66	84	135	0	43	100
17	84	64	0	45	30	66	10	52	66	85	136	5	44	100
18	86	64	0	44	30	65	14	52	65	88	136	4	44	100

Данные к задаче 8 (Координаты и размеры, мм)

Таблица 7.

Вариант	x_K	y_K	z_K	R	h	x_E	y_E	z_E	R_1
1	80	70	0	45	100	50	70	32	35
2	80	70	0	45	100	50	70	32	30
3	80	72	0	45	100	53	72	32	32
4	80	72	0	45	100	60	72	35	35
5	70	70	0	44	102	50	70	32	32
6	75	70	0	45	98	65	70	35	35
7	75	70	0	45	98	70	70	35	35
8	75	72	0	45	98	75	72	35	35
9	75	72	0	43	98	80	72	35	35
10	75	75	0	44	102	50	75	35	35
11	80	75	0	43	102	85	75	36	36
12	80	75	0	43	102	85	75	40	35
13	80	75	0	42	102	80	75	40	35
14	80	70	0	42	102	80	70	40	32
15	80	70	0	42	100	75	70	40	32
16	70	72	0	43	100	75	72	42	32
17	70	72	0	44	100	70	72	40	32
18	70	74	0	44	100	70	74	36	32
19	70	74	0	44	98	68	74	32	34
20	75	70	0	42	98	68	70	32	36
21	75	72	0	42	95	66	72	35	35
22	75	75	0	46	95	66	75	38	32
23	80	74	0	46	96	64	75	36	32
24	80	75	0	46	96	64	75	34	34
25	80	70	0	46	97	62	70	38	32
26	80	70	0	45	97	62	70	38	34
27	80	70	0	45	102	60	70	34	34

Данные к задаче 10 (координаты и размеры, мм)

Таблица 8

Вариант	x_K	y_K	z_K	R_1	x_E	y_E	z_E	r
1	66	66	0	38	48	66	49	32
2	67	67	0	38	47	67	48	32
3	65	65	0	40	46	65	47	33
4	68	65	0	40	45	65	46	34
5	65	65	0	38	49	65	50	34
6	70	65	0	40	44	65	51	35
7	67	67	0	38	43	67	52	35
8	68	68	0	39	42	68	53	63
9	69	65	0	39	50	65	54	36
10	68	66	0	37	51	66	55	38
11	65	64	0	37	52	64	56	38
12	66	64	0	40	53	64	57	37
13	65	66	0	40	54	66	58	36
14	65	70	0	36	55	70	50	37
15	65	70	0	36	56	70	52	32
16	66	70	0	37	57	70	53	33
17	68	70	0	38	58	70	51	34
18	68	70	0	39	59	70	49	34
19	70	70	0	40	60	70	50	35
20	70	70	0	41	50	70	60	34
21	72	72	0	42	52	72	62	36
22	72	70	0	42	54	70	61	35
23	66	70	0	38	55	70	59	38
24	68	72	0	40	50	72	63	27
25	66	66	0	40	52	66	65	40
26	65	65	0	40	52	65	64	40
27	70	70	0	40	52	70	66	38

Данные к задаче 11 (координаты и размеры, мм)

Таблица 9.

Вариант	x_K	y_K	z_K	x_S	y_S	z_S	R	x_E	y_E	z_E	r
1	55	65	0	155	122	100	44	100	65	35	30
2	56	65	0	160	120	100	45	100	65	34	32
3	56	64	0	160	120	95	46	98	64	35	35
4	58	64	0	156	118	100	45	96	64	32	32
5	55	65	0	155	123	102	45	95	65	30	30
6	58	66	0	157	120	98	46	100	66	32	30
7	60	66	0	158	115	102	44	95	66	36	32
8	60	65	0	156	115	98	45	90	65	38	32
9	60	66	0	155	110	100	45	92	66	40	32
10	100	65	0	0	122	100	45	94	65	30	30
11	98	65	0	0	120	100	45	55	65	32	30
12	100	65	0	0	118	98	45	56	65	34	32
13	96	66	0	0	120	100	44	57	66	35	30
14	98	64	0	0	116	96	45	58	64	35	35
15	98	65	0	0	I15	98	45	59	65	36	30
16	100	65	0	0	114	98	44	60	65	38	34
17	102	65	0	0	112	100	45	62	65	40	35
18	100	65	0	0	110	102	45	63	65	42	34
19	55	64	0	150	122	100	44	100	64	32	32
20	56	64	0	155	120	100	45	102	64	34	30
21	54	65	0	154	118	98	45	102	65	35	30
22	57	64	0	152	120	100	45	100	65	36	32
23	58	64	0	152	115	100	46	98	64	38	30
24	60	65	0	155	116	96	44	96	65	40	32
25	62	66	0	150	114	95	45	95	66	36	30
26	60	66	0	148	115	98	45	94	66	34	30
27	62	65	0	148	120	98	45	92	65	32	30

Данные к задаче 12 (координаты и размеры, мм)

Таблица 10.

Вариант	x_K	y_K	z_K	x_E	y_E	z_E	R	δ
1	70	70	0	70	70	40	50	60
2	70	70	0	70	70	40	55	60
3	70	70	0	70	70	38	56	65
4	70	70	0	70	70	38	55	70
5	65	70	0	65	70	35	51	75
6	65	72	0	65	72	35	50	60
7	66	72	0	66	72	35	52	80
8	68	74	0	68	74	34	51	75
9	68	74	0	68	74	34	52	60
10	70	75	0	70	75	36	53	65
11	72	75	0	72	75	35	54	75
12	64	76	0	64	76	36	55	60
13	68	76	0	68	76	35	55	45
14	70	70	0	70	70	35	55	60
15	70	72	0	70	72	35	55	60
16	72	70	0	72	70	35	52	50
17	75	74	0	75	74	36	52	60
18	74	76	0	74	76	36	53	55
19	74	70	0	74	70	35	52	60
20	75	78	0	75	78	35	54	60
21	75	78	0	75	78	36	52	45
22	70	78	0	70	78	35	54	65
23	70	80	0	70	80	35	54	70
24	70	80	0	70	80	35	54	60
25	70	80	0	70	80	35	55	45
26	75	78	0	75	78	35	55	60
27	75	80	0	75	80	35	55	65

Данные к задаче 13 (координаты и размеры, мм)

Таблица 11.

Вариант	x_K	y_K	z_K	R	h	r
1	60	68	0	52	106	40
2	60	70	0	54	104	42
3	60	70	0	55	102	41
4	60	72	0	52	100	40
5	61	70	0	50	108	42
6	60	72	0	51	98	42
7	60	71	0	50	96	40
8	58	70	0	54	98	41
9	58	70	0	52	95	40
10	60	68	0	55	94	40
11	58	68	0	51	95	40
12	58	68	0	52	100	42
13	62	70	0	53	94	42
14	58	68	0	50	95	40
15	60	68	0	52	98	40
16	61	70	0	51	100	40
17	62	72	0	55	102	42
18	62	70	0	54	104	42
19	60	70	0	53	100	40
20	60	72	0	52	95	42
21	60	68	0	55	96	42
22	62	68	0	50	100	40
23	62	68	0	51	102	40
24	62	68	0	51	108	40
25	60	70	0	52	106	42
26	60	70	0	54	104	40
27	60	70	0	55	100	40

Литература

1. Богданов В.Н., Малежик А. П., Верхола А.П. и др. Справочное руководство по черчению.- М.: Машиностроение, 1989. - 864с.

2. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. - М.: Наука, 1988. – 272 с.

3. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. - М.: Издательство стандартов, 1991. – 236 с.

4. Самохвалов Ю. И. Начертательная геометрия: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 121с.

5. Фролов С. А., Бубенников А.В., Левицкий В.С., Овчинникова И.С. Начертательная геометрия и черчение: Методические указания и контрольные задания для студентов - заочников инженерно-технических специальностей вузов. - М.: Высшая школа, 1982. – 88 с.

ЧАСТЬ II
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Введение

Во втором семестре первого курса по дисциплинам "Инженерная графика» и "Начертательная геометрия" предусматривается изучение курса машиностроительного черчения и горной графики, имеющей свою специфику.

Во втором семестре студенты выполняют две контрольные работы №4, №5 и курсовую работу, которая отражает характерные особенности графической документации выбранной специальности.

Выполнить контрольные работы нужно по вариантам заданий, которые даны в таблицах и на рисунках приложения к тексту. При выполнении работ нужно обязательно использовать рекомендуемую литературу по машиностроительному черчению последних лет издания. Тема – чтение и деталирование чертежа общего вида, и курсовая работа выдается на кафедре в период установочных лекций.

Все графические работы оформляются на листах чертежной бумаги стандартного формата. Основная надпись выполняется по форме I по образцу приложения 1. Текстовые документы оформляются на листах формата А4 по образцу приложения 2 с основной надписью по форме 2. Детальные требования по оформлению графических документов (чертежей) содержатся в литературе [1, 2. 3, 4, 5], приведенной в конце пособия. Можно пользоваться любым из приведенных источников или других, доступных студенту.

При выполнении аксонометрических проекций на чертежах нужно проекции окружности (эллипсы) заменить на циркульные четырехцентровые овалы, построение которых приведено в приложении 3.

Студенты, обучающиеся по направлению 150400 "Технологические машины и оборудование", имеющие шифр специальности ГМК, ГРМ, ГЭМ, АСГ выполняют полностью контрольные работы №4 и №5, тема 9, и задание на курсовую работу выдается студенту на сессии.

Студенты, обучающиеся по направлению 130400 - 'Горное дело (ПРМ, ШС; МД, ОГР, ОПИ), во втором семестре выполняют из контрольной работы №4 темы: 1, 2 и 3; из контрольной работы №5 – темы 6 и 7, тема 9 и 10 выдается студенту на сессии.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №4

Для выполнения контрольной работы №4 нужно основательно изучить ГОСТ 2.305.68. Этот стандарт можно найти в сборнике ЕСКД (Единая система конструкторской документации) "Общие правила выполнения чертежей" [4] или воспользоваться соответствующим разделом в учебниках по машиностроительному черчению [2, 3, 5].

Контрольная работа №4 состоит из, пяти тем:

Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данному изображению.

Тема 2. Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию.

Тема 3. Построение трех изображений по двум данным. Выполнение разрезов и сечений.

Тема 4. Построение линий среза.

Тема 5. Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей.

Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данному наглядному изображению

Задание по теме и порядок выполнения:

1. Изучить ГОСТ 2.305.68 "Изображение - виды, разрезы, сечения".

2. Познакомиться с примером выполнения и индивидуальным заданием по теме (рис. 1).

3. Внимательно изучить конструкцию индивидуального примера геометрического тела согласно своему варианту. Мысленно произвести геометрический анализ заданного геометрического тепа, то есть определить, из каких элементарных геометрических тел состоит деталь: параллелепипед, призма, цилиндр и т.п.

4. Определить главное изображение детали (вид спереди), которое должно давать наиболее адекватное представление о конструкции детали и, соответственно, вид сверху и вид слева.

5. На листе чертежной бумаги построить формат А3, рамку чертежа, основную надпись по форме 1 (см. приложение 1). Рабочее поле чертежа разбить на зоны главного вида, вида сверху и вида слева пропорционально габаритам этих изображений.

6. По заданным размерам в масштабе 1:1 построить в тонких линиях изображения видов детали, невидимые линии на чертеже не изображать.

7. Нанести все необходимые выносные и размерные линии, изучив ГОСТ 2.307-68 [4], проставив размерные числа.

8. Линии видимого контура на изображениях, рамку чертежа и соответствующие линии в основной надписи по форме 1 обвести толстой сплошной линией толщиной 0,6- 0,7 мм, сплошные тонкие линии - 0,2 - 0,3 мм.

9. Основную надпись заполнить чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-68 [4].

Чертеж выполняется карандашом, приведенная последовательность операций по выполнению чертежа является универсальной, то есть все остальные чертежи контрольных работ по черчению нужно выполнять, придерживаясь этой схемы.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите название шести основных видов и укажите, как они располагаются на чертеже.

2. Дайте определение дополнительного вида. Как обозначается дополнительный вид? В каких случаях допускается дополнительный вид не обозначать?

3. Дайте ответ по схеме 2-го вопроса для местного вида.

Задание по теме 1 дано на рис. 16 приложения 4, образец выполнения задания по теме 1 на рис. 1.

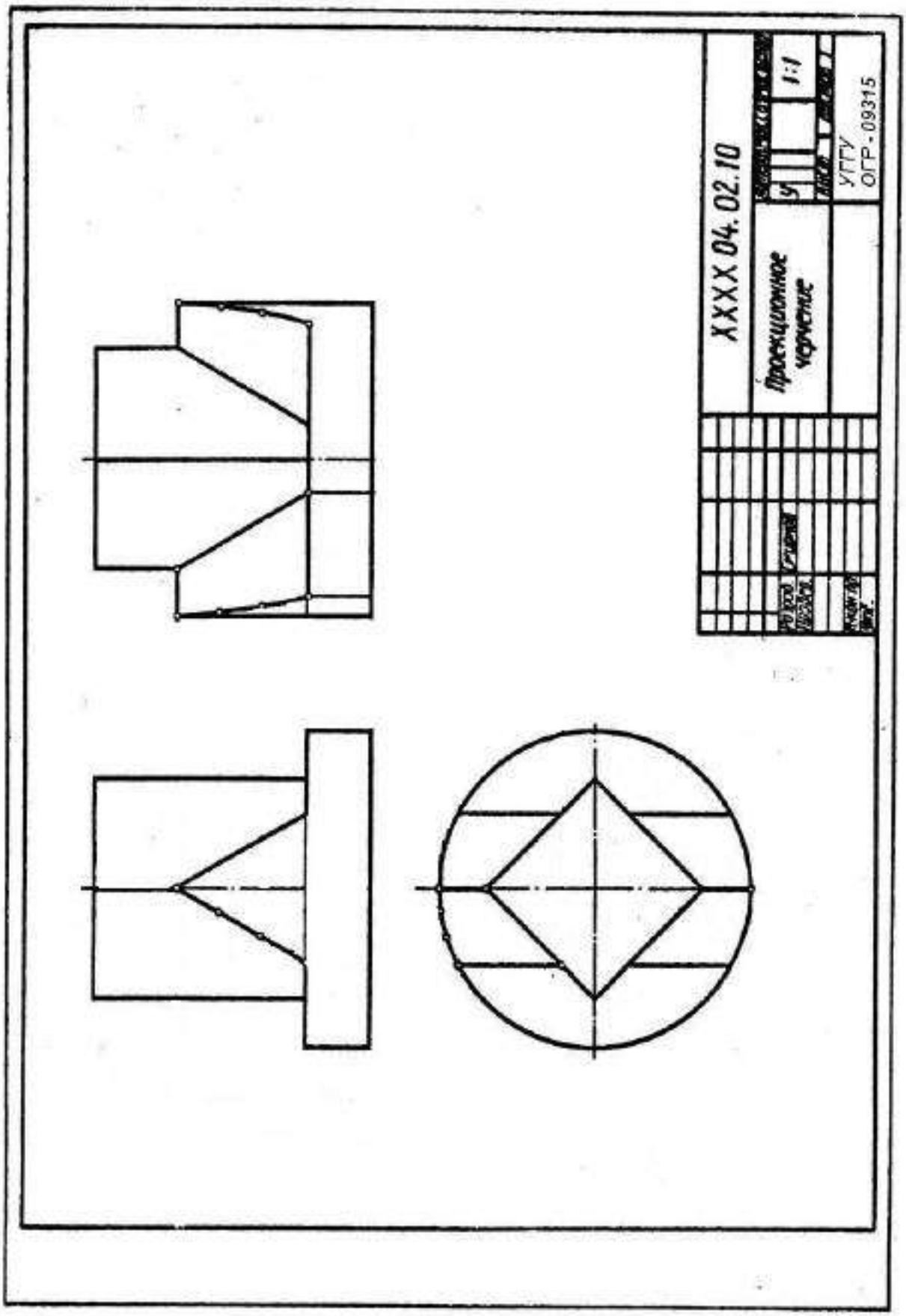


Рис. 1

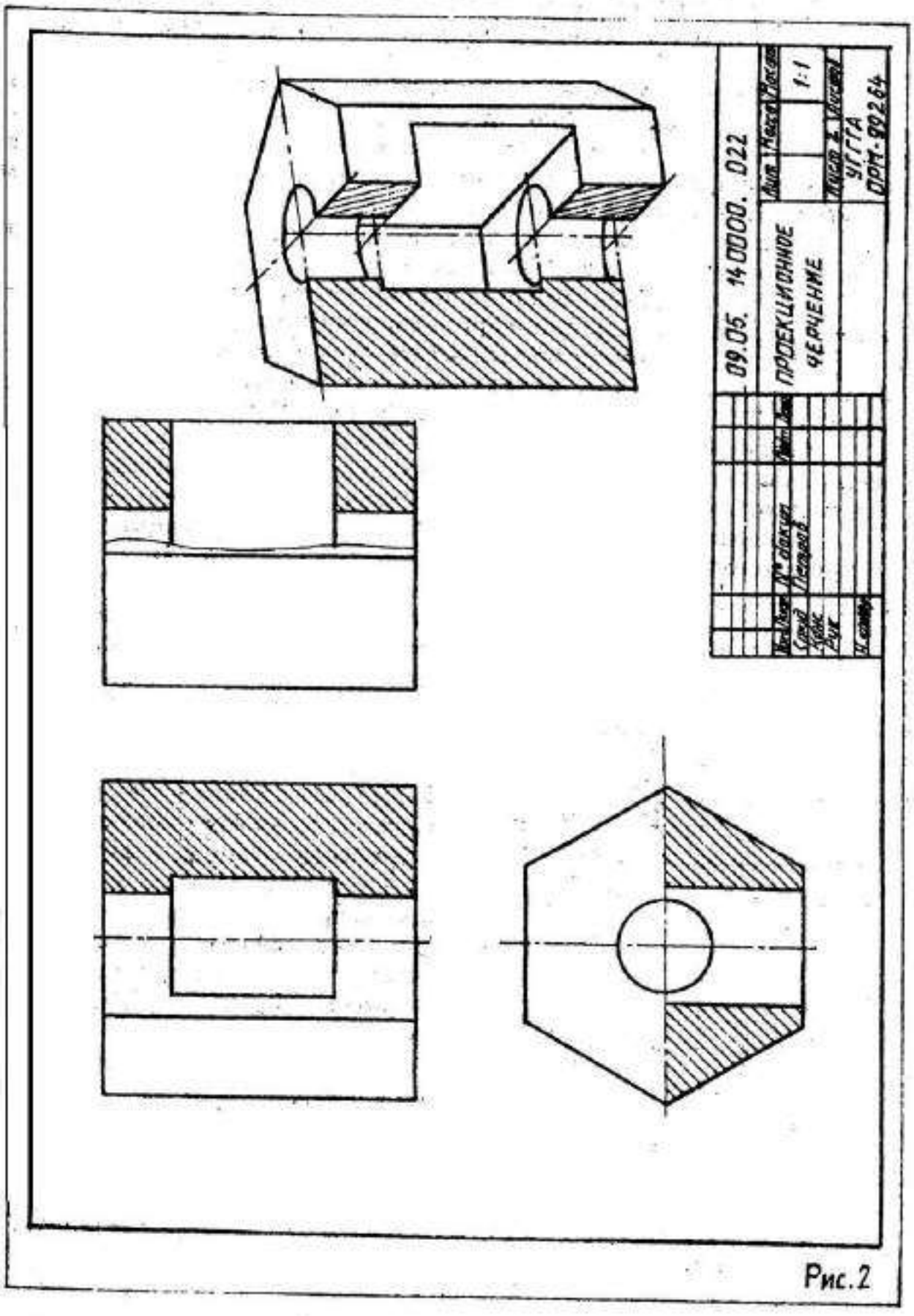


Рис.2

Тема 2. *Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию.*

Задание по теме 2 выбирается в таблице 1 (приложение 5) по варианту, это геометрическое тело с двумя отверстиями. Цилиндрическое отверстие задается в таблице 1 (см. приложение 5), сквозной призматический вырез определяется по варианту в таблице 2 и строится по заданным размерам. Пример выполнения - на рис. 2.

Порядок выполнения. Все операции по построению чертежа аналогичны изложенным в первой теме. Дополнительные рекомендации:

1. На чертеже, выполненном в тонких линиях, на всех видах построить цилиндрическое отверстие и призматический вырез.

2. Отверстие и вырез определяют внутреннее строение вычерчиваемой детали, которое на чертеже должно быть выявлено с помощью разрезов (ГОСТ 2.305-68). Если деталь обладает плоскостью симметрии, то на чертеже нужно строить совмещенное изображение, то есть половину вида (слева) и половину разреза (справа). Вид и разрез разделяются тонкой штрихпунктирной линией. В случае, если раздел половины вида и половины разреза совпадают с ребром детали, разрез ограничивают линией обрыва (тонкой сплошной слегка волнистой линией) (рис. 3*)*.

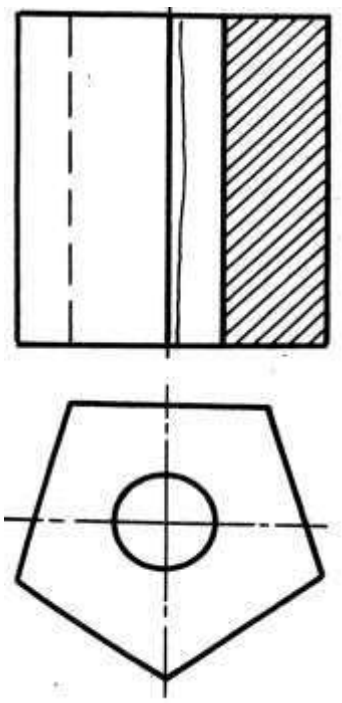


Рис. 3

3. Размеры в соответствии с ГОСТ 2.307-68. Нужно проследить, чтобы размеров было необходимое и достаточное число для изготовления детали, повторение размеров одного элемента на чертеже недопустимо.

4. Чертеж выполняется на формате А3. Рабочее поле чертежа нужно организовать так, чтобы на нем разместились три изображения заданной детали и прямоугольная диметрическая проекция, как показано на примере выполнения. Эллипсы в прямоугольной диметрии рекомендуется заменять четырехцентровыми овалами (см. приложение 3). Штриховка в разрезах производится под углом 45°, считаем, что деталь выполнена из металла. Схема штриховки приводится на образце выполнения примера (см. рис. 3).

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение разреза.

2. Для чего применяются разрезы?

3. Перечислить простые разрезы. Когда их необходимо обозначать на чертеже? В каких случаях обозначение простых разрезов не нужно?

4. Какие разрезы называются сложными?.

5. Как. на чертеже обозначается секущая плоскость, определяющая сложный разрез?

6. Как наносится штриховка на разрезе детали?

Тема 3. *Построение трех изображении по двум данным.*

Выполнение разрезов и сечений

Задание по теме 3. Построить третье изображение на чертеже (формат А3) по заданным размерам. Вскрыть внутреннее строение детали с помощью разрезов. Построить сечение детали заданной наклонной плоскостью. Построить наглядное изображение детали в прямоугольной изометрической проекции. Варианты задания даны в приложении 6.

Порядок выполнения. Последовательность построения чертежа изложена в теме 1.

Выполнение разрезов должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.305-68. Информация на чертеже должна быть минимальной, но достаточной, то есть один и тот же элемент изображать дважды в разрезах не имеет смысла. Нанесение на чертеже линий невидимого контура допускается в редчайших случаях, причем штриховые линии и контуры не несут на чертеже метрической информации.

После решения всех вопросов на чертеже (рис. 4) в трех проекциях строится наклонное сечение детали. Компоновку чертежа на начальном этапе нужно вести с учетом размещения на рабочем поле чертежа наклонного сечения. Наклонное выносное сечение нужно заштриховать в соответствии с требованиями ГОСТ 2.306-68 [4].

На отдельном формате А3 нужно построить наглядное изображение . детали в прямоугольной изометрической проекции. Эллипсы заменить овалами (см. приложение 3). Разрез в аксонометрии не должен вскрывать полностью внутреннее строение детали, и величина выреза не должна превышать четверти объема детали. Штриховка в аксонометрии выполняется по схеме, показанной на образце (рис. 5).

Вопросы для самопроверки

1. В каком случае не обозначаются разрезы на чертежах?

2. Что такое местный разрез и в каких случаях употребляются местные разрезы?

3. Что такое сечение и какие бывают сечения?

4. Как обозначаются сечения? .

5. Какими линиями обводятся контуры сечений?

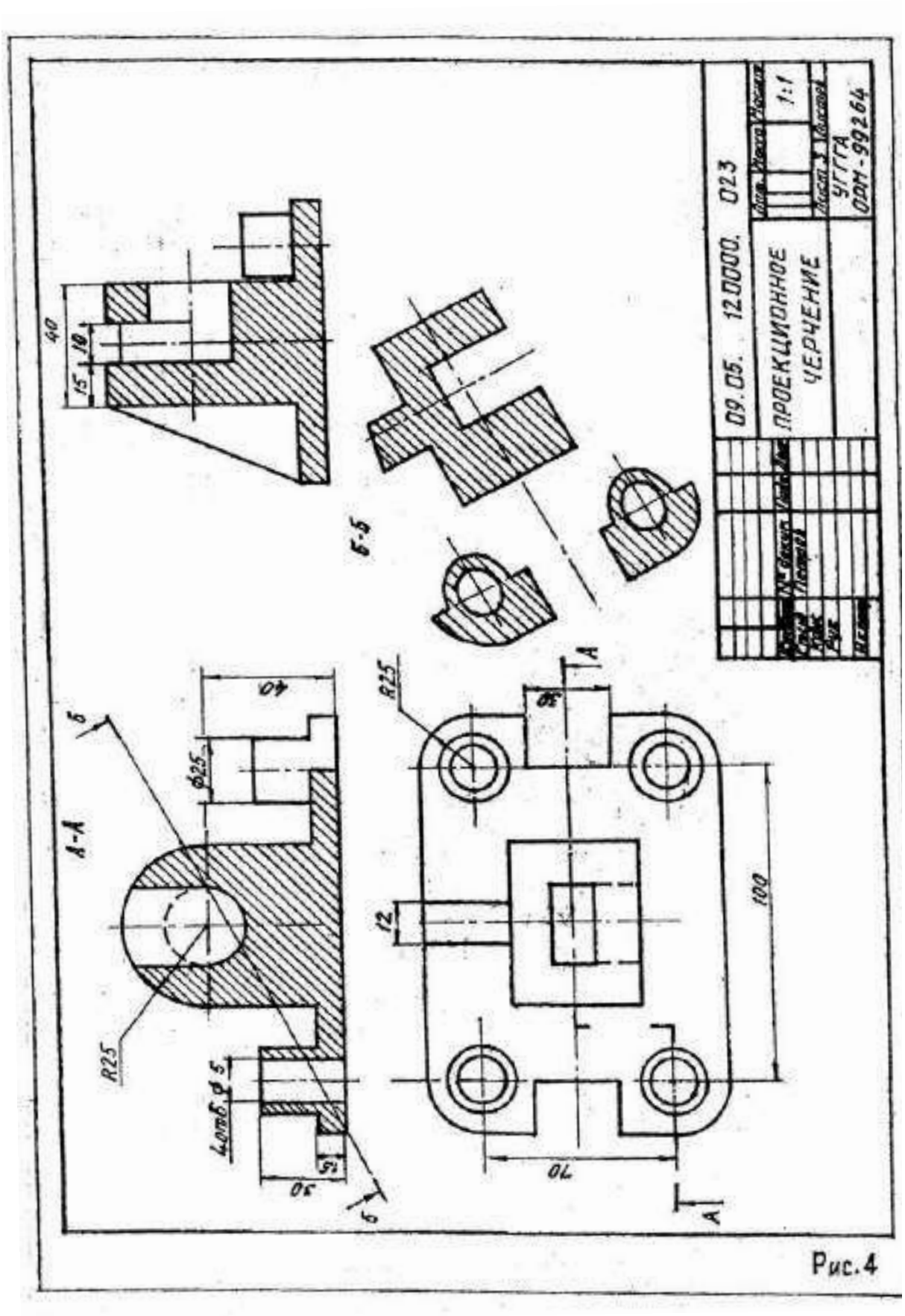

09.05. 120000. 023
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
УГТГА ОДМ-992164
1:1
Б-Б
А-А
R25
Ø25
40
100
70
12
Рис.4

Рис. 4

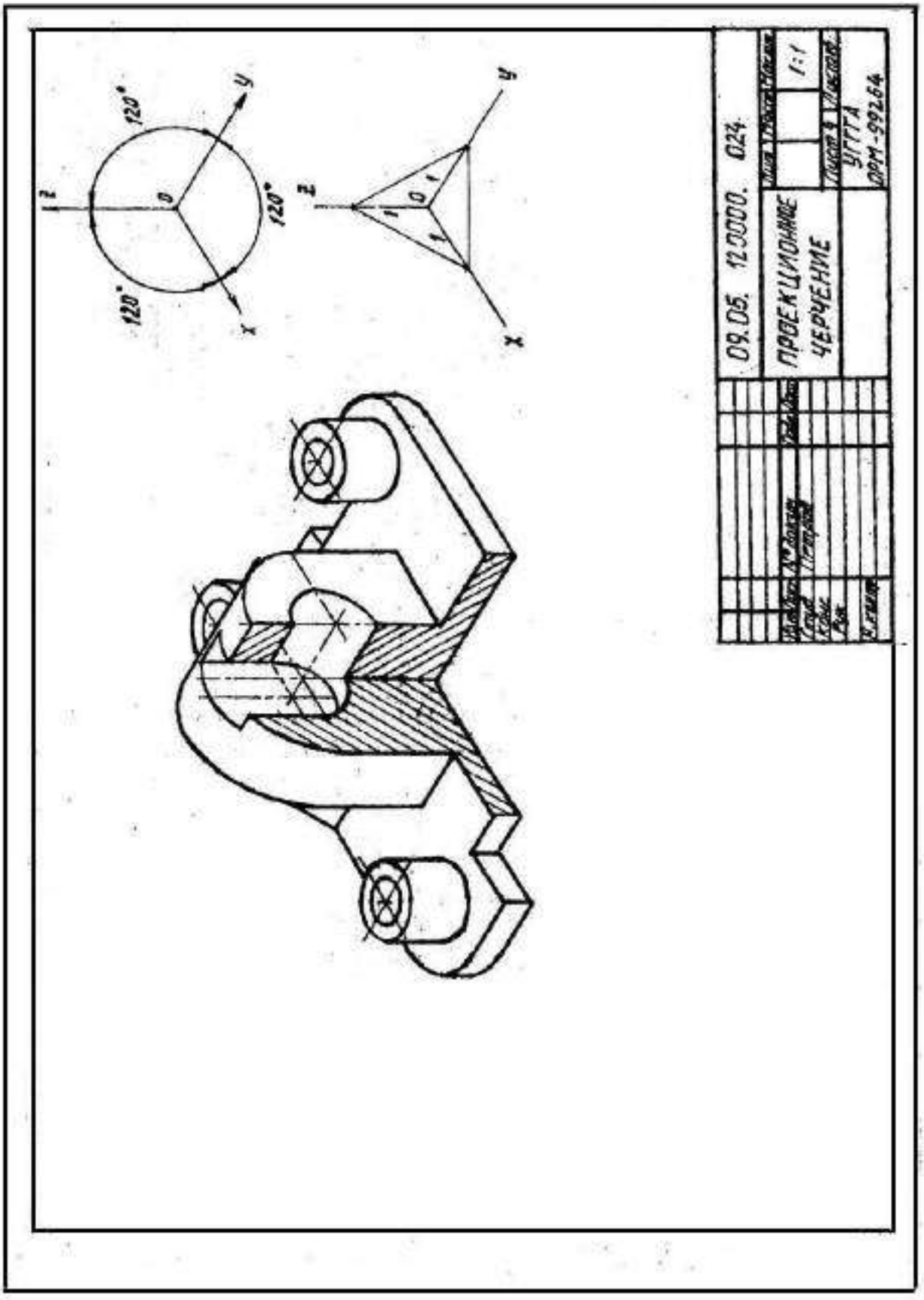

120°
120°
120°
y
x
z
0
y
x
z
0 1
1
1
09.05. 120000. 024.
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГТУ
ИФМ-99264

Рис. 5

Тема 4. *Построение линии «среза»*

Задание по теме 4. Построить три изображения детали, которая имеет сложную форму поверхности вращения, срезанную двумя параллельными плоскостями. Линия пересечения поверхности вращения секущей плоскостью и является предметом решения поставленной задачи (см. пример выполнения задания, рис. 6). Индивидуальные задания. по вариантам даются в приложении 7. Работа выполняется на листе формата А3 карандашом.

Порядок выполнения:

1. На формате А3 построить три проекции заданного геометрического тела в тонких линиях, обозначить секущие плоскости.

2. Поверхности (наружную и внутреннюю) геометрического тела на главном виде разграничить тонкими, сплошными линиями на элементарные геометрические поверхности (см. пример выполнения).

Окружность R 25, вращаясь вокруг оси вращения тела, образует поверхность тора шириной 18 *мм.* Следующая поверхность - цилиндр с прямой образующей, параллельной оси вращения детали. Длина образующей определяется построением и зависит от положения центра сферы (размер 30) на оси. Сфера R65 плавно сопряжена с предыдущим цилиндром, правая граница сферы R65 определяется точкой сопряжения образующих окружностей R65 и R20, последняя, вращаясь вокруг оси детали, образует поверхность тора, которая плавно переходит в поверхность цилиндра с образующей - касателъной в нижней точке окружности R20.

Наружная поверхность заканчивается поверхностью конуса длиной 30 мм и диаметром 40 мм меньшего основания: Аналогично проанализировать внутреннюю поверхность детали.

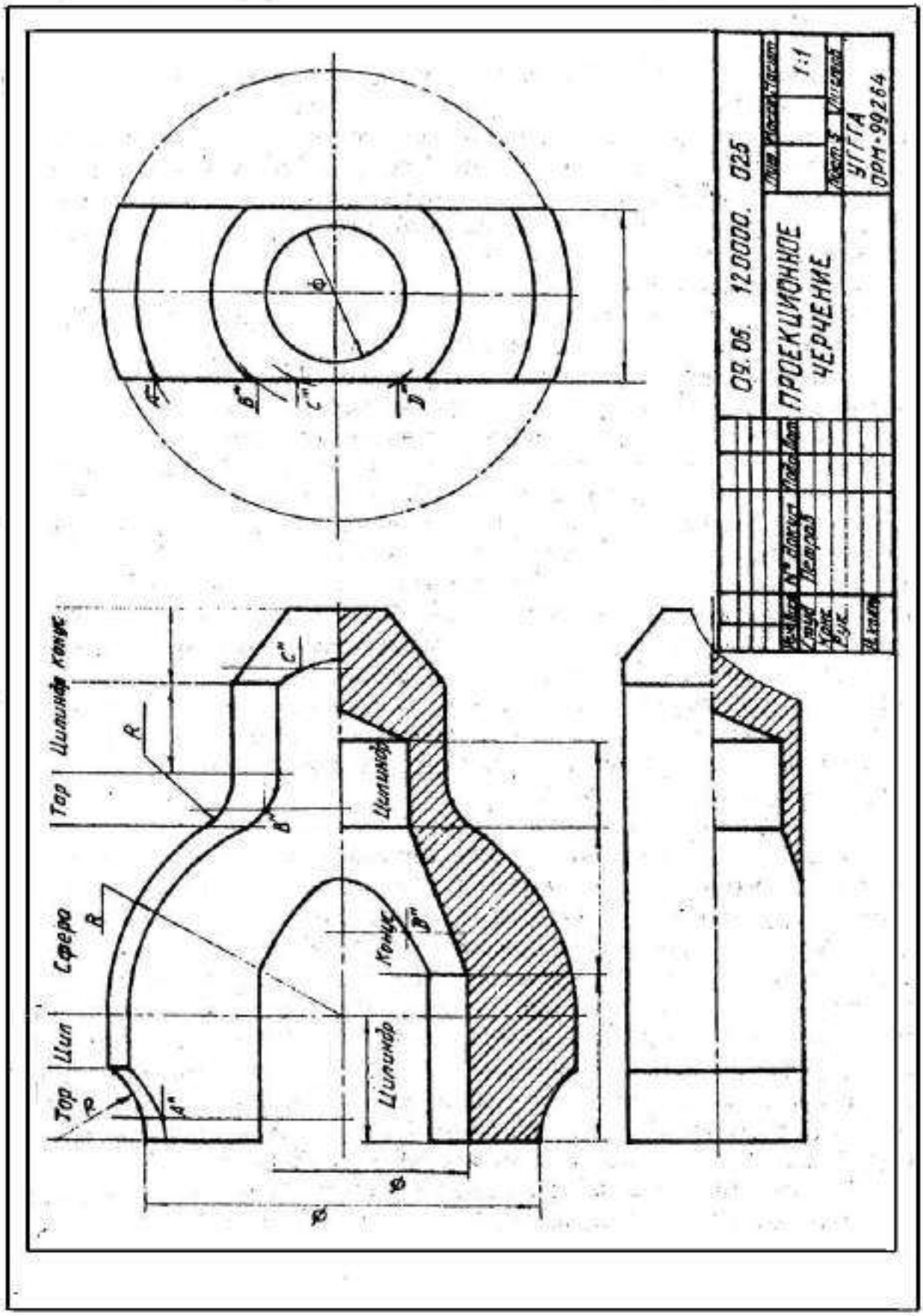

09.05. 12.0000. 025
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГТГА ОРН-99264
Тор
Цилиндр конус
Сфера
Цил
Тор
Цилиндр
Конус
Цилиндр

Рис. 6

3. Построение линии среза. Деталь "срезана'" плоскостями ***Q*** и ***T***, параллельными оси вращения детали. Кривая линия, по которой плоскости ***Q*** и ***T*** пересекают поверхность тора, строится как множество точек ***A*** (на примере построена одна точка). Точка ***A*** определяется с помощью вспомогательной профильной плоскости ***Z,*** которая пересекает поверхность тора по окружности радиуса R_1, пересечение профильной проекции этой окружности со следами плоскостей ***Q*** и ***T*** определяет профильную проекцию точки ***A,*** фронтальная проекция которой отмечается на следе плоскости ***E***. Три, четыре такие точки обеспечат удовлетворительное построение искомой кривой линии, цилиндр пересекается плоскостями ***Q*** и ***T*** по прямой образующей, сфера – по окружности, линия пересечения тора и конуса строится по точкам методом, изложенным выше.

4. Провести выносные и размерные линии, нанести размерные числа в соответствии с ГОСТ 2.307-68 [4].

5. Контуры детали обвести сплошной основной линией, штриховку выполнить тонкой сплошной линией под углом 45° к горизонту. Надписи на чертеже и в основной надписи выполнить чертежным шрифтом.

Тема 5. *Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей*

Задание по теме 5. Строятся три изображения заданной детали по размерам на формате А3 карандашом, выполняются необходимые разрезы, вскрывающие внутреннее строение детали, и строятся линии пересечения формообразующих поверхностей. Варианты задания с исходными данными - на рис. 19 (см. приложение 8). Пример выполнения - на рис. 7.

Порядок выполнения:

1. В тонких линиях на формате А3 по заданным размерам построить три изображения детали, вскрыть с помощью разрезов внутреннее строение детали.

2. Определить вид и форму пересекающихся, формообразующих поверхностей и выбрать метод решения задачи. Из курса начертательной геометрии (часть 1) известно, что линия пересечения двух кривых поверхностей строится с помощью вспомогательных секущих поверхностей-посредников. В качестве таких поверхностей можно использовать плоскости, сферические концентрические или эксцентрические поверхности.

3. Построение линии перехода или линии пересечения поверхностей осуществляется по единому алгоритму, изложенному в первой части настоящей работы в теме 3.

4. После построения линий перехода чертеж оформляется по порядку, изложенному в предыдущих темах, то есть выполняется штриховка на разрезах, обводятся видимые контуры детали, проставляются размеры, выполняются необходимые надписи на чертеже, строится рамка чертежа и оформляется основная надпись.

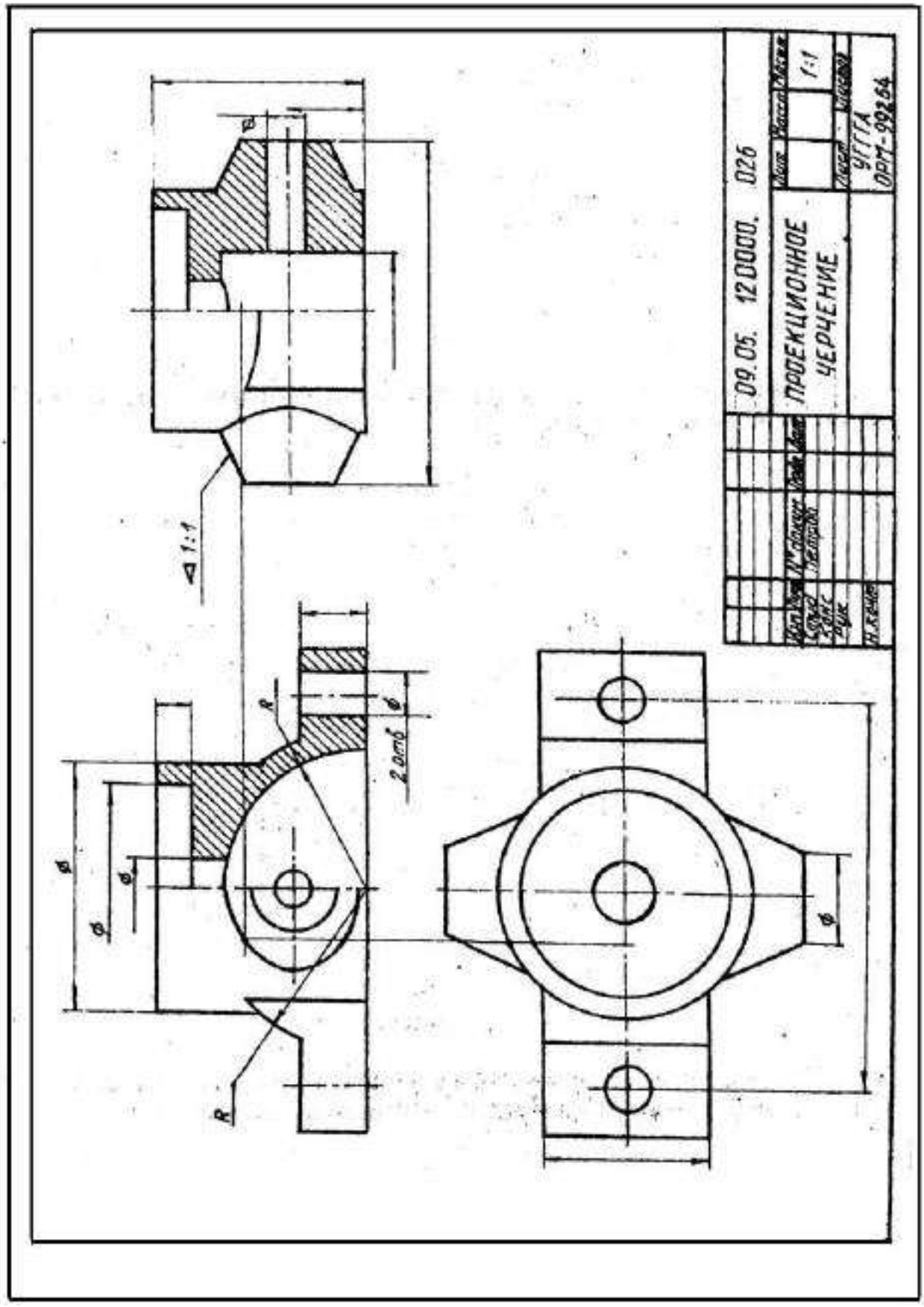

09.05. 120000. 026
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
УГТУ ОРГТ-99264
1:1
2 отв.
R

Рис. 7

Дополнительные сведения. При построении машиностроительных чертежей часто приходится строить уклоны, конусности, фаски [2, 3, 5]. Уклон прямой линии (рис. 8), или уклон плоскости, - это характеристика . пространственного положения прямой или плоскости, другими словами, это положение прямой или плоскости относительно другой прямой или плоскости , как правило, горизонтальных или вертикальных. Уклон - это отношение, выражающееся формулой

$$tg\ \alpha = BC/AC = 1:4.$$

В численном выражении уклон в числителе имеет единицу, знаменатель, как правило, - целое число. В машиностроении уклоны нормализованы. Это значит, что в справочниках по машиностроению и конструированию можно найти рекомендуемые значения уклонов.

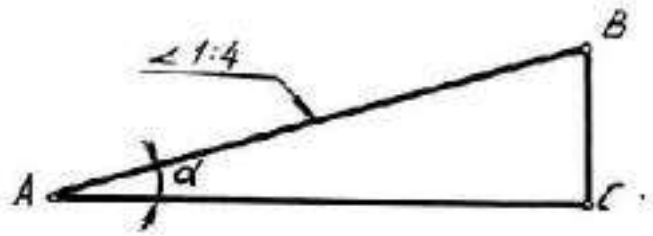


Рис 8

Конусность (рис. 9) – это характеристика конической поверхности, определяется также в виде отношения

$$2tg\ \alpha = (D-d)/L$$

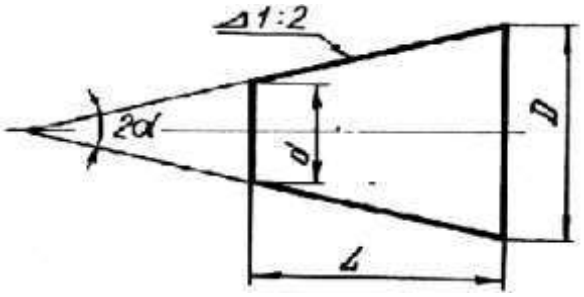


Рис 9

Рекомендуемые к использованию величины конусностей так же, как клоны, нормализованы и содержатся в справочной литературе.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №5

В контрольную работу № 5 входят следующие темы:

Тема 6. Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение]крепежных деталей.

Тема 7. Составление эскизов деталей машин.

Тема 8. выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия.

Тема 9. Чтение и деталировка чертежа общего вида машиностроительного изделия.

Тема 6. *Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение крепежных деталей*

Очень важным моментом для построения графических документов является правильное и грамотное, основанное на существующих стандартах изображение соединений деталей.

Машины и механизмы состоят из деталей. определенным образом соединенных и взаимодействующих между собой. Для изображения характера соединений и взаимодействий в машиностроительном черчении изучается раздел «Условности изображения соединений деталей машин и элементов соединений». Эти сведения содержатся в сборнике ЕСКД [4] в ГОСТ 2.311-68 - ГОСТ 2.315-68. и в любой учебной литературе по машиностроительному черчению [2, 3, 5].

Соединения деталей между собой могут быть разъемными и неразъемными. К неразъемным соединениям относятся: сварка, клепаные соединения, пайка, склеивание и сшивание деталей различными крепящими деталями (скобы, гвозди, нити и т.д.). Специальной графической работы по теме неразъемных соединений в контрольной работе не предусматривается, но эту тему студент должен изучить по литературе. Знание этой темы потребуется при выполнении темы 9 «Чтение и деталировка чертежа общего вида», в которой могут встречаться неразъемные соединения.

Изображение резьб и резьбовых соединении

Резьбовые соединения деталей - это наиболее обширный класс разъемных соединений. Элементом соединения является резьба, которая образуется перемещением плоской фигуры (профиля резьбы). по винтовой траектории по цилиндрической или конической поверхности. Ось направляющей поверхности одновременно является осью резьбы. Перемещение профиля по винтовой линии на угол 360° определяет виток, перемещение профиля резьбы при этом параллельно оси резьбы называется ходом рсзьбы. Резьба, образованная движением по винтовой линии профиля А, образует однозаходную резьбу, профиль Б даст двухзаходную резьбу, профиль В ~ трехзаходную и т. д. (рис. 10).

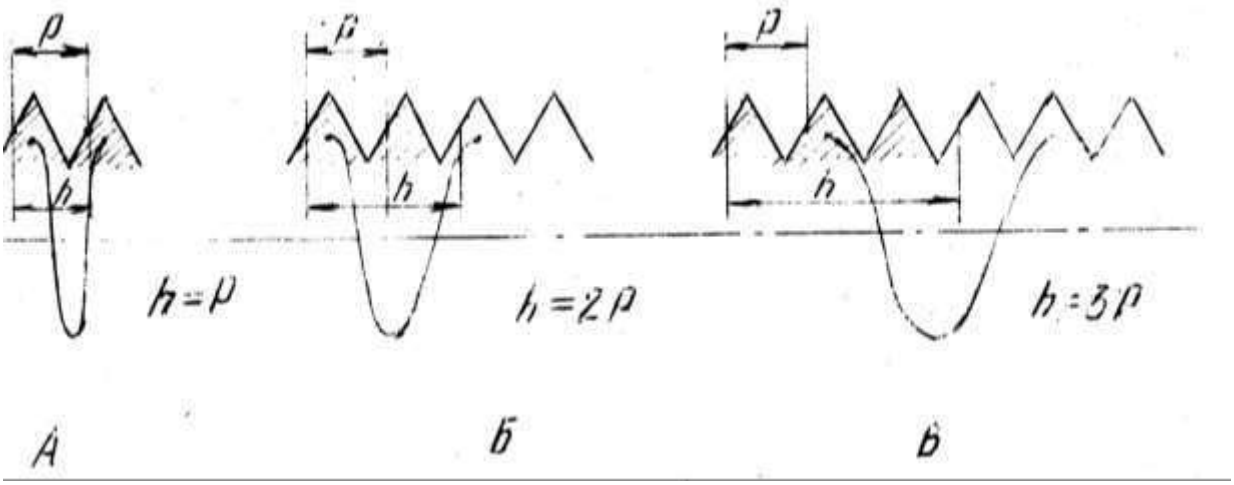


Рис. 10.

Шаг резьбы обозначается Р и определяется расстоянием между точками одноименных боковых сторон профиля по направлению оси резьбы. Соотношения между ходом и шагом резьбы приведены на рис. 10. Резьба может быть правой или левой, у левой резьбы вращение против часовой стрелки и в обозначении ставятся латинские буквы LH (ГОСТ 8724-81 «Резьба метрическая, диаметры и шаги»). Длина резьбы включает сбег резьбы и фаску. Сбег - резьба неполного профиля, получающаяся при выходе режущего инструмента, на чертежах, как правило, указывают длину резьбы только полного профиля.

Резьбы стандартные и нестандартные чертеже изображаются одинаково. На стержне наружная резьба изображается тонкой сплошной линией по внутреннему диаметру, наружный диаметр проводится сплошной основной линией. В отверстии резьба по наружному диаметру проводится тонкой сплошной линией, а по внутреннему - сплошной основной. На виде по направлению оси резьбы на стержне резьба изображается по внутреннему диаметру разомкнутой сплошной тонкой линией, в отверстии - тонкой сплошной разомкнутой линией проводится наружный диаметр резьбы. Граница резьбы полного профиля проводится сплошной основной линией. Расстояние между сплошной основной и тонкой линиями на изображении резьбы должно быть не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Изображение резьбовых соединений на чертеже имеет принципиальное значение и выполняется по следующему правилу:

- деталь, :которая ввертывается (деталь системы болт), изображается в системе полностью без каких-либо искажений, и на ней изображается резьба;

- деталь, в которую ввертывается (деталь системы гайка), изображается не полностью, а только части ее, видные за пределами детали системы болта.

Обозначение резьб

Каждый тип резьбы имеет условное буквенное обозначение: М - метрическая, Tr - 'трапецеидальная, G - трубная цилиндрическая, R - трубная коническая, К - коническая, S - упорная и т. д. В обозначении резьбы, кроме трубной и конической, входит номинальный наружный диаметр (наружный диаметр резьбы на стержне), шаг резьбы, число заходов резьбы, поле допуска и т.д.

М - *метрическая резьба, примеры обозначений*'

М 24 - метрическая резьба с крупным шагом (ГОСТ 9150-81).

М 16×1,5 - метрическая резьба с мелким шагом.

М 30×4,5 (Р 1,5) - метрическая резьба с наружным диаметром 30 мм, ходом 4,5 мм и шагом 1,5 мм.

М 30×4,5 (Р 1,5) LH –то же для левой резьбы.

Tr- *трапецеидальная резьба*

В технической документации можно встретить старое обозначение трапецеидальной резьбы, поэтому есть смысл привести пример: Трап 16×2 ГОСТ 9484-71. В современной документации нужно пользоваться следующим обозначением трапецеидальной резьбы:

Tr 16×2, Tr 80×30 (P15).

S **-** *упорная резьба*.

Старое обозначение упорной резьбы: Уп24 ×10 ГОСТ 10177 -62, новое обозначение упорной резьбы: S 24×10.

Трубная цилиндрическая и коническая резьба обозначается условно размером в дюймах (1″=25,4 мм), равным диаметру условного прохода трубы D_y . Шаг резьбы в обозначение не ставится. Старое обозначение: Труб $1^1/_2$″ кл. В. Новое обозначение:

G $1^1/_2$- В ~ трубная цилиндрическая резьба;

R $1^1/_2$ -В - трубная коническая резьба на трубе (наружная);

Rc $1^1/_2$″ -В - трубная коническая резьба на фитинге (внутренняя);

В(А) - класс точности изготовления трубной резьбы.

Задание по теме 6.

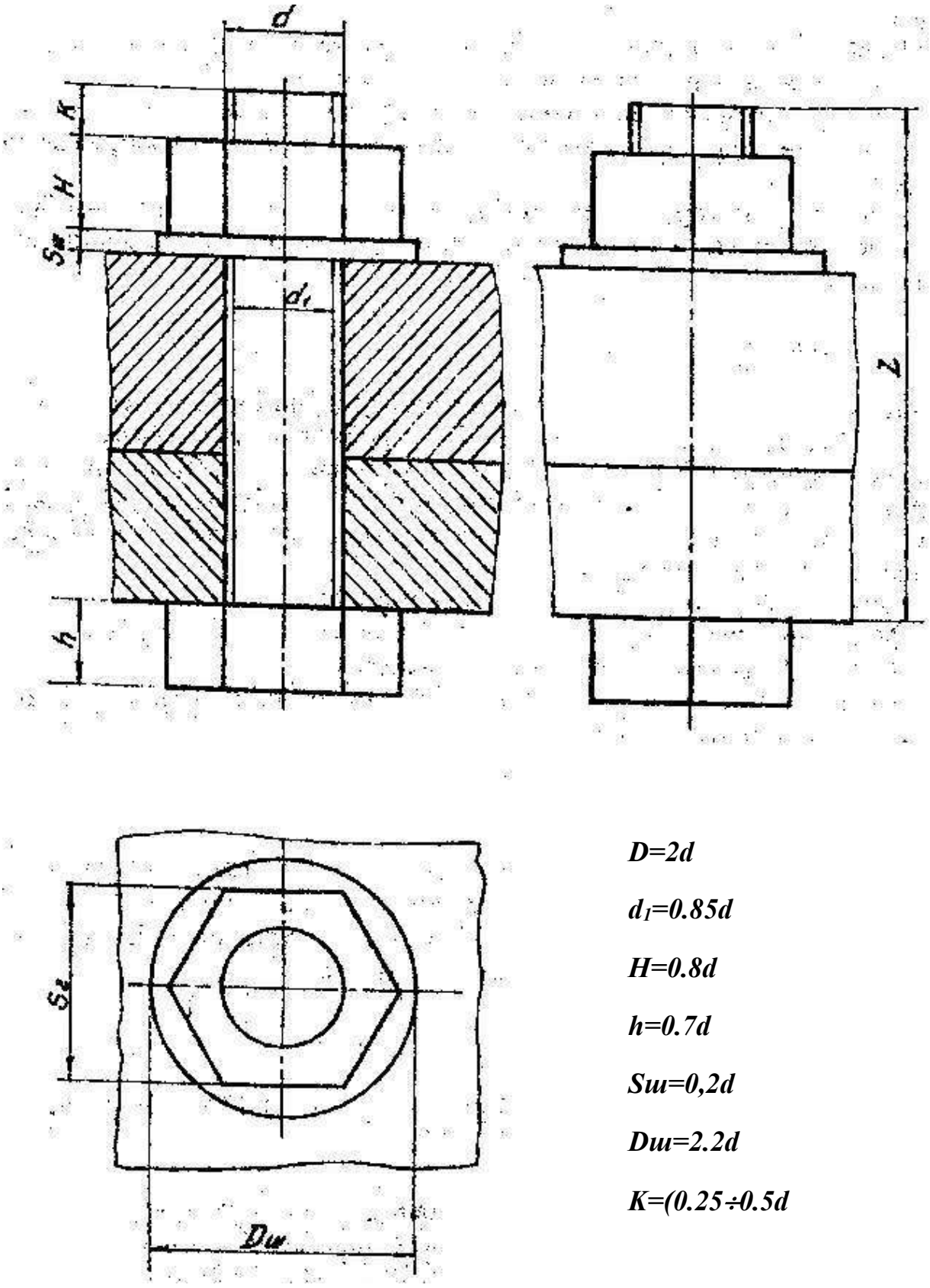
Вычертить~ на листе формата А3:

1) болт, гайку, шайбу, шплинт, если болт имеет отверстие под шплинт по действительным размерам, которые нужно взять из стандартов в таблице задания по теме;

2) упрощенное изображение болтового соединения (пример и расчетные формулы на рис. 11);

3) гнездо под резьбу, гнездо с резьбой, отдельно шпильку и соединение двух деталей шпилькой по их действительным размерам из стандартов в таблице задания.

Варианты заданий даны в таблицах приложения 9.



D=2d

d_1=0.85d

H=0.8d

h=0.7d

Sш=0,2d

Dш=2.2d

K=(0.25÷0.5d

Рис. 11

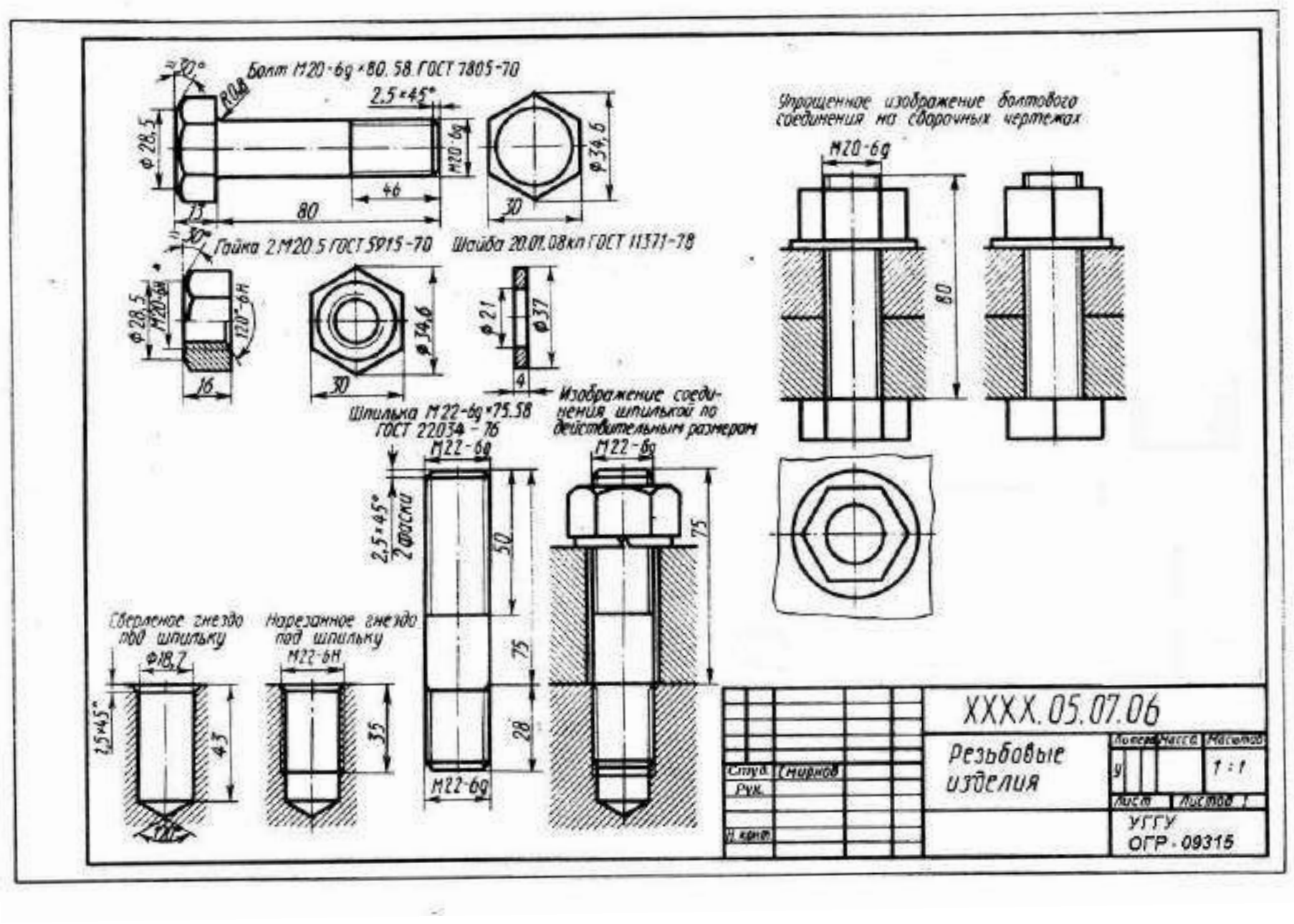

Болт М20-6g×80.58 ГОСТ 7805-70
2.5×45°
R0.8
Ф28.5
М20-6g
Ф34.6
46
80
15
30°
Гайка 2.М20.5 ГОСТ 5915-70
Шайба 20.01.08кп ГОСТ 11371-78
Ф28.5
М20-6H
120°-6H
16
Ф34.6
30
Ф21
Ф37
4
Упрощенное изображение болтового соединения на сборочных чертежах
М20-6g
80
Шпилька М22-6g×75.58 ГОСТ 22034-76
Изображение соединения шпилькой по действительным размерам
М22-6g
2.5×45° 2 фаски
50
75
28
75
Сверленое гнездо под шпильку
Ф18.7
1.5×45°
43
Нарезанное гнездо под шпильку
М22-6H
35
ХХХХ.05.07.06
Резьбовые изделия
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
Студ.
Смирнов
Рук.
Н. контр.
УГГУ
ОГР-09315

Рис. 12

Чертежи выполняются карандашом на листе формата А3. Надписи, обозначения и размеры по примеру выполнения задания рис. 12.

Примечания:

1) при наличии у болта отверстия под шплинт размеры шплинта подбирают по ГОСТ 397-79;

2).если в графе исполнения стоит прочерк, то это означает, что изделие изготавливается в единственном исполнении;

3) если в шпилечном соединении прорезная или корончатая гайка, то при вычерчивании конец шпильки должен выступать над гайкой не более чем на 3-5 мм, шплинт по ГОСТ 397-79;

4) диаметр отверстия под резьбу взять равным приблизительно 0,85d (d - наружный диаметр шпильки).

Тема 7. *Составление эскизов деталей машин*

Тема эскизирования деталей машин для инженеров имеет очень большое значение. Эскиз - это графический документ - чертеж временного характера, выполненный от руки. С примерным соблюдением пропорций элементов детали. Эскиз оформляется как рабочий чертеж, то есть эскиз может использоваться для изготовления детали в условиях производственных мастерских. Таким образом, инженер, работающий на эксплуатации машин и механизмов, должен обладать безукоризненной техникой эскизирования, чтобы в процессе работы в случае поломки какой-либо детали он мог оперативно изготовить эскиз этой детали и организовать ее изготовление. Инженер, работающий в проектной или конструкторской организации, весь процесс конструирования ведет в эскизной форме, и только на конечном этапе делается чертеж проектируемого изделия.

Порядок составления эскиза детали:

1) изучается деталь, эскиз которой нужно построитъ; выявляются геометрические формообразующие поверхности, их взаимное расположение, характер линий перехода поверхностей, линий среза (тема 4 и 5, КР №);

2) обоснованно выбирается главный вид детали и остальные необходимые виды, решается вопрос выполнения разрезов и сечений для выявления внутреннего строения детали;

3) в зависимости от предполагаемого количества изображений выбирается формат для эскиза, рамка чертежа и контур основной надписи проводятся от рукн (заполнение основной надписи проводится на конечном этапе после оформления чертежа);

4) рабочее поле чертежа делится на пропорциональные зоны выбранных изображений, для этого нужно выявить примерные соотношения габаритов детали - длины, высоты, ширины (рис. 13);

5) если деталь обладает осями и плоскостями симметрии, на чертеже нужно нанести оси тонкими urrрихпунктирными линиями (см. рис. 13);

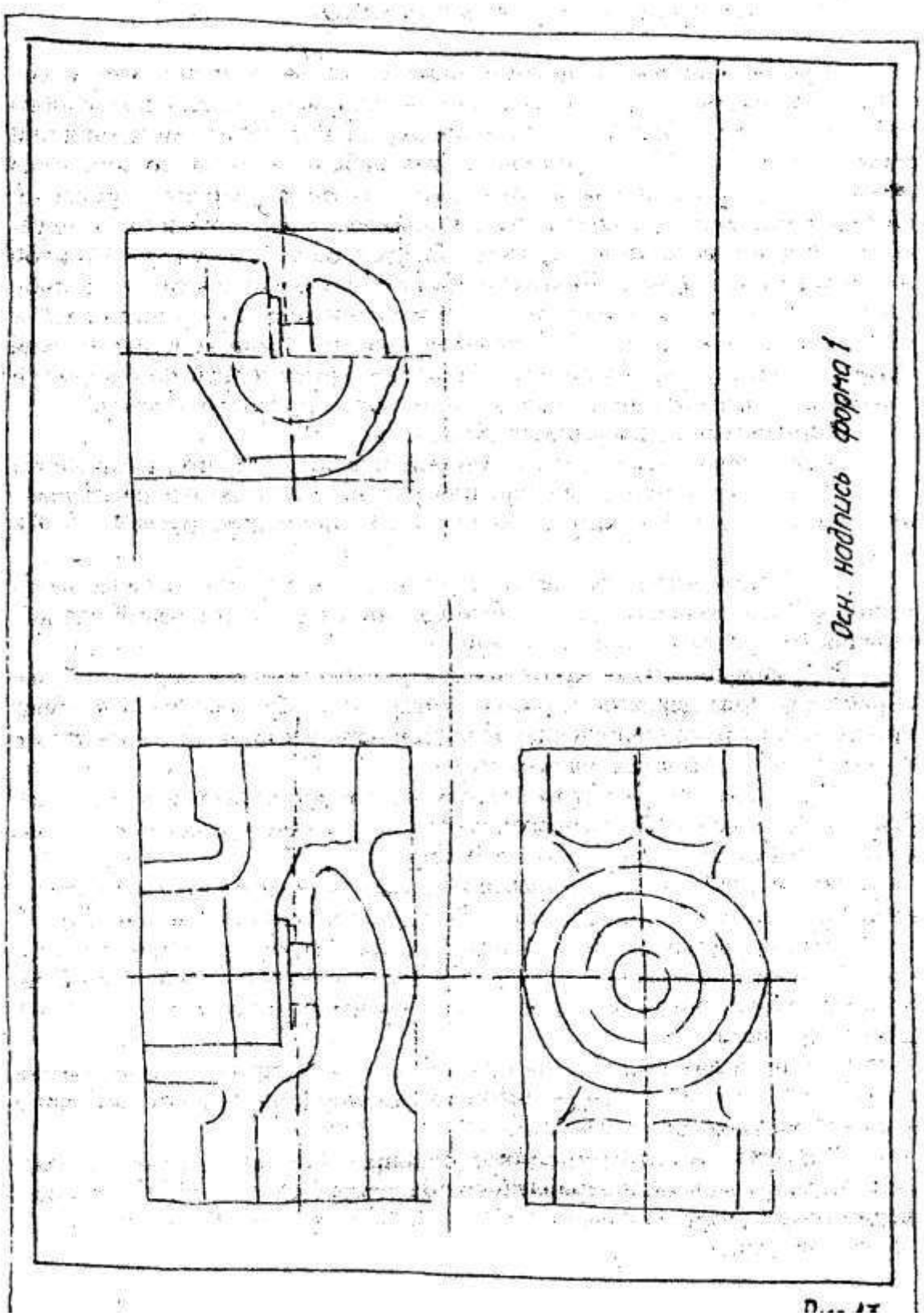


Рис. 13

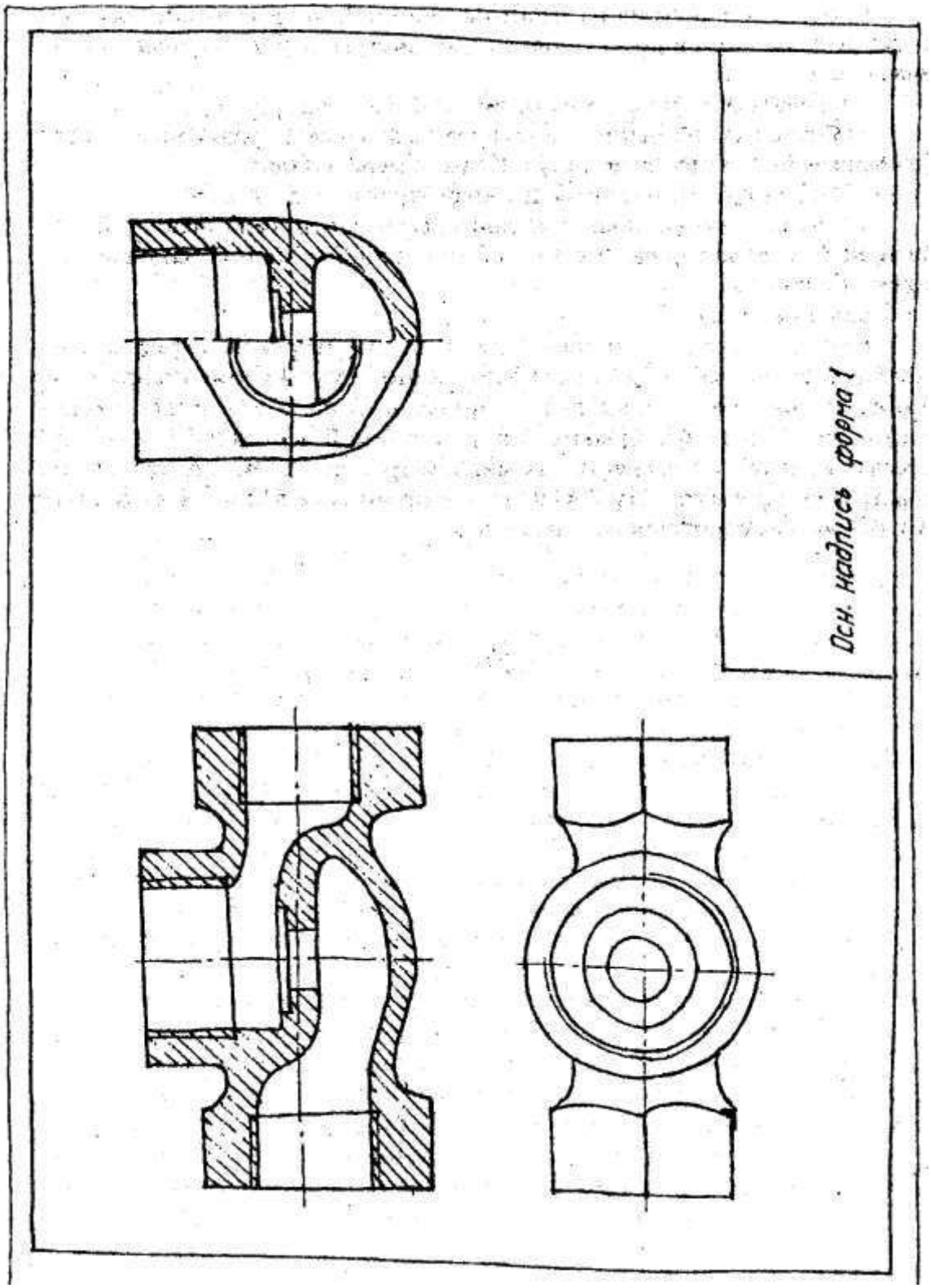


Рис. 14

6) на проведенных плоскостях симметрии строятся габаритные прямоугольники видов главного, сверху, слева, так, чтобы между ними осталось достаточно места для простановки размеров и возможных необходимых надписей;

7) в пределах габаритных прямоугольников строятся элементы поверхностей детали, с использованием пропорциональности основных формообразующих поверхностей;

8) разрезы желательно строить одновременно; все построения делаются в тонких линиях, и параллельно анализируется пропорциональность элементов детали;

9) обводка контуров на изображении производится после того, как будут решены все вопросы с элементами внутреннего и внешнего строения детали;

10) Делается штриховка на разрезах и сечениях (рис. 14);

11) тонкими линиями проводятся выносные и размерные линии, размерные числа берутся по результатам обмера детали;

12) наносятся обозначения шероховатости поверхностей;

13) заполняется основная надпись, если нет штампа основной надписи, допускается в студенческих. работах линии основной надписи проводить по линейке.

Задание по теме 7.

Студент находит сам или берет в препараторской кафедры узел-вентиль и составляет эскизы всех деталей этого узла, кроме стандартных (гайки, шайбы). В. учебных целях считаем вентиль и его детали нестандартными. Эскизы выполняются на листах белой чертежной бумаги, допускается делать эскизы на листах миллиметровки. Рекомендуется использовать листы формата А3 и А4, можно оформить два листа А4 на формате А3. Все эскизы сброшюровать в альбом.

Тема 8. *Выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия*

Чертеж общего вида довольно часто называют сборочным чертежом - это не совсем верно, поскольку сборочный чертеж отображает процесс и порядок сборки узла, и на нем нет необходимости давать полное изображение каждой составляющей детали, что требуется при выполнении чертежа общего вида.

Главный вид на чертеже общего вида, как правило, определяется главным видом корпусной детали. Корпусная деталь также определяет и количество основных видов.

На чертеже общего вида выполняются разрезы, цель которых не только показать внутреннее строение детали, но и характер соединения и взаимодействия деталей, составляющих данную сборочную единицу, а также назначение и принцип действия механизма. Количество изображений на чертеже общего вида должна быть минимальным, но достаточным для того, чтобы прочитать каждую деталь, составляющую изображаемый узел.

На разрезах и сечениях нужно нанести штриховку на деталях; при этом одна и та же деталь на различных разрезах и сечениях должна быть заштрихована строго в одну сторону и одним шагом штриховки. Сопряженные на разрезе детали желательно штриховать в разные стороны, если это невозможно, то сопряженные детали нужно штриховать различным шагом, то есть расстояния между линиями штриховки различны.

На чертеже общего вида нужна поставить следующие размеры:

1) габаритные; 2) присоединительные - размеры между осями элементов крепления узла; 3) размеры, проверяемые при сборке, диаметры валов, расстояния между крепежными элементами сборки и т.д.; 4) обозначить все резьбы и резьбовые соединения, кроме стандартных изделий, указываемых в спецификации; 5) размеры и необходимые обозначения элементов, которые обрабатываются. В процессе сборки, например, совместное засверливание для

стопорения деталей и прочее; 6) размеры, определяющие ход подвижных частей сборки.

Следующим этапом оформления чертежа общего вида является простановка позиций на чертеже. На детали ставится точка, из нее проводится выносная линия, чтобы она не была параллельна линиям чертежа штриховки. Выносная линия заканчивается полкой. Выносная линия и полка проводятся тонкой сплошной линией, над полкой проставляется позиция детали арабской цифрой шрифтом 5. Полка располагается на чертеже строго по горизонтальным и по вертикальным направлениям, порядок цифр позиций на чертеже может быть произвольным.

Спецификация - текстовый документ, выполняется на листах чертежной бумаги формата А4.; форма, размеры и порядок заполнения спецификации даны в приложении 2.

Задание по теме 8.

Выполнить на листе чертежной бумаги формата А1 или А2 чертеж общего вида изделия, детали :которого выполнялись в предыдущей теме.

Чертеж желательно выполнить в увеличенном масштабе по размерам, поставленным на эскизах в теме 7.

Тема 9. *Чтение и деталировка чертежа общего вида*

Изучение инженером курса машиностроительного черчения заканчивается изучением методов и приемов чтения чертежа общего вида и вычерчиванием рабочих деталей, составляющих механизм, изображенный на чертеже.

Чтение чертежа общего вида начинается со знакомства с основной надписью чертежа, краткого описания изображенного механизма, чтения спецификации и одновременного изучения детали на чертеже. Прочитать деталь на чертеже общего вида - это значит найти изображения этой детали на всех видах, разрезах и сечениях. Поиск ведется с помощью проекционной связи, установленной между изображениями, и штриховки, присущей только этой детали. Когда деталь на чертеже определена, нужно сделать геометрический анализ формообразующих поверхностей, то есть выявить, из каких геометрических форм образуется поверхность и полости детали, как они сопрягаются между собой. После такого анализа можно приступить к выбору главного и других необходимых видов для данной детали, определить разрезы и сечения для вскрытия внутреннего строения детали. учесть все условности и упрощения изображения элементов детали на чертеже, выбрать масштаб изображения и соответствующий формат, на котором будет строиться рабочий чертеж.

Требования к построению рабочего чертежа аналогичны требованиям построения эскиза детали, только чертеж строится с помощью чертежного инструмента.

Задание по теме 9.

Для практического усвоения этой темы студенту выдается чертеж общего вида, на котором указываются детали для выполнения рабочих чертежей. Студент самостоятельно решает вопросы выбора масштаба изображения и величины формата чертежа, выбора главного вида и других необходимых видов, разрезов и сечений, рациональной простановки размеров (в работе нужно проставить только номинальные размеры). При сдаче преподавателю :этой темы студент обязан кратко и ясно рассказать строение механизма, порядок сборки деталей, их соединение и взаимодействия, изложить функциональное назначение (работа) узла или сборочной единицы на чертеже общего вида, мотивировать выбор главного вида деталей на рабочих чертежах, необходимость и достаточность других изображений.

Тема 10. Курсовая работа

Цикл обучения студентов графическим дисциплинам завершается выполнением курсовой работы. Тематика курсовых работ соответствует специальности студента.

Студенты механических специальностей (ГЭМ, ГМК, ГРМ, АСГ) выполняют в качестве курсовой работы чертеж общего вида по описанию механизма (машины), по альбому рабочих чертежей деталей и перечню стандартных изделий. Задание на курсовую работу выдается преподавателем в период установочных лекций, консультации по выполнению работы проводятся ведущим преподавателем. Работа завершается защитой:

Студент должен кратко и четко рассказать с демонстрацией на чертеже строение узла, взаимодействие деталей, порядок сборки, характер соединения, функциональное назначение и порядок работы.

Студенты горно-технических специальностей (ПРМ, МД,ШС, ОГР) изучают горно-графическую документацию (ГГД), сборник стандартов, регламентирующих требования к горным графическим документам. Ведущий преподаватель читает установочную лекцию по теме «Проекции с числовыми отметками» и выдает задание на курсовую работу, студент берет на кафедре методическое пособие по выполнению курсовой работы и выполняет работу на листе формата А1 с последующей защитой. Студенты специальности ОПИ выполняют курсовую работу по теме "Взаимное пересечение кривых поверхностей второго порядка" на примере конструирования аэро- и гидродинамического аппарата с развертками составляющих поверхностей. Работа выполняется на листе формата А1.

Литература

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. - М.: Машиностроение,1980. -Т.1. – 128 с.; Т.2. – 560 с.; Т.3. – 560 с. '

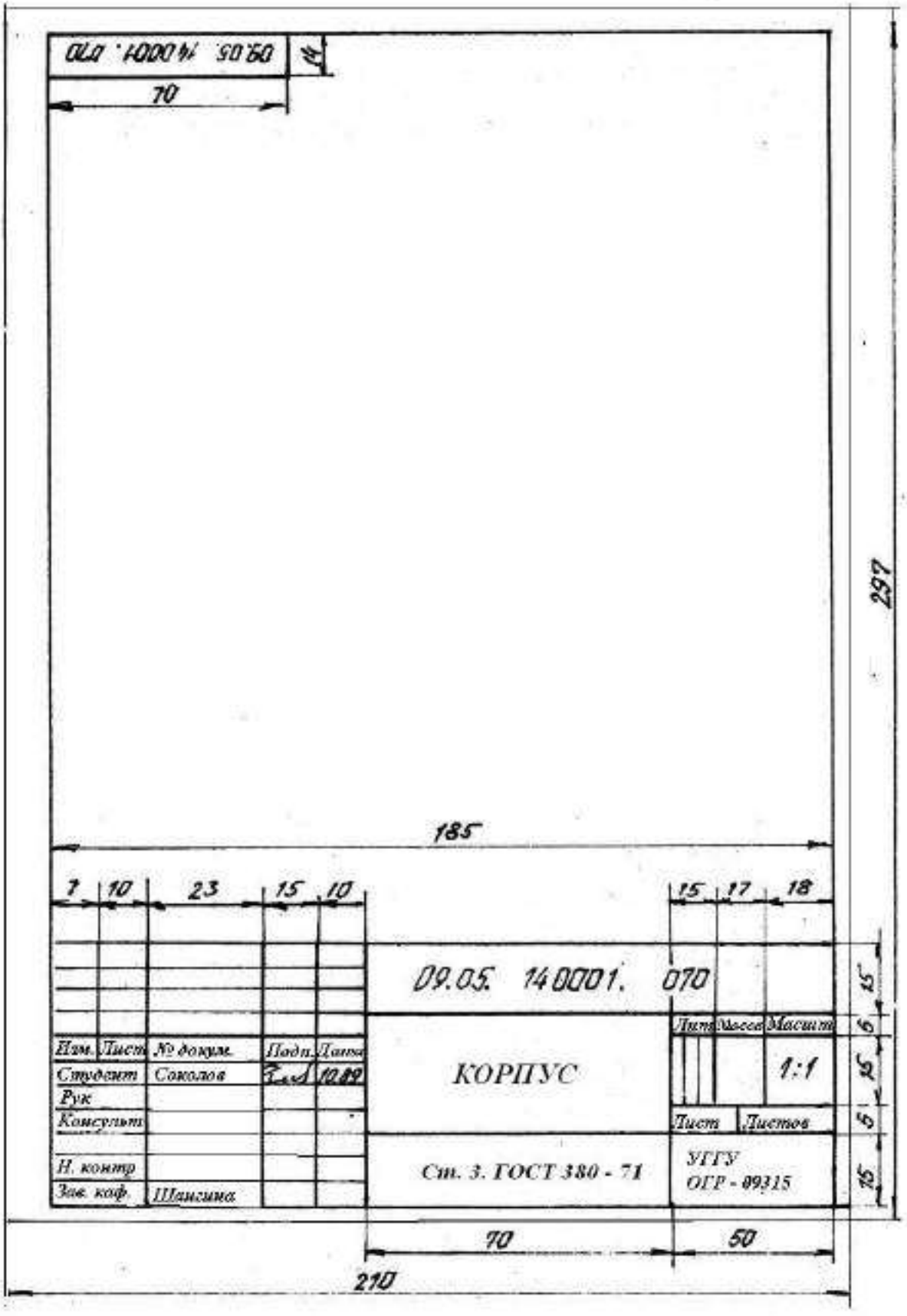
2. Богданов В.Н., Малежик И.Ф. и др. Справочное руководство по черчению. - М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

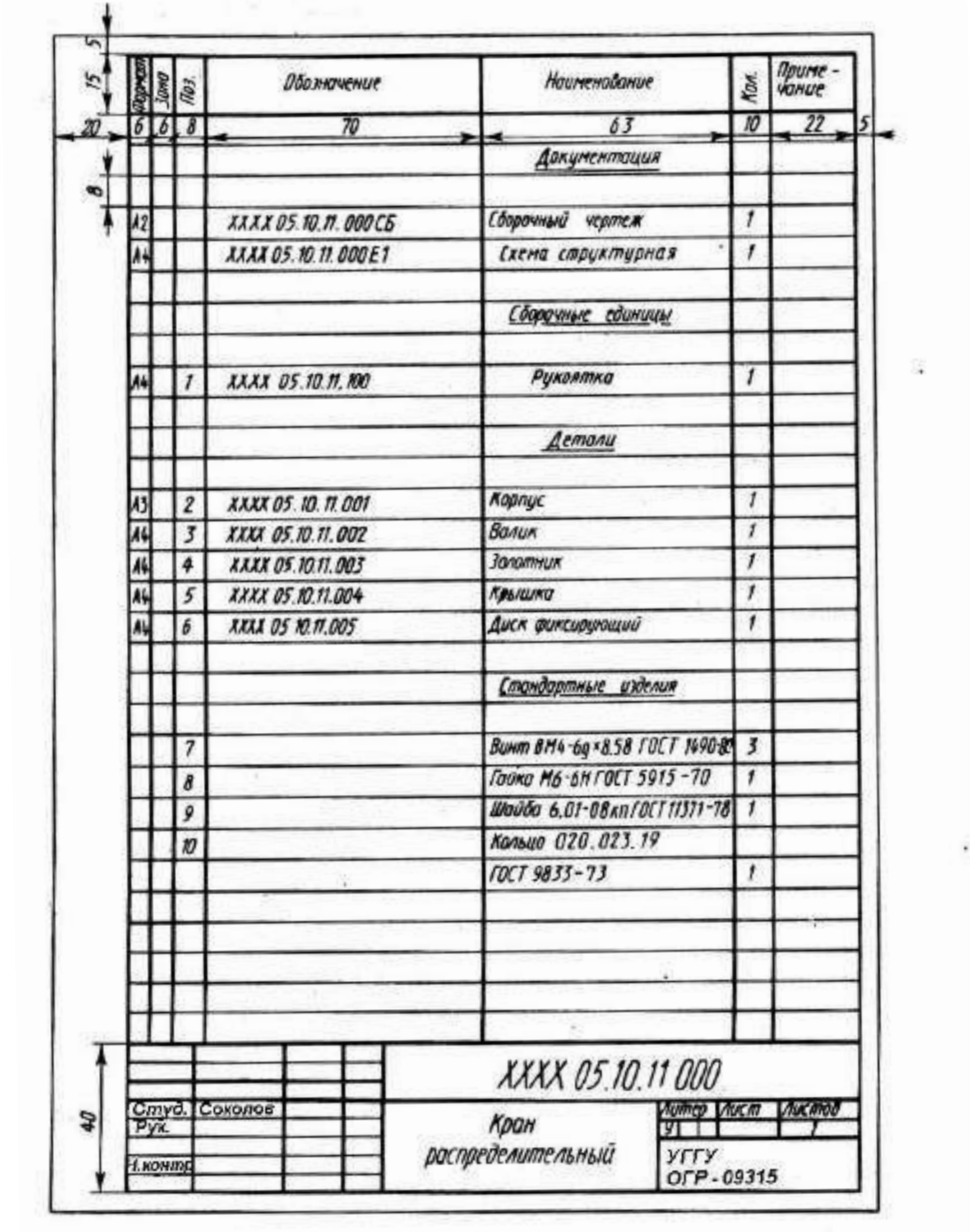
3. Вяткин Г.П., Андреева А.Н. Машиностроительное черчение. - М.: Машиностроение, 1985. -368 с.

4. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2.301-68 ...ГОСТ 2.321 - 84). М.: Издательство стандартов, 1988. ~ 240 с.

5. Федоренко Б. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. - М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
6	6	8	70	63	10	22
				Документация		
А2			ХХХХ 05.10.11.000СБ	Сборочный чертеж	1	
А4			ХХХХ 05.10.11.000Е1	Схема структурная	1	
				Сборочные единицы		
А4		1	ХХХХ 05.10.11.100	Рукоятка	1	
				Детали		
А3		2	ХХХХ 05.10.11.001	Корпус	1	
А4		3	ХХХХ 05.10.11.002	Валик	1	
А4		4	ХХХХ 05.10.11.003	Золотник	1	
А4		5	ХХХХ 05.10.11.004	Крышка	1	
А4		6	ХХХХ 05.10.11.005	Диск фиксирующий	1	
				Стандартные изделия		
		7		Винт ВМ4-6g×8.58 ГОСТ 1490-80	3	
		8		Гайка М6-6Н ГОСТ 5915-70	1	
		9		Шайба 6.01-08кп ГОСТ 11371-78	1	
		10		Кольцо 020.023.19 ГОСТ 9833-73	1	

				ХХХХ 05.10.11 000		
Студ.	Соколов			Кран распределительный	Литер У	Лист / Листов 1
Рук.					УГГУ ОГР-09315	
Н.контр.						

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

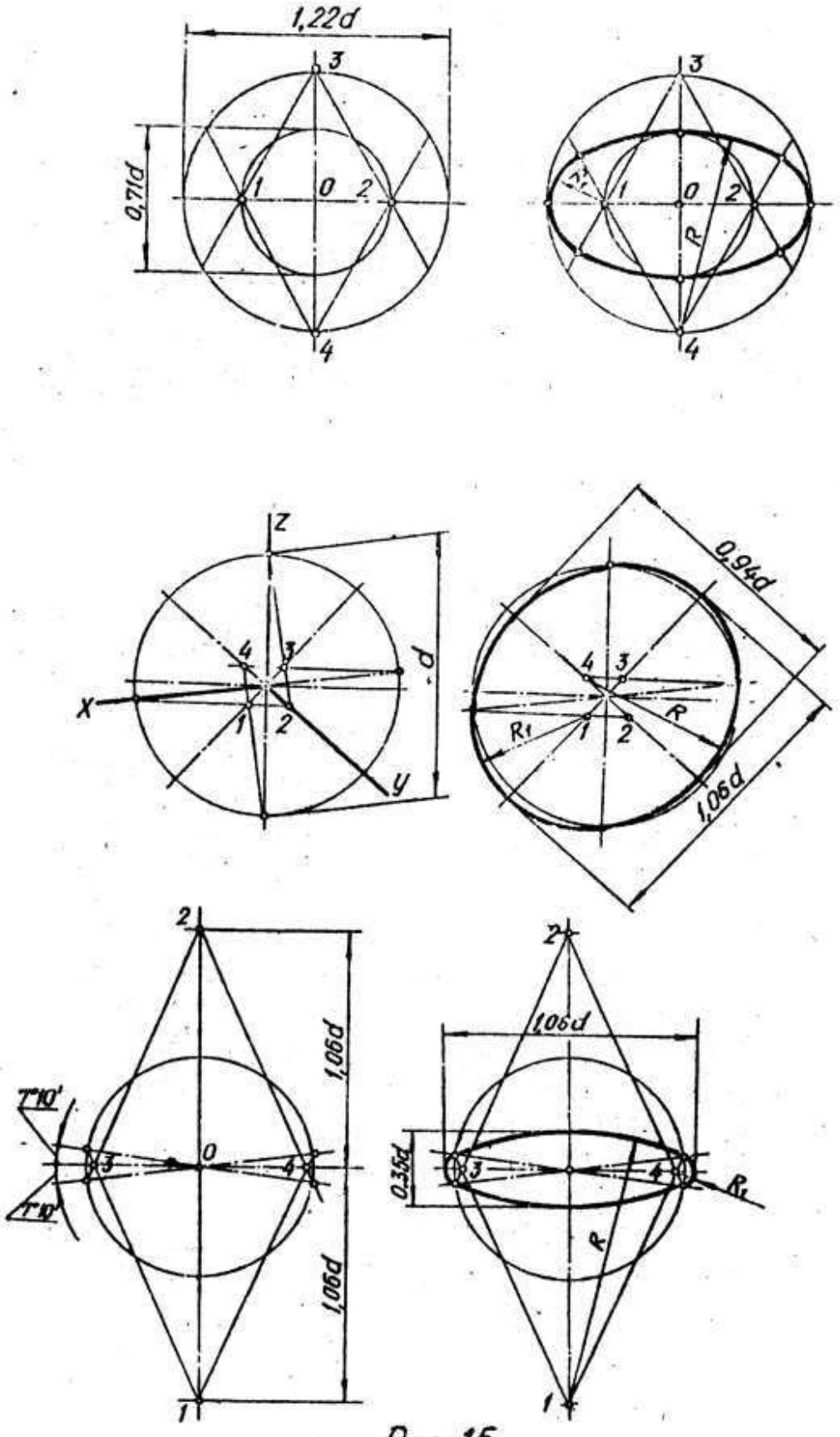


Рис. 15.

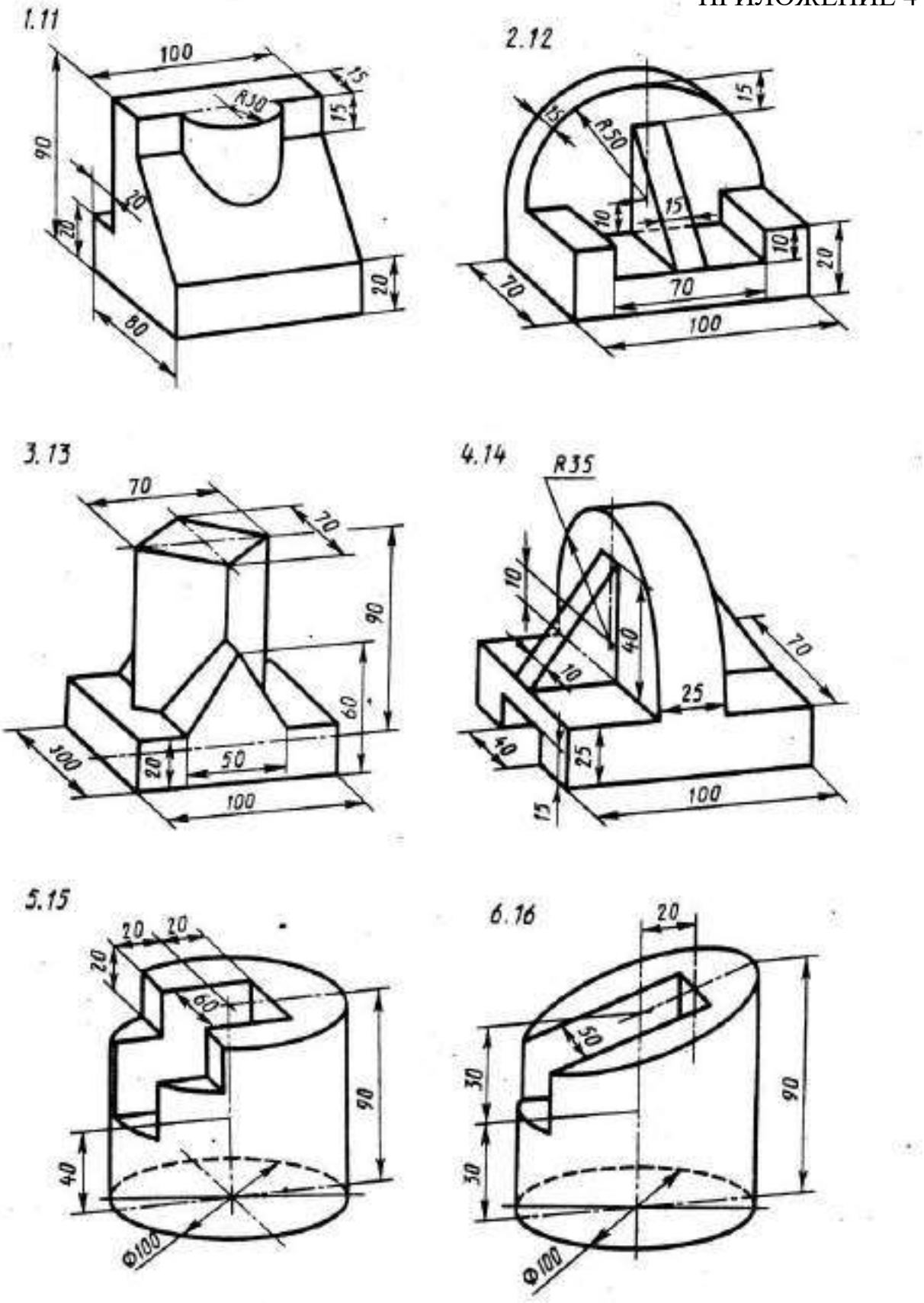

1.11
100
15
R30
15
90
20
20
20
80
2.12
15
15
R50
15
10
10
20
70
70
100
3.13
70
70
90
60
100
20
50
100
4.14
R35
10
40
10
70
25
40
25
15
100
5.15
20
20
20
60
90
40
Φ100
6.16
20
50
30
30
90
Φ100

Рис. 16

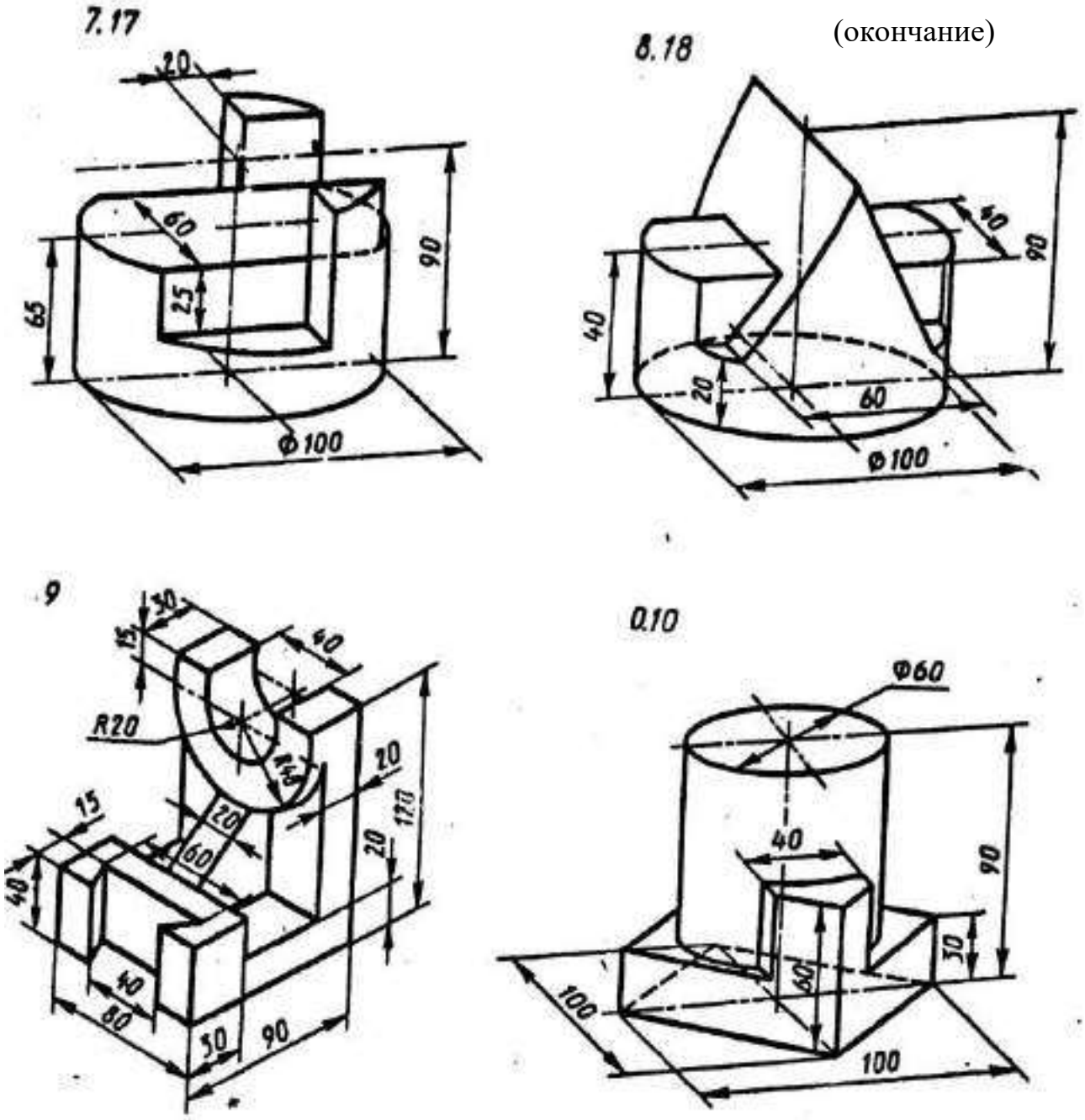


Рис. 16 (окончание)

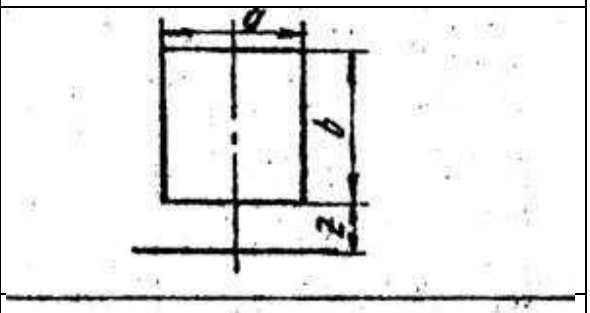
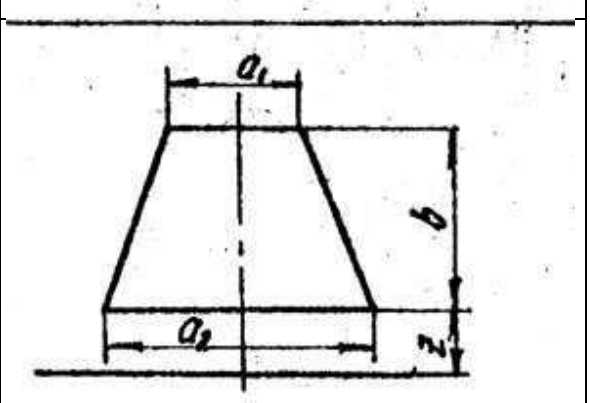
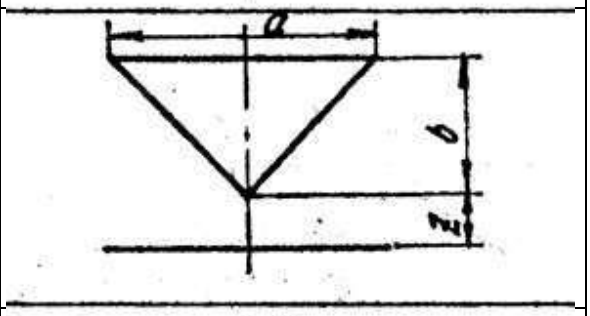
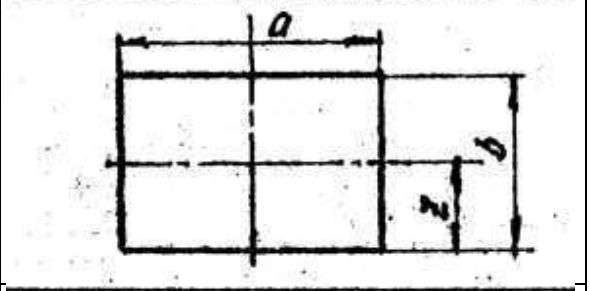
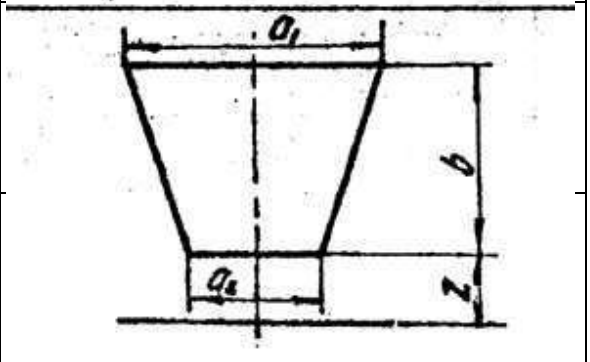
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 1

№ варианта	Внешняя форма предмета	Цилиндрическое отверстие
1.11	Шестиугольная правильная призма. Диаметр окружности, описанной вокруг шестиугольника основания, равен 90 мм. Две вершины основания лежат на горизонтальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие с вертикально расположенной осью, проходящей через центр шестиугольника. Диаметр отверстия 30 мм
2.12	Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота призмы 100 мм.	Диаметр отверстия 30 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника
3.13	Четырехугольная правильная призма. Сторона основания квадрата 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм.	Диаметр отверстия 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр квадрата
4.14	Прямой круговой цилиндр. Диаметр основания 90 мм. Высота цилиндра 100 мм.	Вертикально расположенное отверстие диаметром 25 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия
5.15	Сфера диаметром 100 мм. На высоте 30 мм от экватора сфера срезана горизонтальной	Сквозное отверстие диаметром 30 мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы

	плоскостью	
6.16	Четырехугольная правильная призма. Сторона квадрата основания 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 30 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр квадрата
7.17	Шестиугольная правильная призма Диаметр окружности, вписанной в шестиугольник основания, равен 80 мм. Две вершины основания лежат на вертикальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр шестиугольника
8.18	Сфера диаметром 100 мм. На уровне 30 мм под экватором сфера срезана горизонтальной плоскостью	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы
9	Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника
10	Прямой круговой цилиндр. Диаметр основания 90 мм. Высота цилиндра 100 мм.	Вертикально расположенное отверстие диаметром 30 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия

Приложение 5 (окончание)
Таблица 2

Номер варианта	Размеры отверстия и расположение его от нижнего основания предмета (или центра сферы)	Форма призматического отверстия
1.11	***a***=35 ***b***=60 ***z***=20	
6.16	***a***=40 ***b***=50 ***z***=30	
2.12	***a*₁**=30 ***a*₂**=45 ***b***=50 ***z***=30	
7.17	***a*₁**=35 ***a*₂**=45 ***b***=50 ***z***=25	
3.13	***a***=40 ***b***=50 ***z***=30	
8.18	***a***=30 ***b***=50 ***z***=25	
4.14	***a***=40 ***b***=40 ***z***=20	
9	***a***=35 ***b***=35 ***z***=17,5	
5.15	***a*₁**=40 ***a*₂**=30 ***b***=50 ***z***=30	
10	***a*₁**=45 ***a*₂**=35 ***b***=50 ***z***=25	

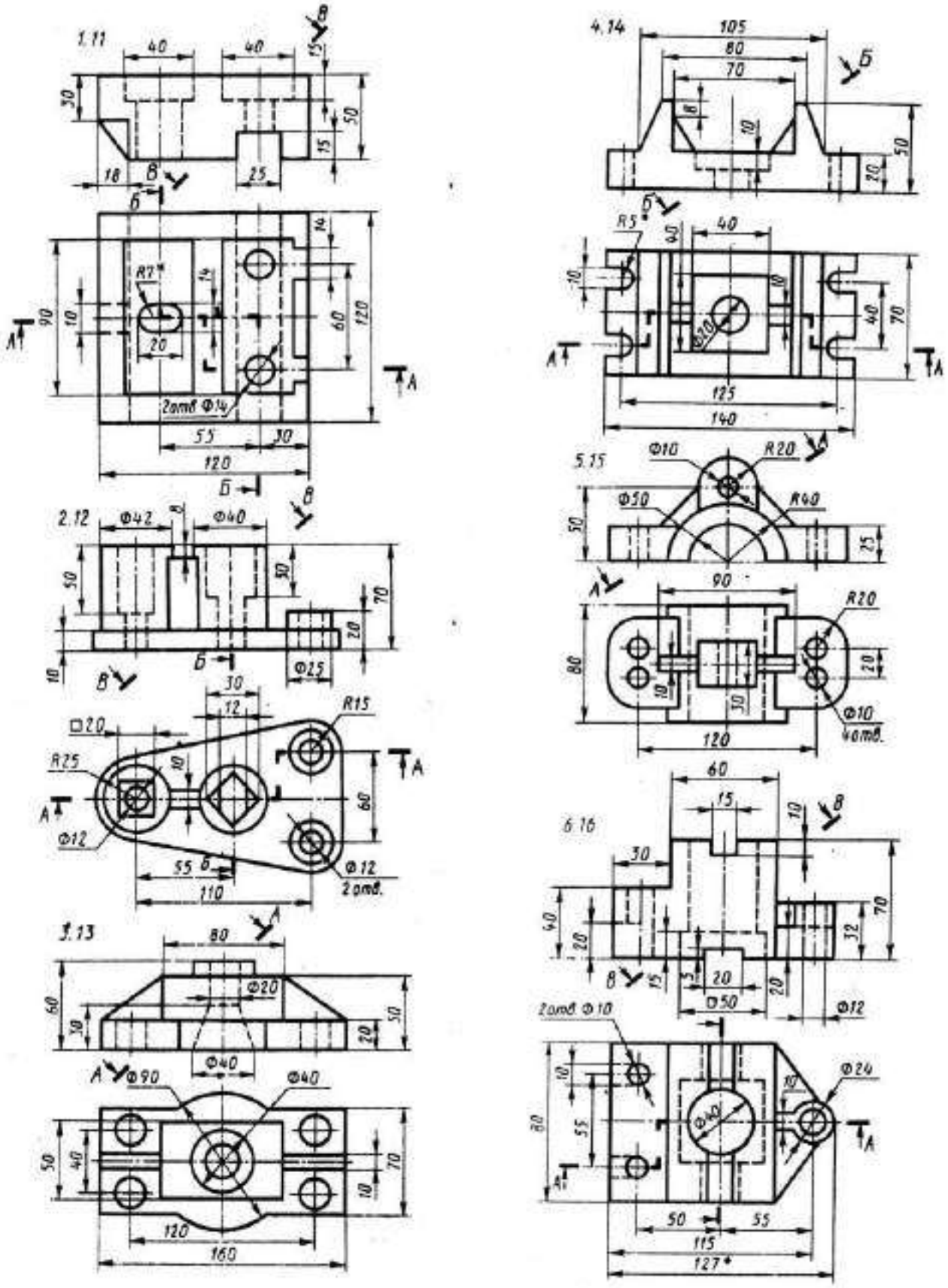

1.11
2.12
3.13
4.14
5.15
6.16
2отв Ф14
2отв.
4отв.
2отв Ф10
Ф24
R7*
R15
R20
R25
R40
Ф10
Ф12
Ф15
Ф20
Ф40
Ф42
Ф50
Ф90
Б
В
А

Рис. 17

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(окончание)

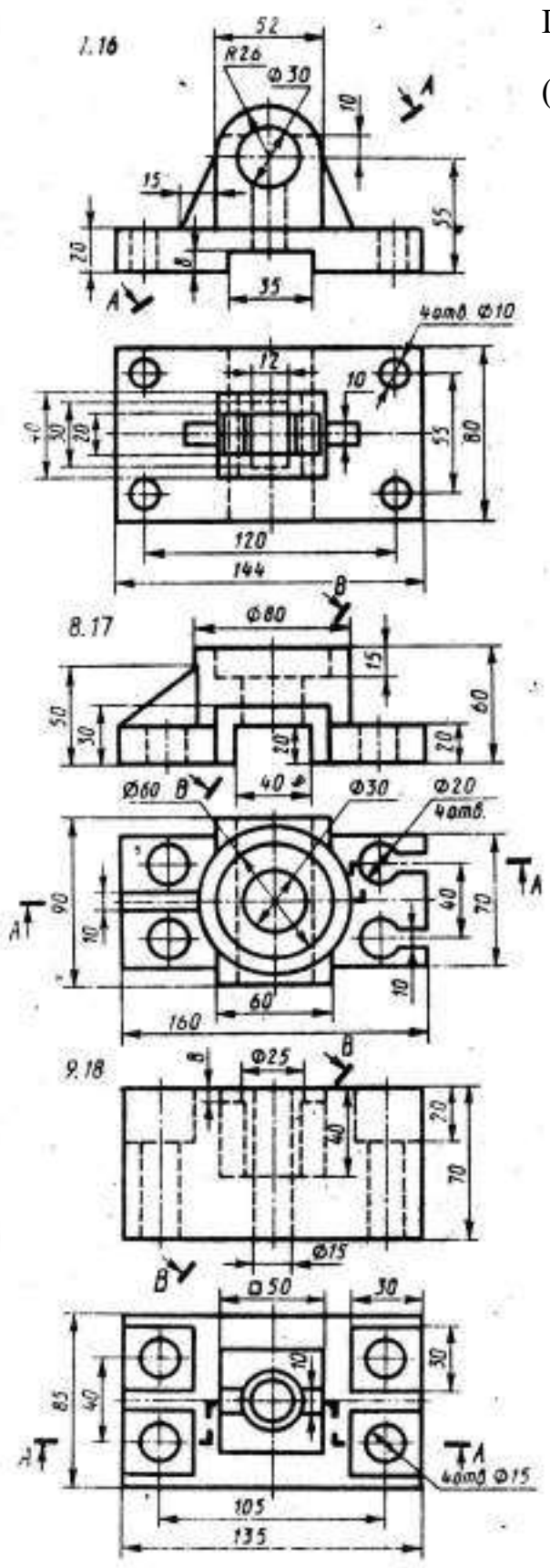
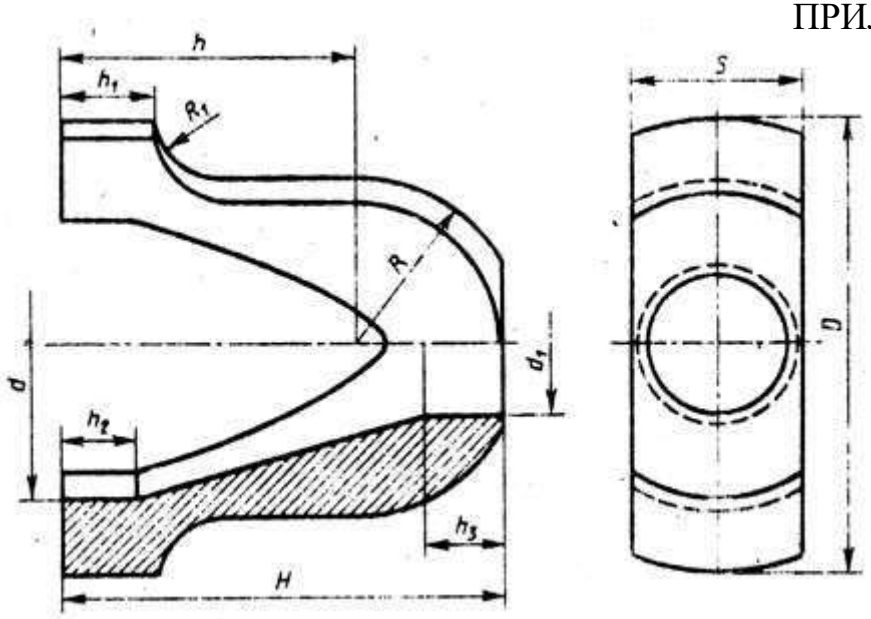
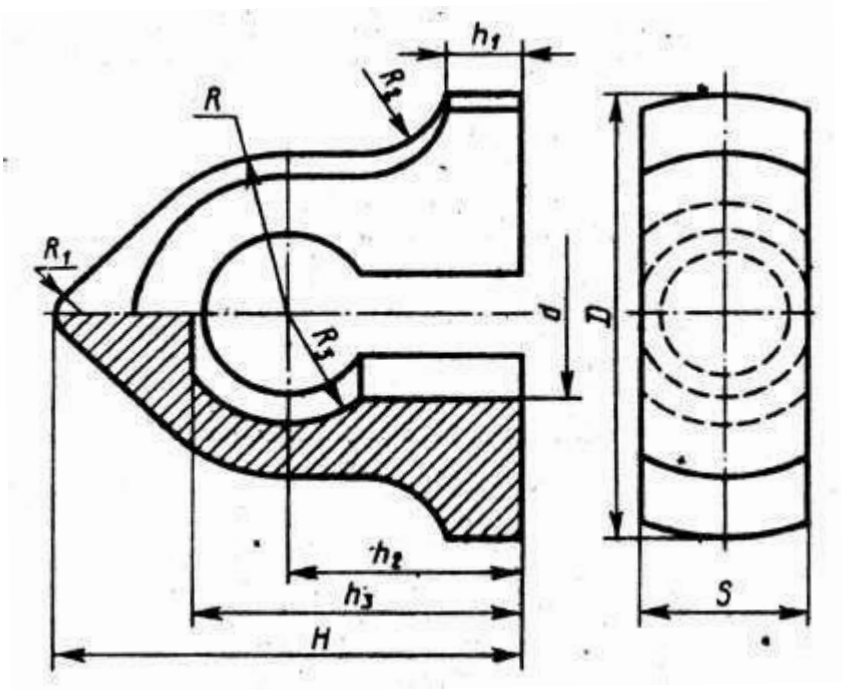


Рис. 17 (окончание)



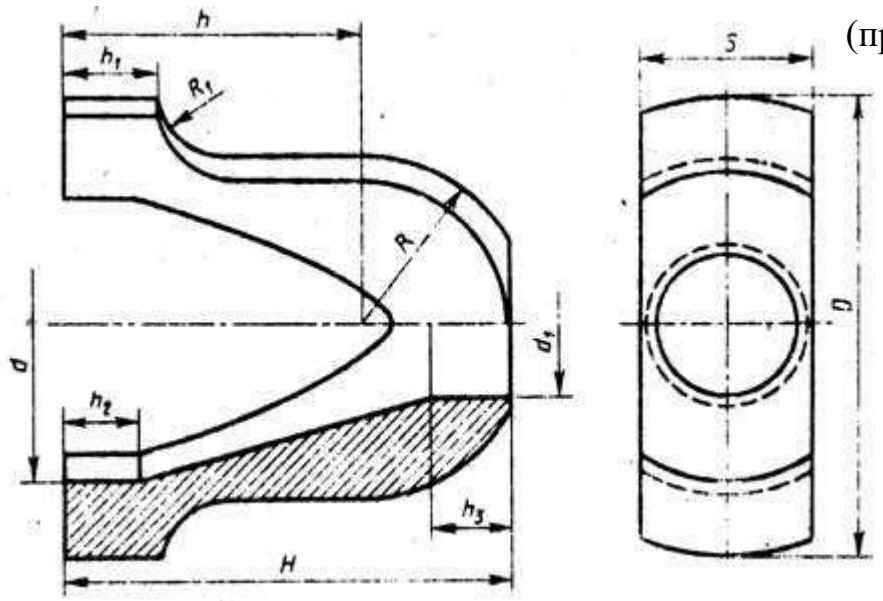
Вариант	*H*	*D*	*S*	h_1	h_2	h_3	*R*	R_1	*d*	d_1
1	100	110	50	65	20	75	40	15	70	30
7	115	120	55	78	22	85	45	20	85	32
13	120	125	56	80	25	90	46	22	86	35



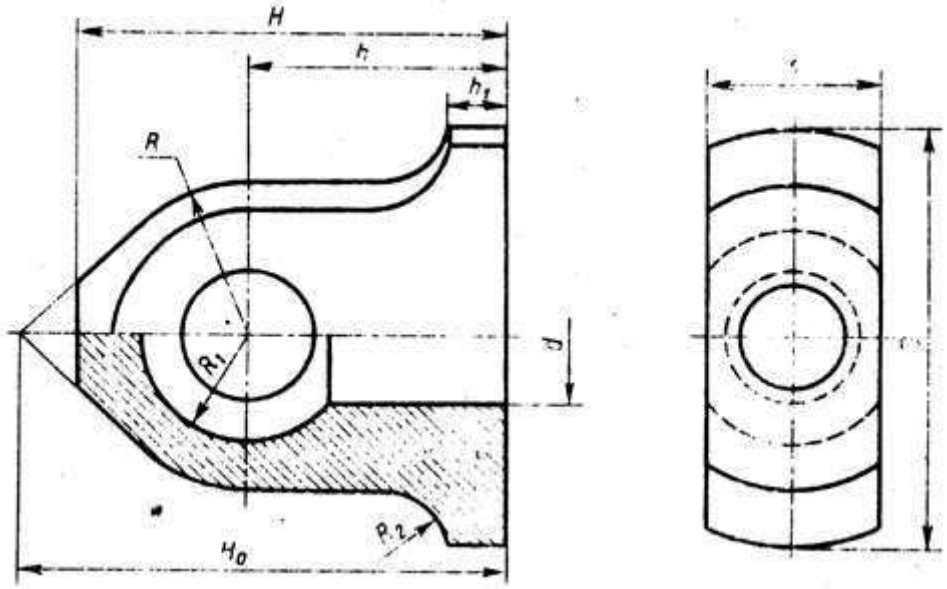
Вариант	*H*	*D*	*S*	h_1	h_2	h_3	*R*	R_1	R_2	R_3	*d*
2	100	110	45	15	46	70	40	8	18	30	50
8	110	130	52	20	60	90	45	10	22	35	60
14	160	140	55	25	75	105	50	15	25	36	58

Рис. 18

(продолжение)

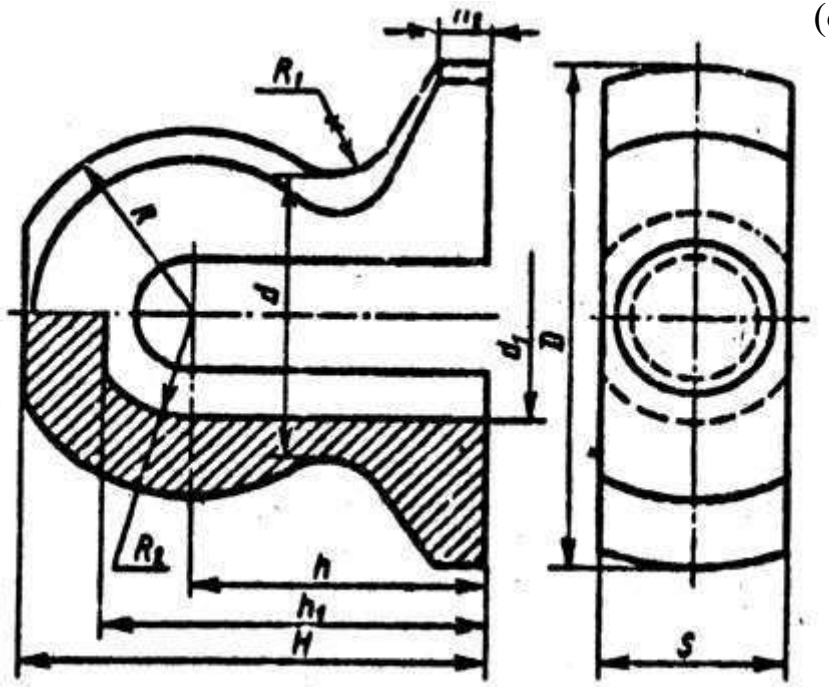


Вариант	*H*	*D*	*S*	*h*	h_1	*R*	R_1	*d*	d_1	h_2	h_3
4	148	150	60	100	30	52	25	100	40	25	30
10	155	140	55	110	35	50	22	95	35	20	25
16	160	145	58	112	40	51	21	105	38	32	35

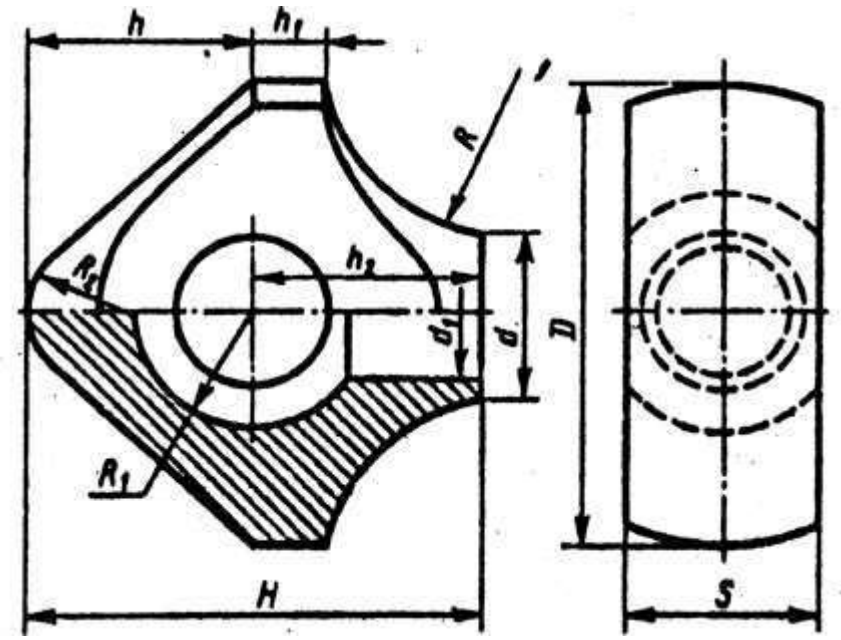


Вариант	H_0	*H*	*D*	*S*	*R*	*h*	h_1	*d*	R_1	R_2
3	158	140	142	50	40	75	20	40	30	20
9	165	145	130	46	48	90	31	45	32	22
15	200	170	140	52	50	104	40	42	34	24

Рис. 18 (продолжение)



Вариант	*H*	*D*	*S*	*h*	h_1	h_2	*R*	R_1	R_2	*d*	d_1
5	120	125	52	78	100	12	48	18	30	75	60
11	105	120	50	68	92	10	43	15	28	70	56
17	140	130	65	95	122	20	50	20	32	78	64



Вариант	*H*	*D*	*S*	*h*	h_1	h_2	*R*	R_1	R_2	*d*	d_1
6	100	110	48	50	15	45	50	30	25	40	30
12	105	120	50	55	18	48	45	32	20	45	25
18	115	125	52	60	20	50	48	35	22	46	28

Рис. 18 (окончание)

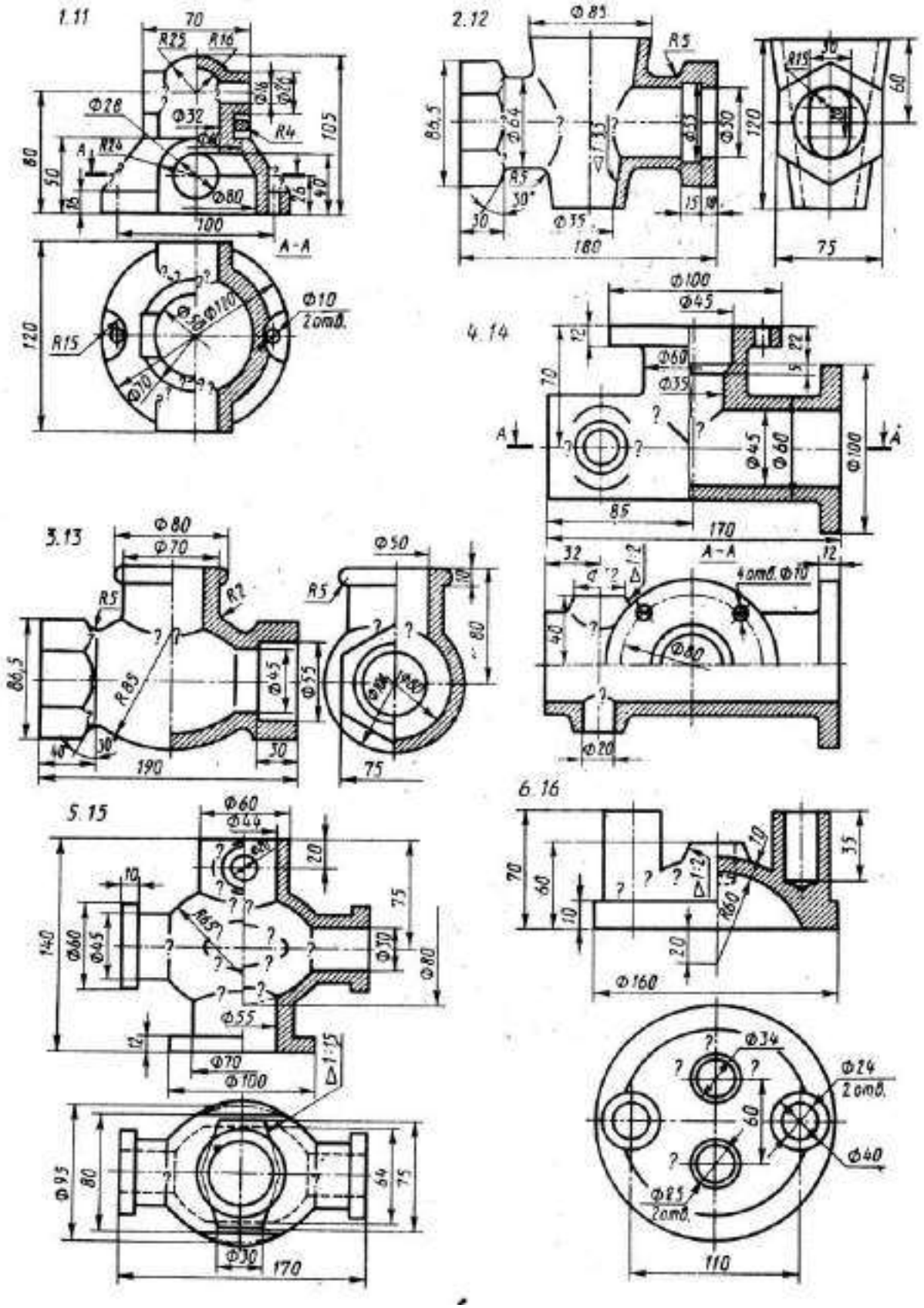


Рис. 19

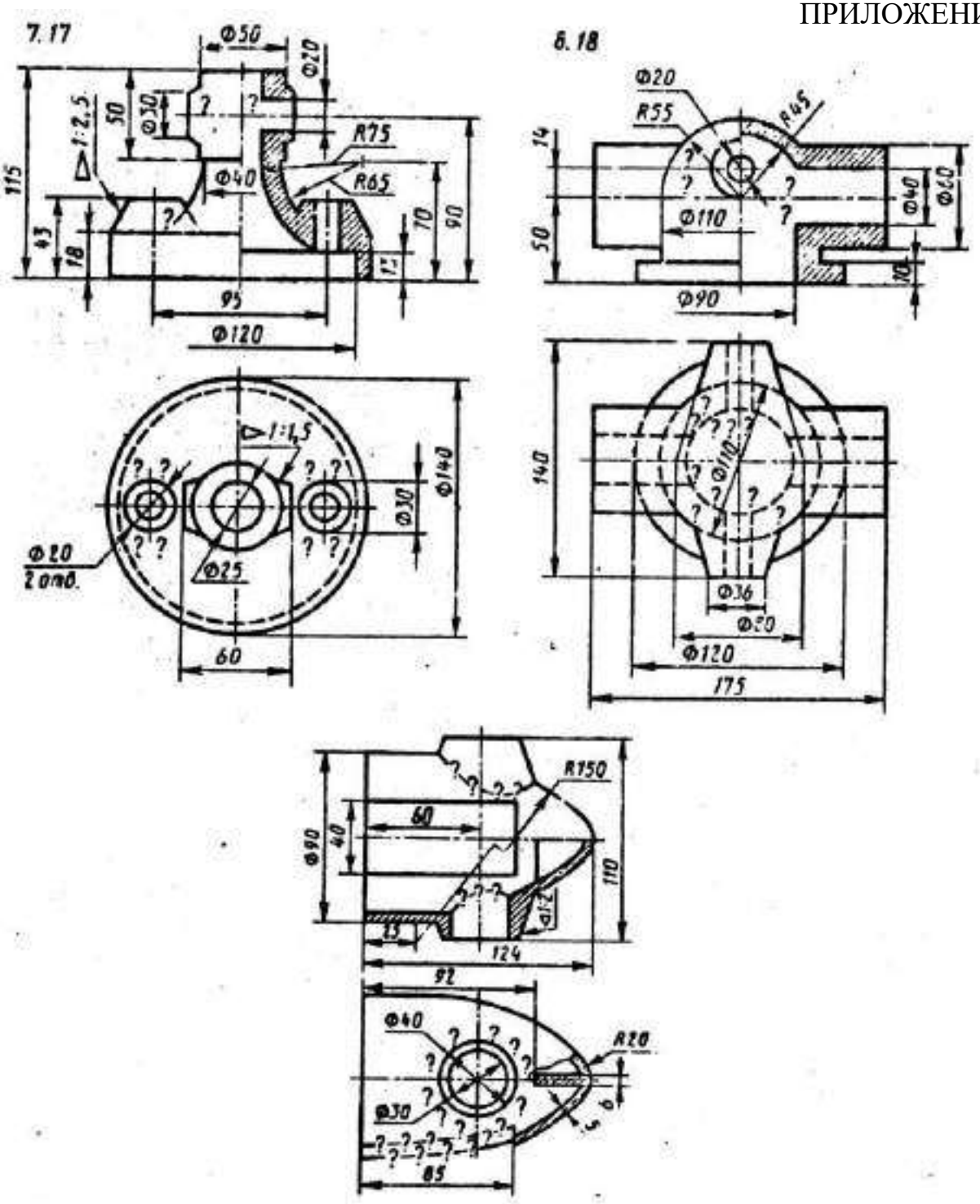


Рис. 19 (окончание)

Приложение 9

Вариант	Резьба	Длина болта	Исполнение			ГОСТ		
			болта	гайки	шайбы	болта	гайки	шайбы
1, 10, 19	М16	70	1	1	1	7798-70	5915-70	11371-78
2, 11, 20	М18×l,5	80	2	2	-	7796-70	15521-70	6402-70
3, 12, 21	М20	90	1	1	2	7805-70	5927-70	11371-78
4, 13, 22	М16xl,5	70	2	2	-	7798-70	5918-73	6402-70
5, 14, 23	М18	80	1	1	1	7796-70	15521-70	11371-78
6, 15, 24	М 20×l,5	90	2	2	-	7805-70	5918-73	6402-70
7, 16, 25	М16	70	1	1	-	7805-70	5927-70	6402-70
8, 17, 26	М 18×1,5	80	2	2	2	7798-70	5918-73	11371-78
9, 18, 27	М20	90	1	1	2	7796-70	15521-70	11371-78

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 (окончание)

Вариант	Резьба	Длина шпильки, мм	Исполнение			ГОСТ		
			шпильки	гайки	шайбы	шпильки	гайки	шайбы
1, 10, 19	М16×1,5	50	-	1	-	22036-76	5918-73	6402-70
2, 11, 20	М18	55	-	1	1	22034-76	5915-10	11371-78
3, 12, 21	М20×1,5	60	-	2	-	22032-76	5918-73	6402-70
4, 13, 22	М16	50	-	1	1	22038-76	5916-70	11371-78
5, 14, 23	М18×l,5	55	-	2	-	22036-76	5918-73	6402-70
6, 15, 24	М20	60	-	1	1	22034-76	5915-70	11371-78
7, 16, 25	М16×1,5	50	-	1	2	22040-76	5918-73	11371-78
8, 17, 26	М18	55	-	1	-	22036-76	5916-70	6402-70
9, 18, 27	М20×1,5	60	-	2	2	22032-76	5918-13	11311-78

Литература

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1980. – Т. 1. – 128 с.; Т. 2. – 560 с.; Т. 3. – 560 с.

2. Богданов В. Н. , Малежик И. Ф. и др. Справочное руководство по черчению – М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

3. Вяткин Г. П., Андреева А. Н. Машиностроительное черчение. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.

4. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2. 301-68 …ГОСТ 2.321-84). –М.: Издательство стандартов, 1988. – 240 с.

5. Федоренко В. А., Шошин А. И. справочник по машиностроительному черчению. - – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть I. НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ……..3

Введение……4

Контрольная работа №1 ……..5

Контрольная работа №2 .....……14

Контрольная работа №3 ……..24

ПРИЛОЖЕНИЕ (11 таблиц)……30

Литература……41

Часть II. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ……...42

Контрольная работа №4 ….……43

Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данному изображению………43

Вопросы для самопроверки……...45

Тема 2. Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию……47

Вопросы для самопроверки ……..48

Тема 3. Построение трех изображений по двум данным. Выполнение разрезов и сечений ……...49

Вопросы для самопроверки ……...50

Тема 4. Построение линий среза ……..53

Тема 5. Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей ……...56

Контрольная работа №5 ……..59

Тема 6. Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение крепежных деталей……..59

Тема 7. Составление эскизов деталей машин ……65

Тема 8. Выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия ……..69

Тема 9. Чтение и деталировка чертежа общего вида машиностроительного изделия ……71

Тема 10. Курсовая работа ……...72

Литература ……73

ПРИЛОЖЕНИЯ ……...74
Приложение 1 ……74
Приложение 2 ……75
Приложение 3 ……76
Приложение 4 ……77-78
Приложение 5 ……79-81
Приложение 6 ……82-83
Приложение 7 ……84-86
Приложение 8 ……87-88
Приложение 9 ……89-90
Литература ……91

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……..… 4

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ……...5

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ ……5

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ …..... 13

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ……..... 18

ВВЕДЕНИЕ

Болтовые соединения широко применяются во всех отраслях промышленности и строительства, трудно представить себе машину или механизм без этого вида соединения.

При выполнении машиностроительных чертежей значительную часть времени конструктор затрачивает на вычерчивание изображения крепежных деталей и в частности болтов, гаек и т.д.

В этой связи необходимо отметить, что выполнение всех правил, установленных соответствующими стандартами, а также рекомендаций справочников, учебников, основанных на опыте конструкторов, значительно облегчают и упрощают этот трудоемкий процесс.

Настоящее методическое пособие предназначено для изучения и закрепления знаний, указанных правил и рекомендаций.

Работа содержит исходные данные индивидуальных заданий, описание основных крепежных деталей болтового соединения, методику определения размеров, необходимых для выполнения чертежа соединения деталей болтами различных конструкций, а также принципы формирования условных обозначений крепежных деталей.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Чертеж болтового соединения является частью задания «Условности машиностроительного черчения». Это задание выполняют студенты технологических и механических специальностей университета.

Работу выполняют в формате А 4 карандашом. Оформляется чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД. Масштаб изображения следует выбирать в зависимости от размеров крепежных деталей.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Чертеж болтового соединения (рис. 2) содержит три изображения: полный фронтальный разрез, расположенный на месте главного вида, вид сверху и вид слева; на изображениях следует нанести обозначения резьбы, длину болта и размер под ключ. Кроме того, чертеж должен содержать условные обозначения крепежных изделий.

В качестве исходных параметров для выполнения чертежа дана толщина соединяемых деталей и вид крепежных изделий, определенный стандартами, а также размер резьбы болта. Эти данные приведены в таблице 1.

Общие сведения о крепежных деталях болтового соединения.

Соединение деталей болтом обычно состоит из трех стандартных крепежных изделий: болт, гайка и шайба. В некоторых случаях, обычно когда болтовое соединение работает в условиях повышенной вибрации, для предотвращения самопроизвольного отвинчивания гайки применяются шплинты (рис. 1). ***Шплинтом*** называется изделие, изготовленное из стальной проволоки полукруглого сечения, сложенной вдвое и предназначенное для фиксирования болта относительно гайки. Основными параметрами шплинта является его длина l и условный диаметр d_o. Условный диаметр шплинта равен диаметру отверстия болта под шплинт.

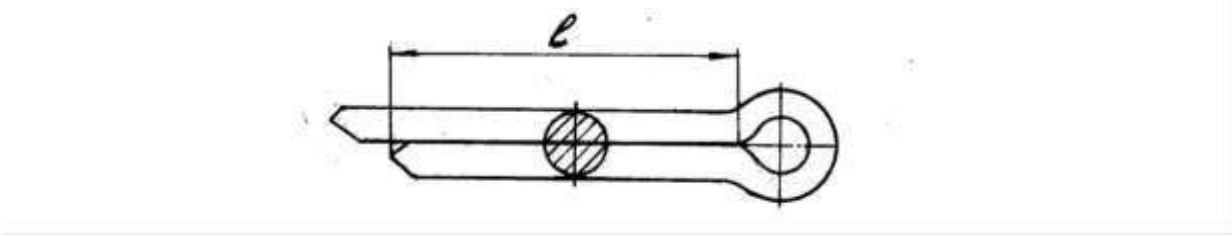


Рис. 1. Шплинт

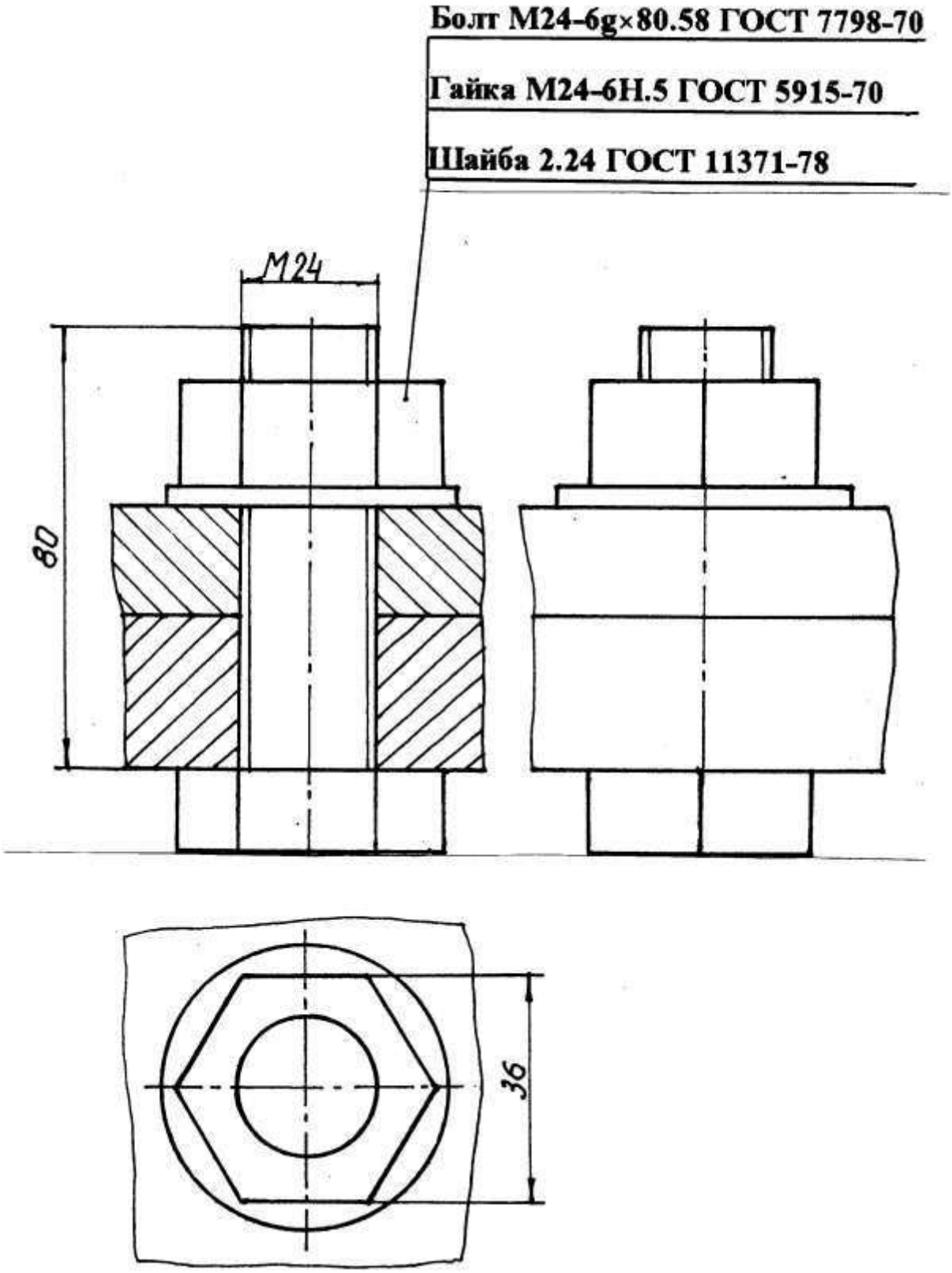


Рис. 2. Чертеж болтового соединения

Исходные данные

Таблица 1

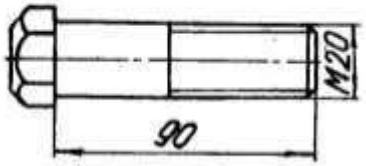
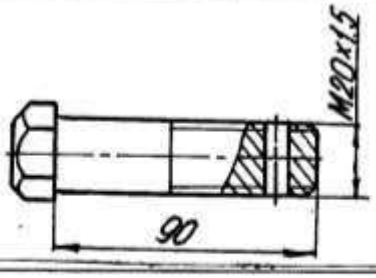
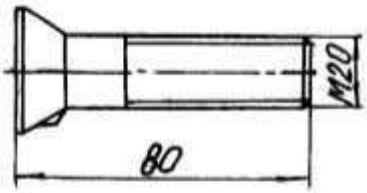
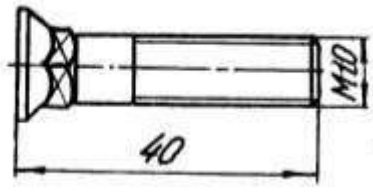
Номер варианта	БОЛТ					ГАЙКА		ШАЙБА
	Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм	Исполнение	Толщина деталей	Номер ГОСТ	Исполнение	Номер ГОСТ	Номер ГОСТ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20	2,5	1	40 40	7796-70	2	5915-70	11371-78
2	10	1,5	1	30 30	7783-81	1	5916-70	11371-78
3	10	1,25	4	10 20	7798-70	2	5918-73	6958-78
4	12	1,75	2	20 40	7785-81	2	5916-70	11371-78
5	12	1,25	1	15 20	7805-70	-	5927-70	10450-78
6	16	2,0	-	20 20	7786-81	1	5915-70	11371-78
7	24	2,0	2	30 40	7796-70	1	5918-73	11371-78
8	10	1,5	1	30 30	7783-81	1	3032-76	10450-78
9	12	1,75	3	20 30	7798-70	-	15523-70	6402-70
10	12	1,75	-	20 50	7786-81	2	3032-76	6958-78
11	16	2,0	2	30 30	7805-70	-	5918-73	11371-78
12	16	2,0	1	40 40	7785-81	1	3032-76	10450-78
13	30	3,5	3	50 40	7796-70	1	5916-70	6958-78
14	20	2,5	2	30 50	7783-81	2	3032-76	6958-78
15	16	1,5	2	20 20	7798-70	1	5918-73	10450-78
16	10	1,5	2	15 15	7785-81	1	3032-76	10450-78
17	20	1,5	3	40 10	7805-70	-	5927-70	11371-78
18	12	1,75	-	10 40	7786-81	2	3032-76	6958-78
19	40	3,0	4	50 50	7796-70	2	5918-73	6958-78
20	16	2,0	1	40 30	7783-81	1	3032-76	10450-78
21	12	1,75	1	20 10	7798-70	-	15523-70	6402-70
22	20	2,5	1	30 30	7785-81	2	3032-76	6958-78
23	24	3,0	1	50 40	7805-70	-	5927-70	10450-78

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	10	1,5	-	30 50	7786-81	1	3032-76	10450-78
25	16	2,0	1	20 40	7796-70	2	5916-70	11371-78
26	12	1,75	2	20 30	7783-81	2	5915-70	11371-78
27	24	2,0	4	20 30	7798-70	-	15523-70	6402-70
28	16	2,0	1	20 40	7785-81	1	5916-70	11371-78
29	30	3,5	3	40 40	7798-70	-	15523-70	6958-78
30	20	2,5	-	20 40	7786-81	2	5916-70	11371-78
31	12	1,25	2	30 20	7796-70	1	5918-73	10450-78
32	16	2,0	1	15 25	7783-71	1	3032-76	10450-78
33	30	2,0	2	30 40	7805-70	2	5918-73	11371-78
34	6	1,0	1	10 10	7785-81	1	5915-70	6958-78
35	8	1,0	3	10 20	7805-70	-	5927-70	6402-70
36	8	1,25	-	15 20	7786-81	2	3032-76	10450-78
37	10	1,5	3	20 10	7796-70	1	5916-70	11371-78
38	10	1,5	2	20 10	7783-81	2	5915-70	6958-78
39	36	3,0	2	50 10	7798-70	1	5918-73	6958-78
40	12	1,75	2	20 25	7785-81	1	3032-76	10450-78
41	10	1,25	1	15 25	7805-70	-	5927-70	6402-70
42	16	2,0	-	20 15	7786-81	1	5915-70	6968-78
43	20	1,5	5	30 20	7796-70	2	5915-70	11371-78
44	16	2,0	1	10 30	7783-81	2	3032-76	10450-78
45	20	2,5	1	10 30	7798-70	-	15523-70	6402-70
46	6	1,0	1	10 8	7785-81	2	5915-70	6958-78
47	16	1,5	2	30 20	7805-70	2	5918-73	11371-78
48	8	1,25	-	10 12	7786-81	1	3032-76	10450-78
49	24	3,0	1	20 40	7796-70	2	5916-70	6958-78
50	10	1,5	2	10 25	7783-81	1	5915-70	11371-78

Таблица 2

Изображение и обозначение болтов

Изображение	Условные обозначение	Расшифровка обозначения
	Болт М20-6g×90.58 ГОСТ 7798-70	Болт исполнения 1, диаметром резьбы d=20 мм, длиной l=90мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 6g, класса прочности 5.8, без покрытия.
	Болт 2М20×1,5-6g×90.58 ГОСТ 7798-70	Болт исполнения 2, диаметром резьбы d=20 мм, длиной l=90мм, с мелким шагом резьбы с полем допуска 6g, класса прочности 5.8, без покрытия.
	Болт С М10-6g×30.46.019 ГОСТ 7783-81	Болт с диаметром резьбы d=10 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6g, длиной l=30 мм, класса прочности 4.6, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.
	Болт С М20-6g×80.56.019 ГОСТ 7785-81	Болт с диаметром резьбы d=20 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6g, длиной l=80 мм, класса прочности 5.6, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.
	Болт С М10-6g×40.46.019 ГОСТ 7786-81	Болт с диаметром резьбы d=10 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6g, длиной l= 40 мм, класса прочности 4.6, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.

Условное обозначение шплинта должно содержать условный диаметр, длину, условное обозначение материала и покрытия, толщину покрытия и наименование стандарта. Если шплинт изготовлен из низкоуглеродистой стали, то условное обозначение материала не указывается. При отсутствии покрытия шплинта его вид и толщина в обозначении не указываются.

Например, шплинт с условным диаметром 8 мм, длиной 32 мм из низкоуглеродистой стали без покрытия: *Шплинт 8×32 ГОСТ 379 - 70.*

Основными деталями болтового соединения являются болт и гайка. ***Болт*** представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом. На резьбовую часть болта навинчивается гайка.

Обычно в болтовом соединении применяются стандартные болты. В зависимости от условий работы и функционального назначения болты могут иметь различную форму стержня, форму и размер головки, параметры резьбы, характер исполнения и т. п. Все эти характеристики детали установлены соответствующим стандартом.

Условное обозначений болта, в общем случае, должно содержать следующие данные: название детали, класс точности, исполнение, условное обозначение резьбы, поле допуска, длину болта, класс прочности, характеристику материала, обозначение вида покрытия, толщину покрытия, условное обозначение стандарта. В условном обозначении болта не указывают исполнение 1, отсутствие покрытия, а также характеристику материала, если деталь выполнена из углеродистой нелигированной стали и соответствует техническим требованиям ГОСТ 1759.4 - 87. Кроме того, не указывают класс точности В, если стандартом на изделие предусмотрено два класса точности (А и В).

Примеры условного обозначения болтов различных конструкций приведены в таблице 2.

Гайка представляет собой деталь, имеющую отверстие с резьбой для навинчивания на болт или шпильку. Как правило, в соединениях применяются стандартные гайки. В некоторых случаях, вследствие специфических условий, могут быть применены гайки нестандартные.

В зависимости от условий эксплуатации соединения устанавливают гайки различных конструкций, например, для соединений работающих в условиях повышенной вибрации, обычно применяют про-

резные и корончатые гайки со шплинтами. В тех случаях, когда необходимо навинчивать гайку вручную, используют гайки–барашки.

Условное обозначение гайки, в общем случае, должно содержать следующие характеристики: название детали, класс точности, исполнение, условное обозначение резьбы, поле допуска, класс прочности, характеристику материала, обозначение вида покрытия, толщину покрытия, условное обозначение стандарта. В условном обозначении гайки не указывают исполнение 1, отсутствие покрытия, а также характеристику метериала, если деталь выполнена из углеродистой нелигированной стали и соответствует требованиям ГОСТ 17595-87. Не указывается в обозначении класс точности В, если стандартом на эту деталь установлено два класса точности (А и В). Примеры обозначения стандартных гаек различных конструкций приведены в таблице 3.

Шайбой называется деталь, которую устанавливают между гайкой или головкой болта и поверхностью одной из деталей. Она служит для предохранения материала детали от повреждения, а также для предотвращения самопроизвольного развинчивания крепежных деталей.

Условные обозначения шайбы включают следующую информацию: название детали, класс точности, если стандарт предусматривает два класса, исполнение, диаметр резьбы крепежной детали, толщину шайбы, условное обозначение марки (группы) материала, обозначение вида покрытия, толщину покрытия. Толщина шайбы указывается только в том случае, если стандартом на данный вид шайбы такой толщины не предусмотрено. Марка материала указывается только в том случае, если шайба изготовлена из материала не соответствующего техническим требованиям, установленным ГОСТ 18123 - 82. При отсутствии покрытия не указываются его условные обозначения и толщина. Примеры условных обозначений шайб приведены в таблице 4.

Таблица 3

Изображение и обозначение гаек

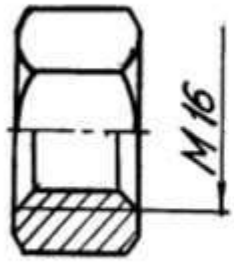
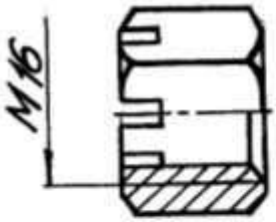
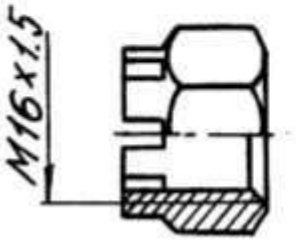
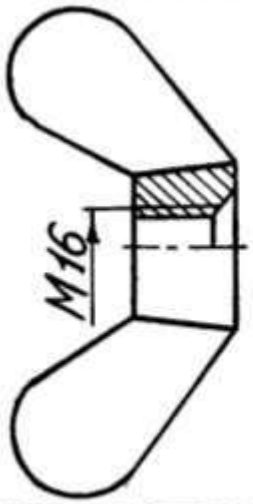
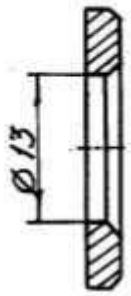
Изображение	Условные обозначения	Расшифровка обозначения
	Гайка М16-6Н.5 ГОСТ 5915-70	Гайка исполнения 1, с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса прочности 5, без покрытия.
	Гайка М16-6Н.5 ГОСТ 5918-73	Гайка класса точности В, исполнения 1, с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса точности 5, без покрытия.
	Гайка 2 М16×1,5-6Н.5.019 ГОСТ 5918-73	Гайка класса точности В, исполнения 2, с диаметром резьбы d=16 мм, с мелким шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса точности 5, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.
	Гайка М16-6Н.6 ГОСТ 3032-76	Гайка - барашек с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса прочности 6, без покрытия.

Таблица 4

Изображения и обозначения шайб

Изображение	Условные обозначения	Расшифровка обозначения
	Шайба 2.12 ГОСТ 11371-78	Шайба круглая исполнения 2 для крепежной детали диаметром 12 мм из материала , соответствующего техническим условиям, без покрытия
	Шайба 10 65 Г ГОСТ 6402-70	Шайба пружинная исполнения 1 для крепежной детали диаметром 10 мм из стали 65 Г, без покрытия

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

На сборочных чертежах и чертежах общего вида применяются упрощенные и условные изображения крепежных деталей. Эти изображения установлены ГОСТ 2.315 - 68; их применение в значительной мере сокращают затраты труда конструктора. Крепежные детали, у которых диаметр стержня на чертеже менее 2 мм, изображают условно. В остальных случаях следует применять упрощенные изображения. Пример упрощенного изображения соединения деталей болтом с шестигранной головкой приведен на рис. 1.

При выполнении упрощенного изображения болтового соединения применяются следующие упрощения:

- фаски, проточки, галтели не показываются;
- резьба изображается выполненной по всей длине цилиндрической части болта;
- на виде сверху внутренний диаметр резьбы не показывается;
- зазоры между соединяемыми деталями и стержнем болта не показываются;

- изображения крепежных деталей выполняются по относительным размерам.

Если в соединении применен болт с шестигранной головкой, то размеры изображения деталей определяем по формулам, приведенным на рис.3. Приведенные формулы не установлены стандартом и рекомендованы на основе длительного опыта конструкторских и чертежных работ.

Основными параметрами, в зависимости от которых определяются относительные размеры изображения, являются размеры резьбы болта и толщина соединяемых деталей. Длину болта определяем по формуле, приведенной на рис. 3. Полученное значение необходимо сравнить со стандартной величиной длины болта. Как правило, они не совпадают, в этом случае выбираем ближайшее стандартное значение.

Относительные размеры конструктивных элементов болтов с различными формами головки приведены на рис. 4 и на рис. 5.

На чертеже необходимо проставить следующие размеры:

- условное обозначение резьбы болта;
- длину болта;
- размер под ключ гайки.

Длина болта и размер под ключ определяются по таблице соответствующего стандарта. Для определения размеров изображений болтов других конструкций пользуемся рис. 4 и рис. 5.

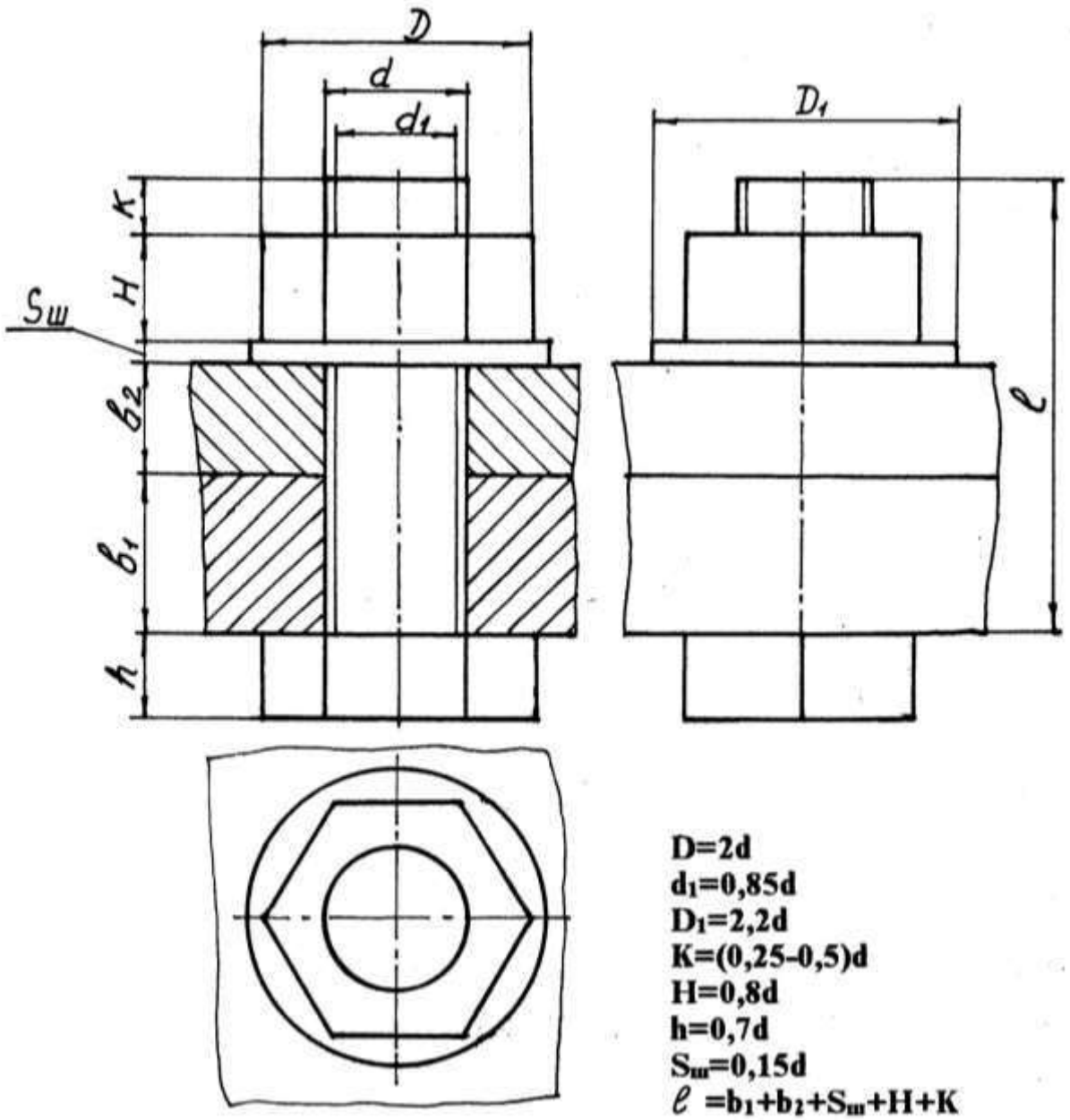


Рис. 3. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

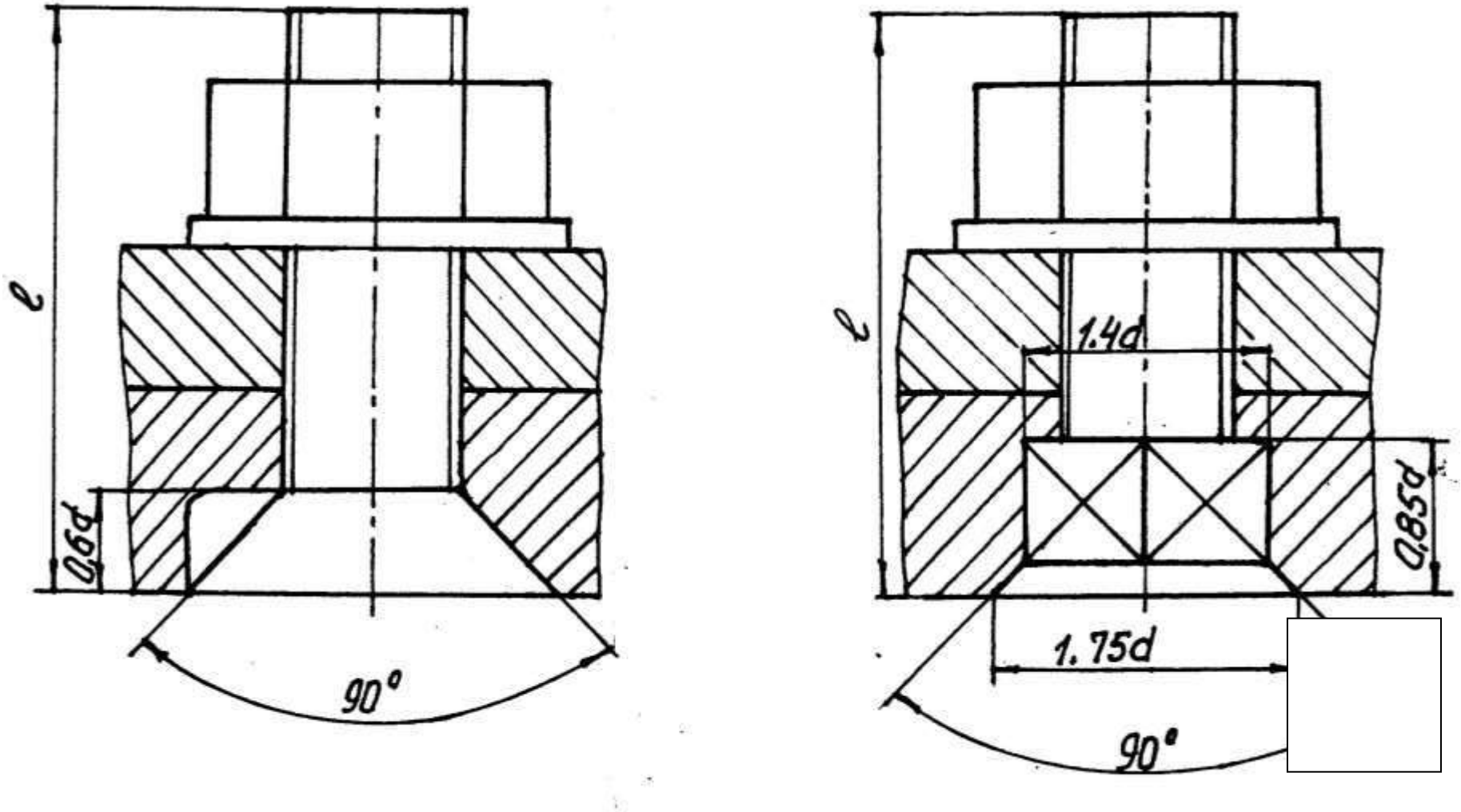


Рис. 4. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

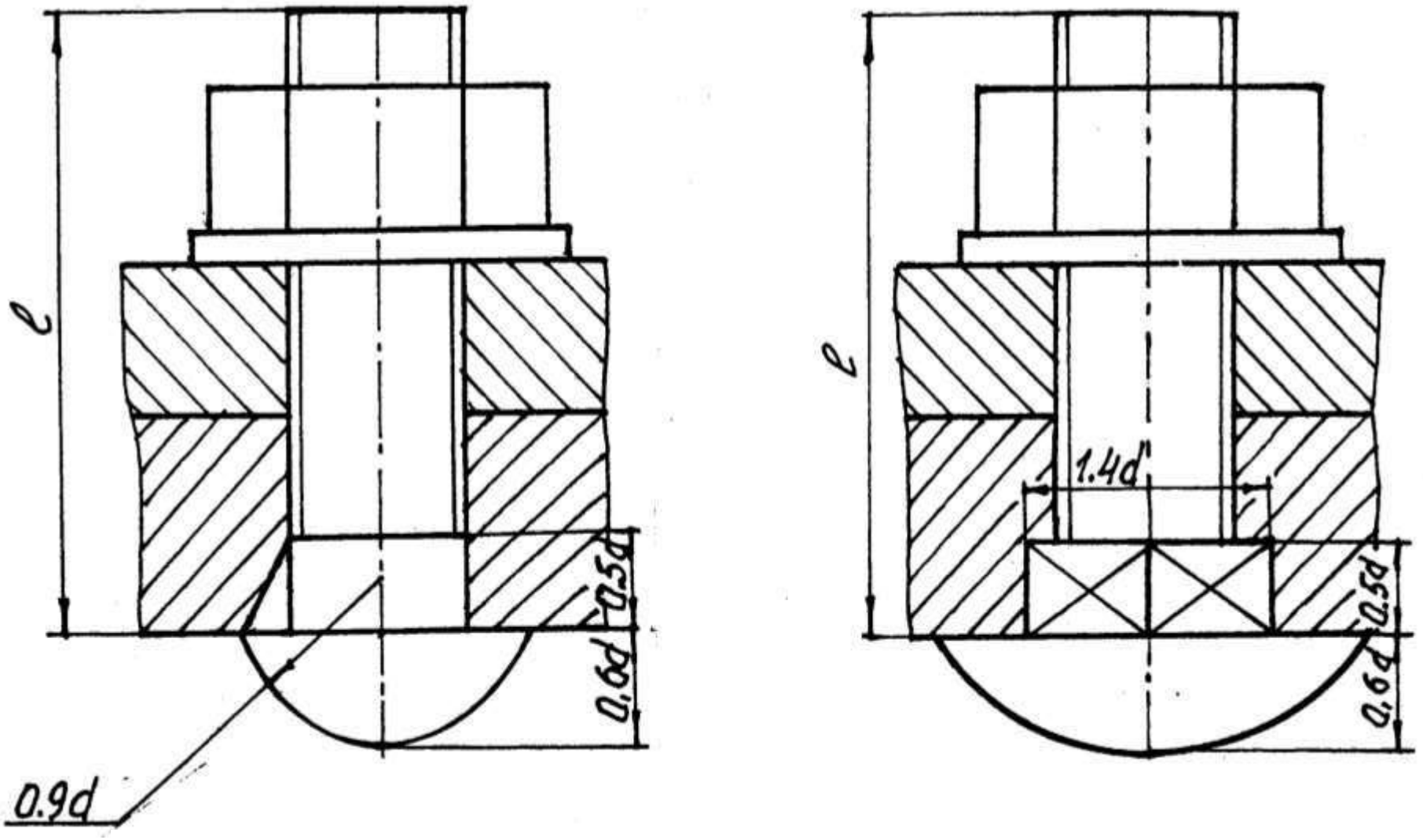


Рис. 5. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Анурьев В. И. Справочник конструктора – машиностроителя: в 3 т. т. 1. - 9 -е изд., перераб. и доп/ под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 928 с.: ил.

Чекмарев А. А., Осипов В. К. Справочник по машиностроительному черчению: учебное пособие. – М.: Высшая школа , 2008. – 493 с.

Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. – Изд. Альянс, 16-е изд., переработанное, 2007. – 416 с.

Методическое пособие по выполнению индивидуальной графической работы «Эпюр №2» по дисциплине «Начертательная геометрия. Инженерная графика» для студентов направления 553200 – «Геология и разведка полезных ископаемых». /Е. И. Шангина. - 2-е издание, стереотипное. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 24 с.

В работе рассмотрены теоретические вопросы по курсу «Проекции с числовыми отметками». Предложена методика решения задач по темам «Многогранники», «Сечение многогранника плоскостью», «Развертки», «Преобразование чертежа».

Методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 19.06.2001 года (протокол №2) и рекомендовано для издания в УГГГА.

Р е ц е н з е н т – В. Н. Бабич, канд. техн. наук, доцент УГГГА

© Шангина Е. И., 2001

© Шангина Е. И., 2003

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2001

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2003

ВВЕДЕНИЕ

Данная методическая разработка предназначена для оказания помощи студентам при выполнении самостоятельной графической работы «Эпюр №2» курса «Начертательная геометрия. Инженерная графика».

Работа содержит методические указания по ее выполнению. При выполнении эпюра студент решает следующие задачи:

1. Построение заданного многогранника в проекциях с числовыми отметками.
2. Сечение многогранника плоскостью общего положения.
3. Построение натуральной величины фигуры сечения.
4. Построение развертки многогранника с нанесением линии сечения.

Работа выполняется в масштабе 1:1000 на формате А2 в соответствии с требованиями ЕСКД, основная надпись по форме 1. Исходные данные приведены в таблице 1. Пример выполнения приведен на рис. 1.

Пример 1

Задание.

В проекциях с числовыми отметками:

1. Построить правильную шестигранную пирамиду, основание которой принадлежит плоскости **ОАВ**. Точка **О** является центром описанной окружности правильного шестиугольника (центр тяжести) - основания пирамиды (**I, II, III, IV, V, VI**). Сторона основания (**I-II**) **a**=50 и параллельна основной плоскости проекций $\mathbf{H_0}$. Высота пирамиды **h**=150.

Координаты точек плоскости основания:

точка **О** (150, 90, 60);

точка **А** (100, 0, 80);

точка **В** (25, 110, 20).

2. Построить сечение заданной пирамиды плоскостью общего положения Σ_i. Плоскость Σ_i проходит через точку **А**. Азимут падения α секущей плоскости Σ_i совпадает с азимутом падения плоскости основания. Угол падения плоскости Σ_i: $\delta=30°$.

3. Построить натуральную величину фигуры сечения пирамиды плоскостью Σ_i.

4. Построить развертку боковой поверхности пирамиды с нанесением линии сечения.

Задача 1. 1. Построение пирамиды

По заданным координатам на плане строим точки **О**, **А**, **В** (рис. 1).

В плоскости **ОАВ** строим горизонталь, проходящую через т.**О**. На заложении отрезка прямой $\mathbf{A_{80}B_{20}}$ находим точку **С** с высотной отметкой, равной высотной отметке точки **О**, т.е. **60**. Для этого проградуируем отрезок **АВ**. Из точки **А** на плане проводим прямую под произвольным углом, на которой откладываем отрезок, равный разности координат высотных отметок $\mathbf{A_{80}}$ и $\mathbf{B_{20}}$, т.е. **60**. Затем на этой же прямой от точки **А** откладываем отрезок, равный разности координат $\mathbf{A_{80}O_{60}}$, т.е. **20**. С помощью подобных треугольников на заложении $\mathbf{A_{80}B_{20}}$ находим точку $\mathbf{C_{60}}$. Соединив точки $\mathbf{C_{60}}$ и $\mathbf{O_{60}}$, находим горизонталь плоскости основания (рис. 1).

Для построения основания правильной пирамиды строим ее профиль и натуральную величину правильного шестиугольника. На плане (рис. 1) наносим новую декартову систему координат $\bar{\mathbf{O}}\bar{\mathbf{x}}\bar{\mathbf{y}}\bar{\mathbf{z}}$, где ось $\bar{\mathbf{x}}$ проходит через точку $\mathbf{O_{60}}$ и перпендикулярна горизонтали плоскости $\mathbf{O_{60}C_{60}}$. Ось $\bar{\mathbf{y}}$ перпендикулярна оси $\bar{\mathbf{x}}$ (проводится в удобном месте). Ось $\bar{\mathbf{z}}$ совпадает с $\bar{\mathbf{O}}$.

На свободном поле чертежа строим профиль (рис. 2), проходящий через $\bar{\mathbf{z}}\bar{\mathbf{x}}$, а ось $\bar{\mathbf{y}}$ проецируется в точку и совпадает с $\bar{\mathbf{O}}$. На профиле строим точки $\mathbf{A_{80}}$, $\mathbf{O_{60}}$ и $\mathbf{B_{20}}$, которые должны находиться на прямой (коллинейны). Они определяют след плоскости основания пирамиды.

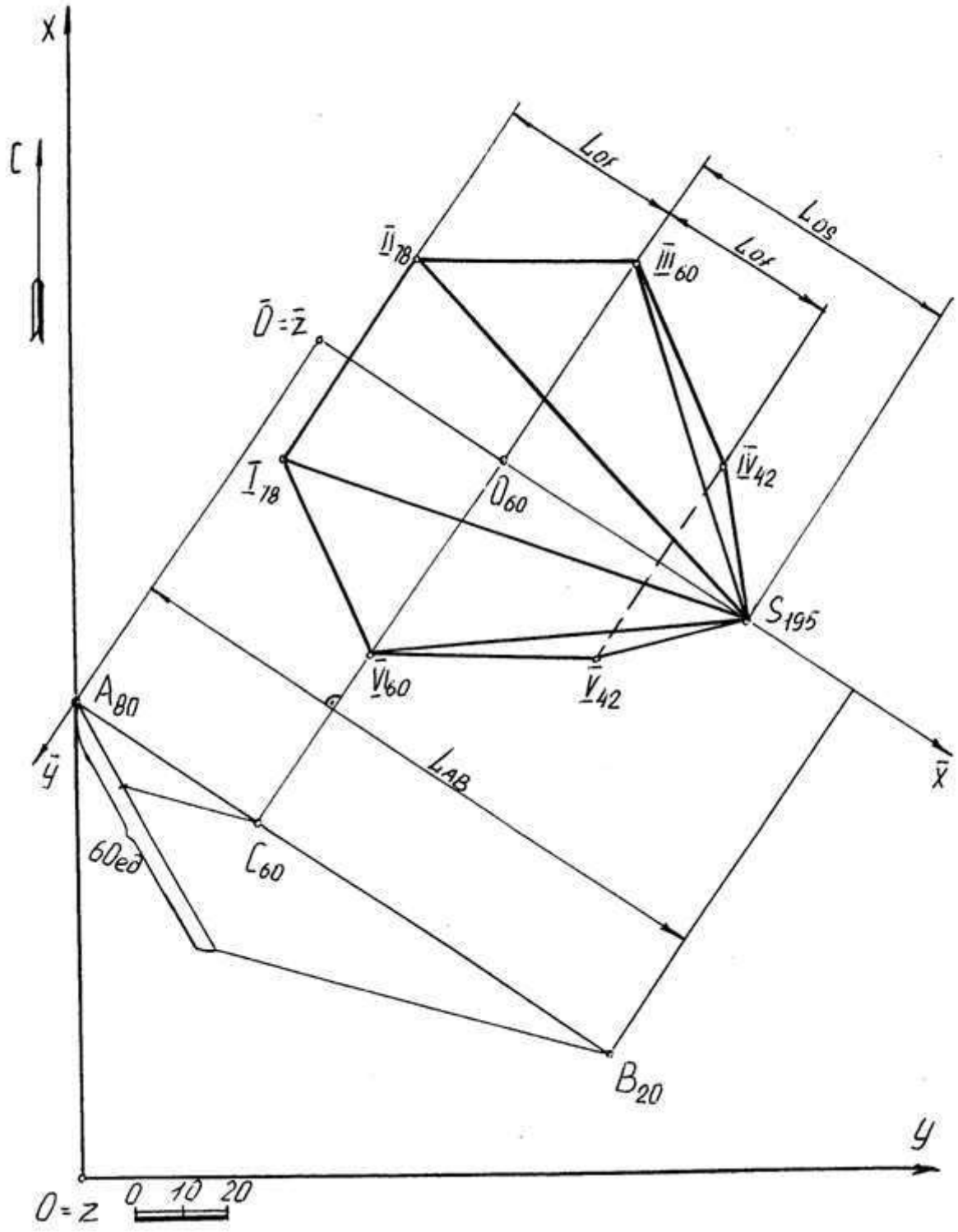

X
C
Lоб
Lоб
Lоб
II 18
III 60
O = z
I 18
O 60
IV 42
S 195
V 60
V 42
A 80
y
x
LAB
60ед
C 60
B 20
y
O = z
0 10 20

Рис. 1

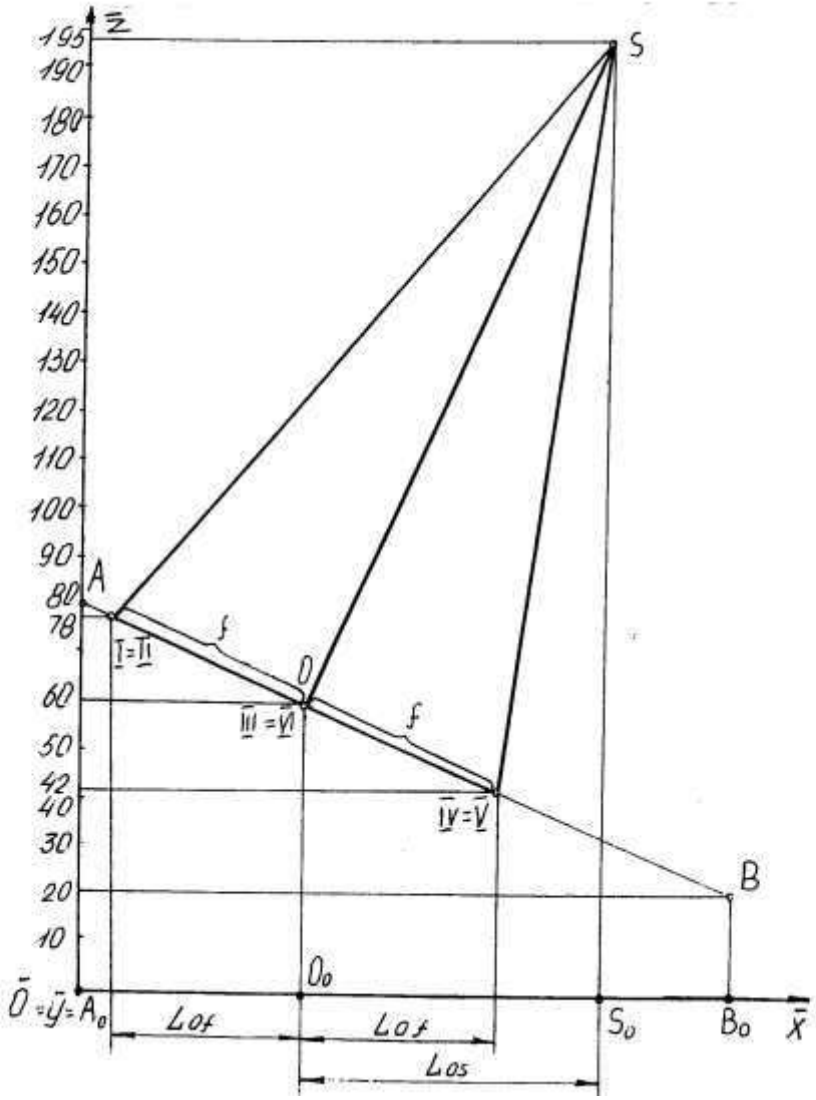


Рис. 2

На свободном месте чертежа строим правильный шестиугольник, являющийся основанием пирамиды (рис. 3).

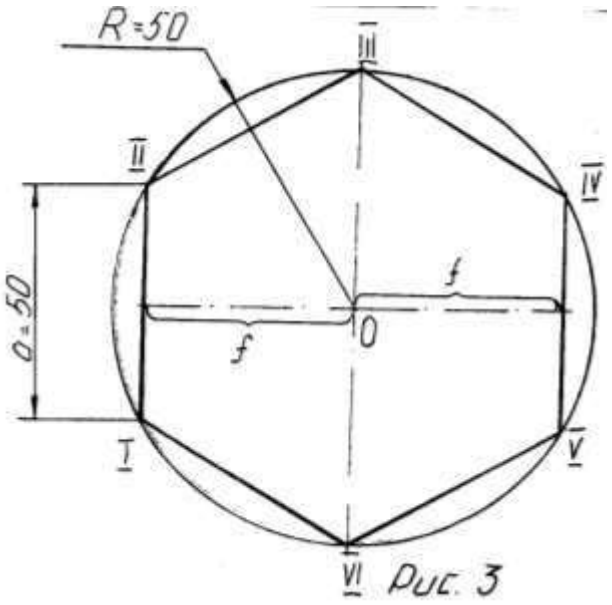


Рис. 3

Затем строим профиль основания пирамиды, т. е. правильный шестиугольник, принадлежащий плоскости основания, причем сторона **I-II** проецируется в точку (по заданию), сторона **IV-V** проецируется в точку, симметричную относительно центра **O**, а точки **III VI** совпадают с центром основания **O**.

Находим высоту пирамиды, которая проходит через точку O перпендикулярно к основанию и равна **h=150** (по заданию). Вершину пирамиды **S** соединяем с точками основания пирамиды и определяем на профиле ее высотную отметку, которая равна **195**.

Построенную на профиле пирамиду переносим на план (рис. 1), используя заложения $\mathbf{L_{of}}$, $\mathbf{L_{os}}$, причем точки (**I**, **II**), (**V**, **IV**), (**VI**, **III**) лежат на горизонталях, высотные отметки которых найдены на профиле. Точка **S** находится на перпендикуляре к горизонтали основания, проходящей через точку $\mathbf{O_{60}}$ на расстоянии $\mathbf{L_s}$.

Полученные точки последовательно соединяем друг с другом и определяем видимость.

Задача 1.2. Сечение тела плоскостью

На профиле строим секущую плоскость Σ_j (рис. 4), которая будет проецироваться в виде прямой линии, т. к. азимут падения α совпадает с азимутом падения основания пирамиды (по заданию). Плоскость Σ_j проходит через точку А под заданным углом падения δ**=30°**. Секущая плоскость Σ_j пересекает ребра пирамиды в точках **D**, **E**, **F**, **K**, **M**, **N**. Полученные точки с профиля переносим на план (рис. 5) с помощью пропорционального деления (если точка делит отрезок в некотором отношении, то и любая проекция этой точки делит проекцию этого отрезка в том же отношении (рис. 6)).

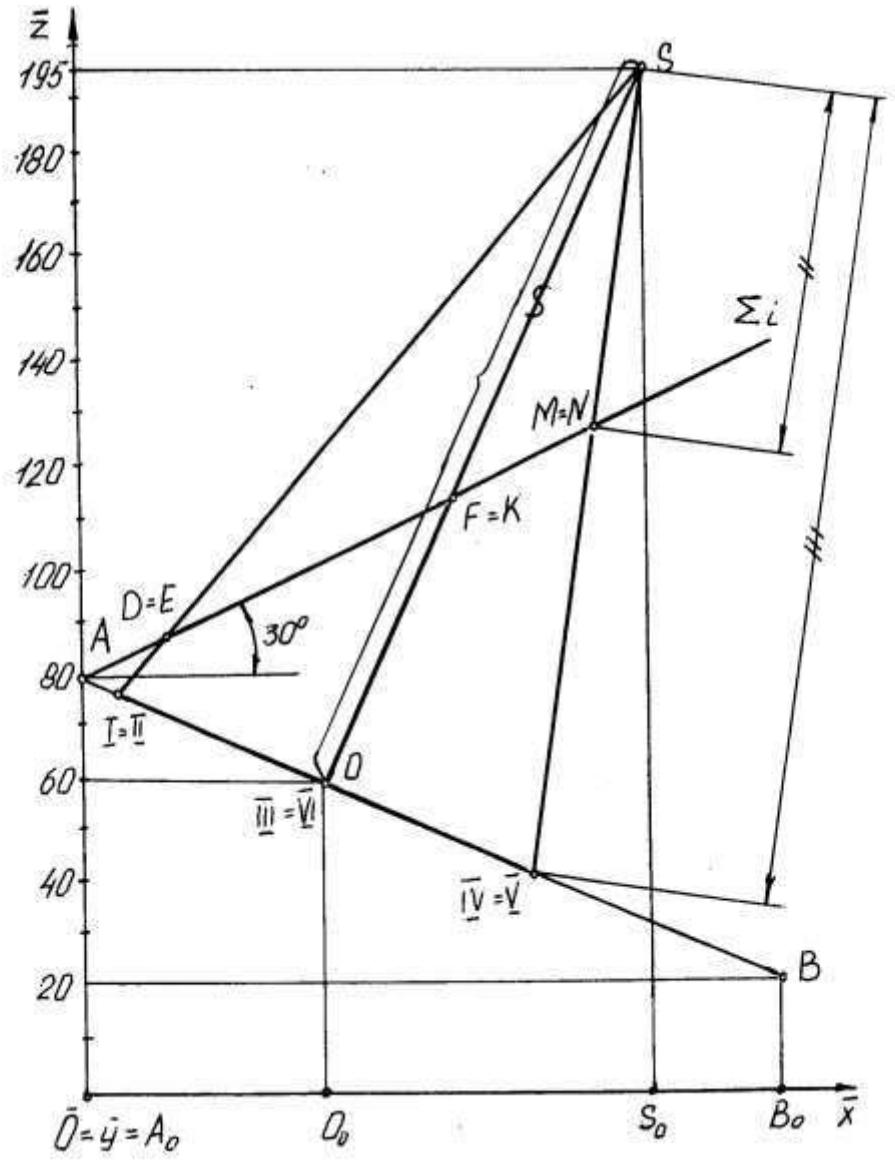


Рис. 4

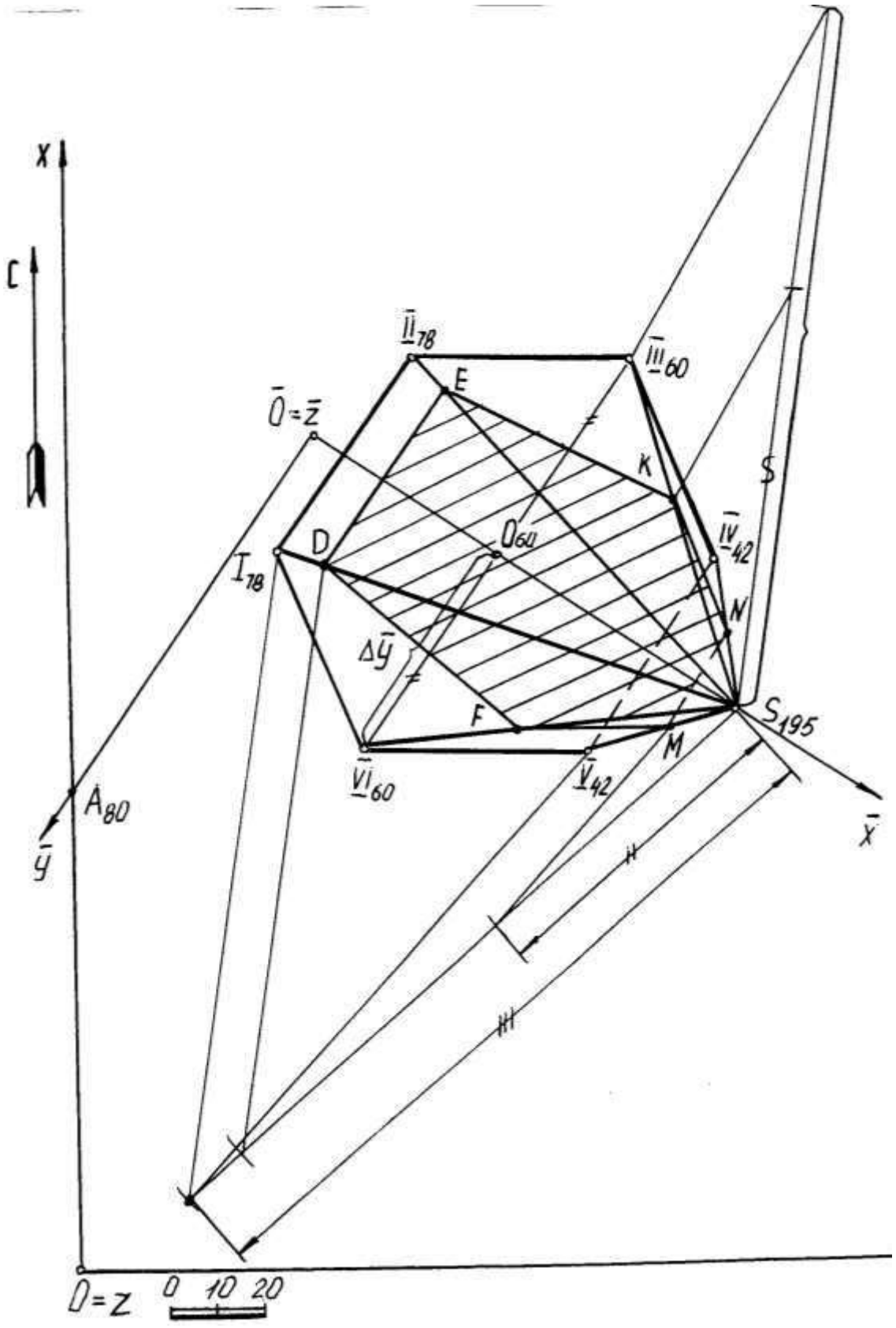

X
C
$\bar{O}=\bar{z}$
$\bar{II}_{78}$
$\bar{III}_{60}$
E
K
S
D
O_{60}
$\bar{IV}_{42}$
I_{78}
N
$\Delta\bar{y}$
F
S_{195}
M
$\bar{VI}_{60}$
$\bar{V}_{42}$
A_{80}
$\bar{y}$
$\bar{x}$
II
III
$O=z$
0 10 20

Рис. 5

Полученные точки **D**, **E**, **F**, **N**, **M** лежат на проецирующих прямых (**DE**), (**FK**) (**NM**), являющихся горизонталями (см. рис. 4), поэтому на плане стороны сечения **DE** и **NM** параллельны горизонталям основания пирамиды, а точки **F** и **K** принадлежат одной горизонтали плоскости сечения (рис. 5).

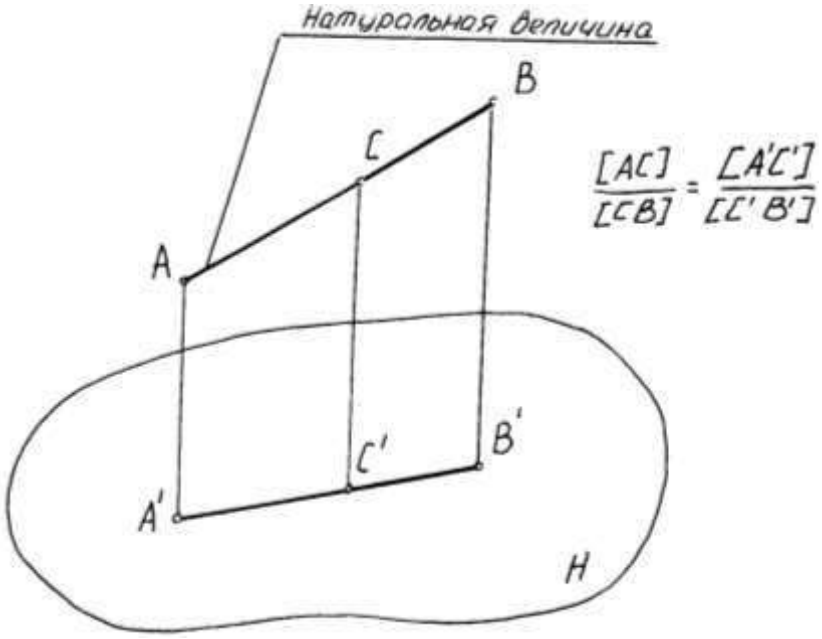


Рис. 6

Задача 1.3. Построение натуральной величины фигуры сечения

Для определения натуральной величины фигуры сечения воспользуемся методом замены плоскостей проекций на профиле, т. к. сечение на этой проекции является проецирующим (рис. 7).

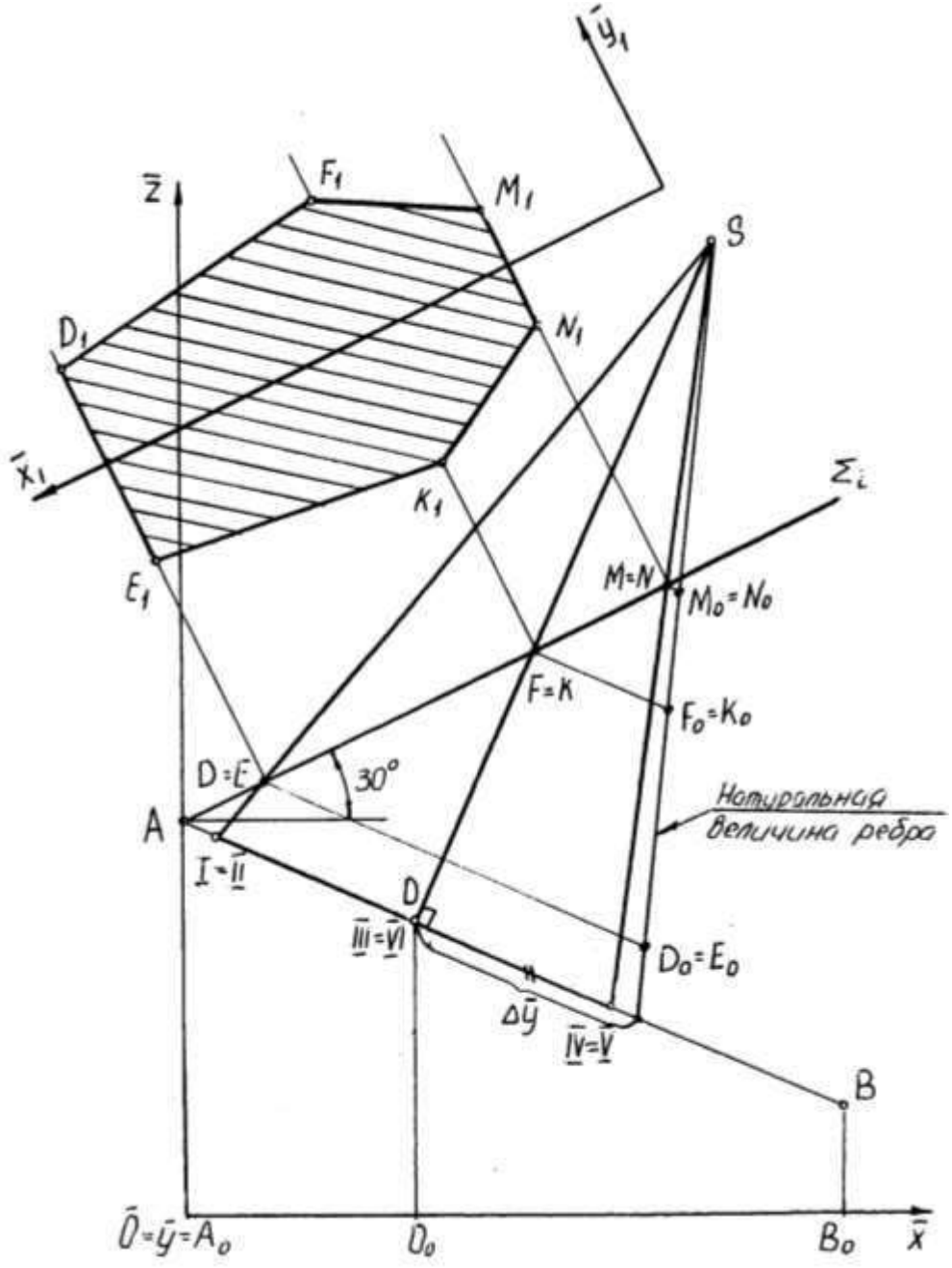


Рис. 7

Новую ось $\bar{x}_1$ выбираем параллельно секущей плоскости Σ_i в удобном для нас месте. Из точек **D,E,F,K,N,M** проводим линии связи перпендикулярно к оси $\bar{x}_1$, на которых откладываем (от оси $\bar{x}_1$) координаты $\bar{y}$ каждой точки, взятой с плана (рис. 5), причем точки E_1, K_1, N_1 имеют отрицательные координаты. Полученные точки последовательно соединяем ломаной линией и получаем натуральную величину фигуры сечения.

Задача 1.4 Построение развертки боковой поверхности пирамиды

Для построения развертки строим натуральную величину ребра правильной пирамиды на профиле (рис. 7) методом прямоугольного треугольника - одним катетом которого является ребро **S III** (**S YI**), другим катетом прямого угла, который совпадает с основанием пирамиды, является разность координат $\Delta \bar{y}$ концов отрезка, взятых с плана (рис.5). Гипотенуза прямоугольного треугольника есть натуральная величина всех ребер пирамиды.

Для определения линии сечения на развертке, на натуральную величину ребра переносим (в пропорциональном отношении) точки сечения $D_0E_0F_0K_0M_0N_0$ (рис. 7).

На свободном поле чертежа выбираем произвольную точку **S** и проводим дугу окружности радиусом, равным натуральной величине ребра пмрамиды (рис. 8).

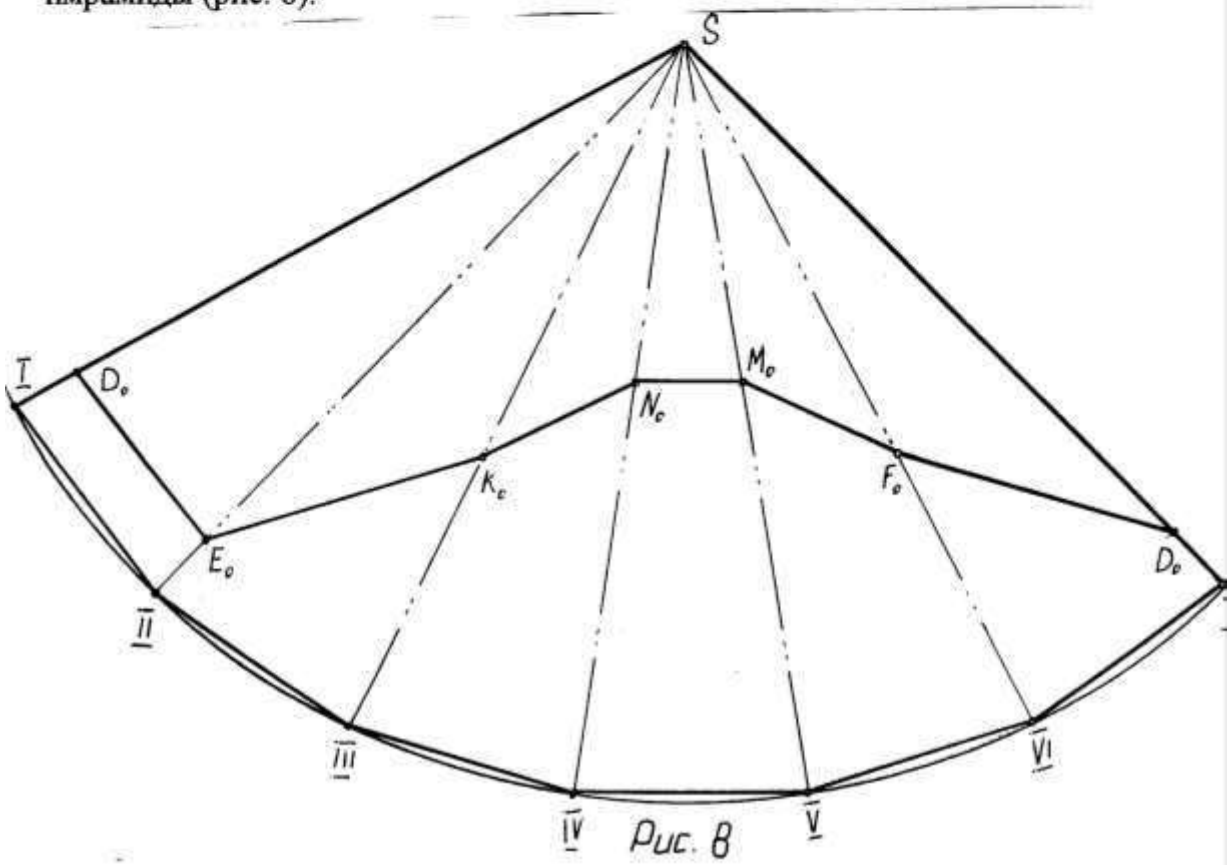


Рис. 8

На полученной дуге откладываем шесть одинаковых отрезков, равных стороне основания правильной пирамиды. Последовательно соединяем найденные точки и получаем развертку боковой поверхности пирамиды.

Для построения линии сечения на развертке переносим точки $\mathbf{D_0\ E_0\ F_0\ K_0\ N_0\ M_0}$, взятые с профиля натуральной величины (рис. 7), на соответствующие ребра развертки пирамиды. Полученные точки последовательно соединяем ломаной линией. Построение развертки боковой поверхности пирамиды осуществляется таким образом, так как у правильной пирамиды все боковые ребра одинаковые.

Пример 2

Задание:

В проекциях с числовыми отметками:

1.Построить трехгранную призму, основание которой принадлежит плоскости **OAB**. Точка **O** - центр описанной окружности правильного треугольника нижнего основания, одна сторона которого параллельна основной плоскости проекций H_0. Радиус описанной окружности **R**=50.

Точка **O′** - центр описанной окружности правильного треугольника (тяжести) верхнего основания. Координаты точек:

точка **O** (150; 90; 60);

точка **O′** (100; 120; 190);

точка **A** (100; 0; 80);

точка **B** (25; 110; 20).

2.Построить сечение заданной призмы плоскостью Σ_i. Плоскость Σ_i проходит через точку **L** и перпендикулярна к боковым ребрам призмы. Точка **L** задана координатами: **L** (110; 160; 70).

3.Построить натуральную величину фигуры сечения призмы плоскостью Σ_i .

4.Построить развертку боковой поверхности призмы с нанесением линии сечения.

Задача 2.1 Построение призмы

По заданным координатам на плане строим точки **O**, **A**, **B**, **O′**. В плоскости **Δ OAB** находим горизонталь, проходящую через точку **O** (см. задачу 1.1).

Для построения нижнего основания призмы на плане строим профиль плоскости **OAB** методом замены плоскостей проекций (рис. 9) и натуральную величину правильного треугольника **I II III** (рис. 10).

На плане (рис. 9) наносим новую декартову систему координат $\bar{O}\bar{x}\bar{y}\bar{z}$, где ось $\bar{x}$ перпендикулярна горизонтали плоскости $O_{60}C_{60}$ (выбирается в удобном для нас месте). Ось $\bar{y}$ перпендикулярна оси $\bar{x}$ и проходит через точку **A**.

В новой системе координат $\bar{O}\bar{x}\bar{y}\bar{z}$, строим профиль плоскости нижнего основания, проходящие через точки $A_1O_1B_1$ (при правильном построении эти точки лежат на одной прямой). На построенном профиле находим нижнее основание призмы (рис. 9). Причем, сторона II_1-III_1 на профиле проецируется в точку (по заданию). На профиле определяем высотные отметки точек нижнего основания. Полученные точки с помощью линий связи переносим на план (сторона **II-III** проецируется в натуральную величину, а вершина **I** находится на линии ската, которая проходит через точку O_{60}). Точки I_{40} II_{70} III_{70} определяют нижнее основание призмы.

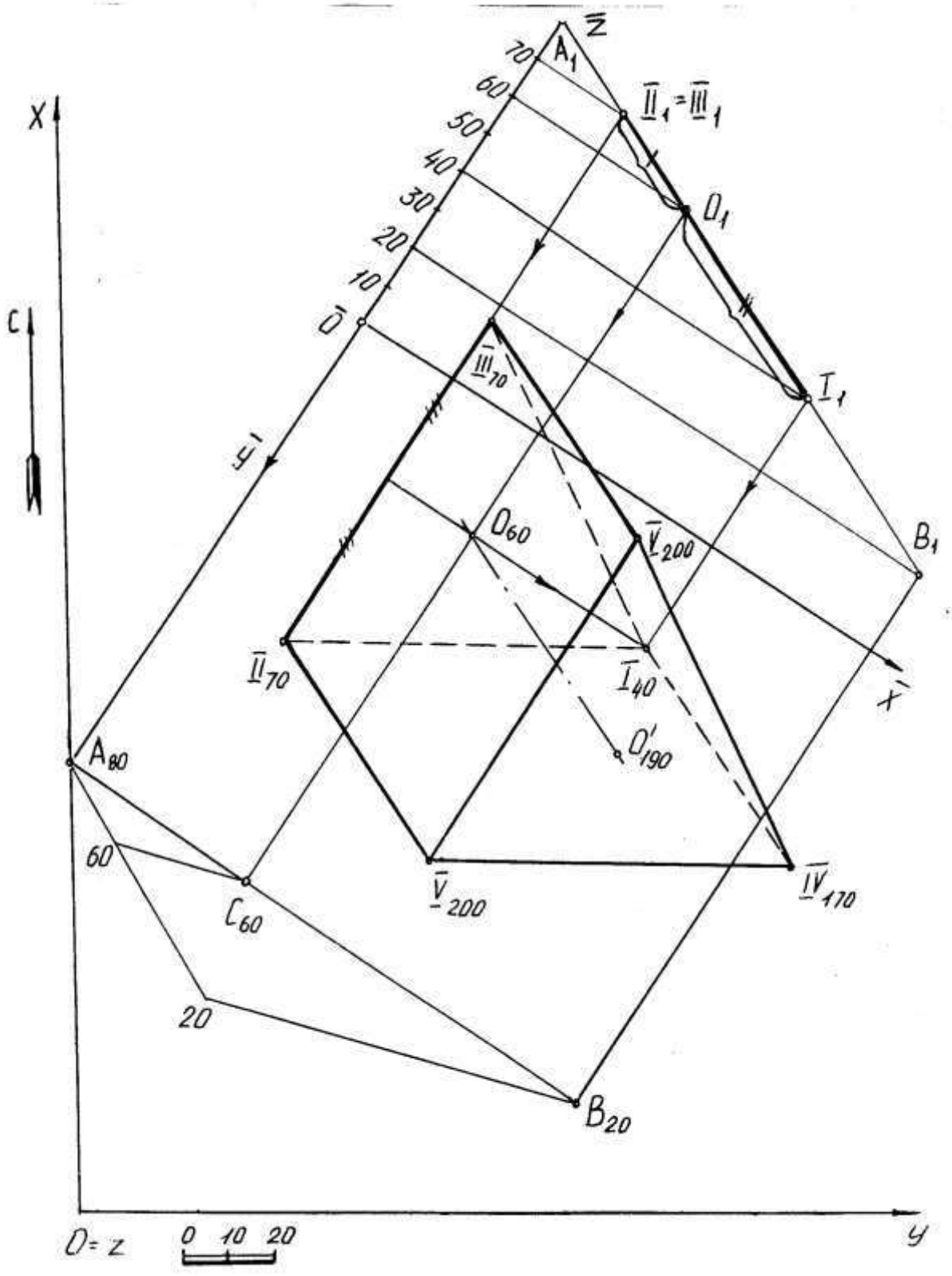

z
A1
70
60
50
40
30
20
10
0
II1 = III1
O1
III70
I1
B1
O60
V200
II70
I40
x
O'190
A80
60
C60
20
V200
IV170
B20
x
c
y1
O = z
0 10 20
y

Рис 9

Строим центр описанной окружности (центр тяжести) верхнего основания призмы **O′** по заданным координатам. Соединяем точки **O** и **O′** прямой линией. Из точек **I II III** нижнего основания призмы проводим прямые, параллельные и равные оси призмы **OO′**. Найденные точки **IV V VI** определяют верхнее основание искомой призмы. Последовательно соединяем найденные точки ломаной линией и определяем видимость ребер построенной призмы.

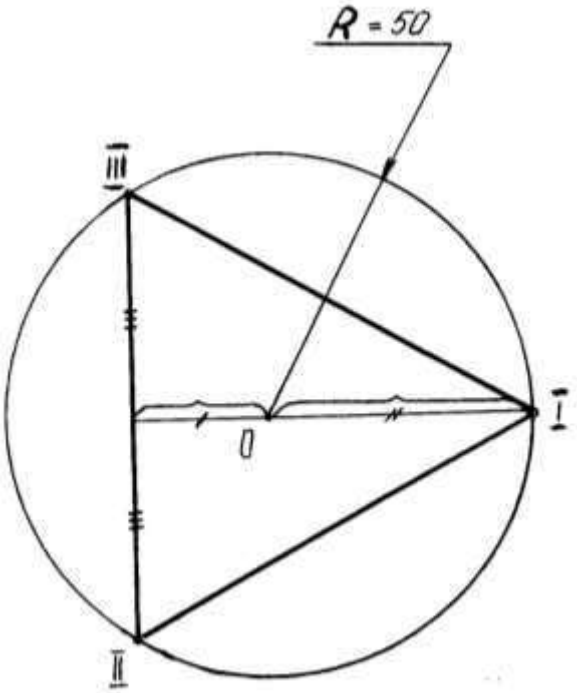


Рис 10

Задача 2.2. Сечение призмы плоскостью

По заданным координатам на плане строим точку L, через которую проходит плоскость Σi, перпендикулярная к боковым ребрам призмы (рис. 11).

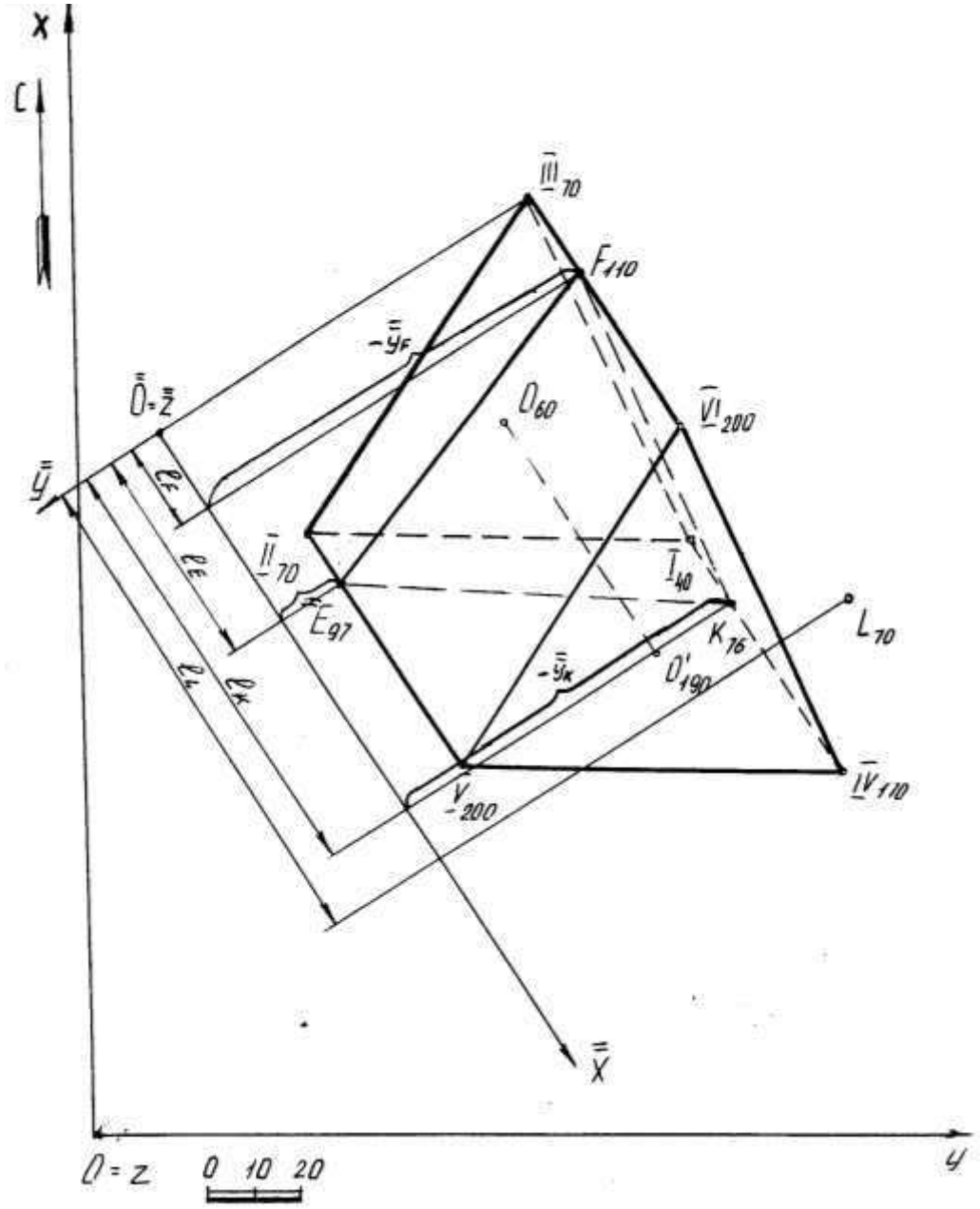


Рис. 11

Для нахождения плоскости Σ_i и сечения призмы этой плоскостью вводим новую декартову систему координат $\overline{\overline{Oxyz}}$ таким образом, чтобы боковые ребра призмы в этой системе (профиле) проецировались в натуральную величину. Следовательно, ось $\bar{\bar{x}}$ на плане проводим параллельно

боковым ребрам, ось $\bar{\bar{y}}$ перпендикулярна оси $\bar{\bar{x}}$ и проходит через точку $\mathbf{III_{70}}$. Ось $\bar{\bar{z}}$ совпадает с началом отсчета новой системы координат $\bar{\bar{O}}$ (рис. 11).

На свободном поле чертежа строим профиль призмы и секущей плоскости Σ_i в системе $\overline{\overline{Oxyz}}$ (рис. 12). Секущая плоскость Σ_i проходит через точку **L** и проецируется в виде прямой, перпендикулярной к боковым ребрам призмы (по заданию). Найденное сечение **FEK** переносим на план с помощью интервалов (l_F, l_E, l_K) и принадлежности. Определяют видимость сечения (если грань является видимой, то и линия, принадлежащая ей, видима).

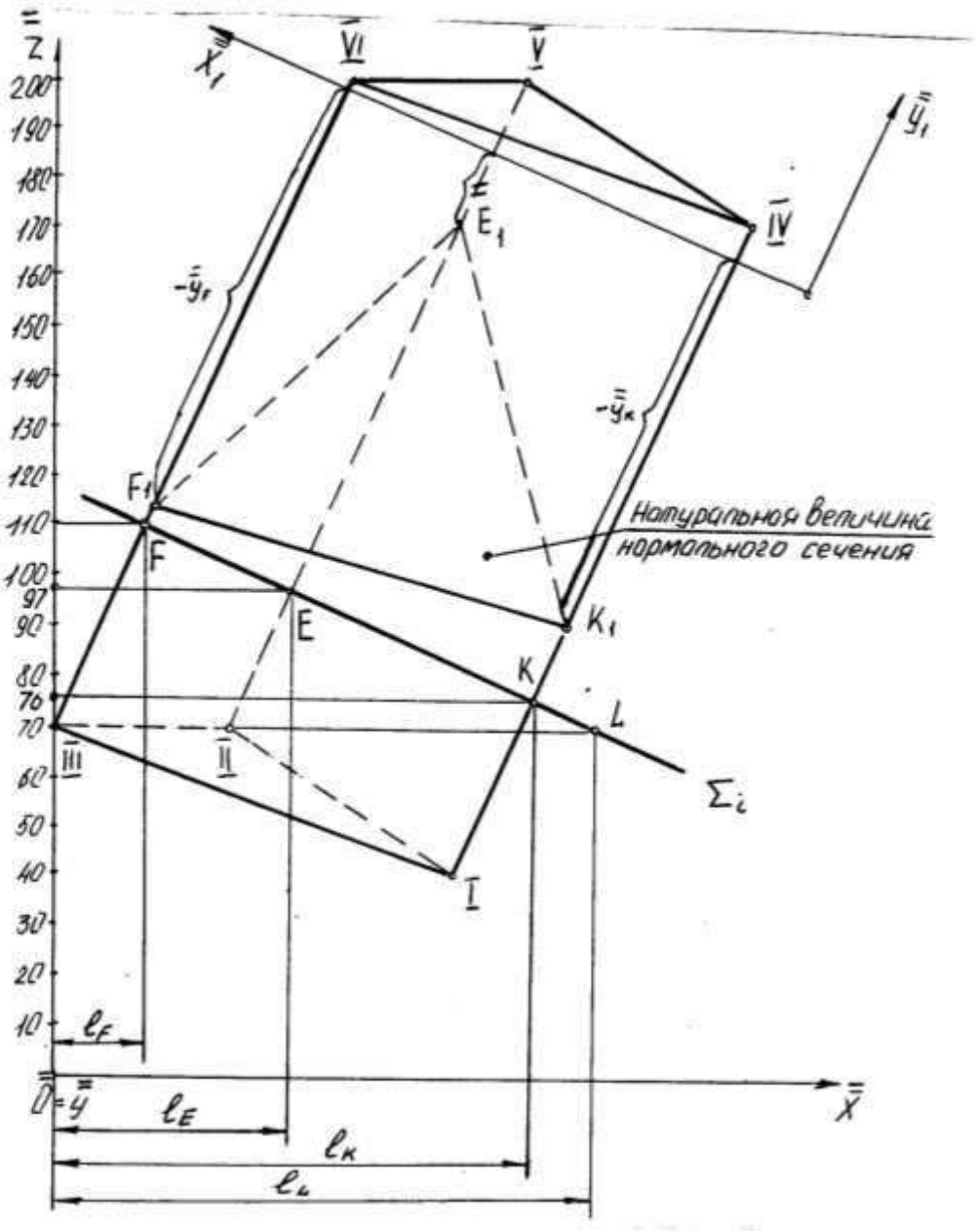


Рис. 12

Задача 2.3 Построение натуральной величины фигуры сечения (нормального сечения)

Для определения натуральной величины фигуры сечения воспользуемся методом замены плоскостей проекций на профиле (рис.12), т.к. сечение на этой проекции является проецирующим. Новую ось $\overline{\overline{x}}_1$ выбираем параллельно секущей плоскости Σ_i в удобном для нас месте. Из точек **F**, **E**, **K** проводим линии связи, перпендикулярные к $\overline{\overline{x}}_1$, на которых откладываем (от оси $\overline{\overline{x}}_1$) координаты $\overline{\overline{y}}$, взятые с плана (рис. 11). Причем, координаты $\overline{\overline{y}}$ точек являются отрицательными. Полученные точки последовательно соединяем ломаной линией и получаем натуральную величину фигуры сечения.

Задача 2.4 Построение развертки боковой поверхности призмы

Для построения развертки боковой поверхности призмы воспользуемся методом нормального сечения, т.к. плоскость Σ_i проходит перпендикулярно к боковым ребрам призмы, поэтому сечение **FEK** является нормальным. На свободном поле чертежа разворачиваем в прямую линию натуральную величину нормального сечения. Через точки **FEKF** проводим вертикальные линии и откладываем на них (от этих точек) расстояния, равные натуральной величине ребер до верхнего и нижнего основания призмы, взятые с профиля (рис. 13). Найденные точки последовательно соединяют ломаной линией.

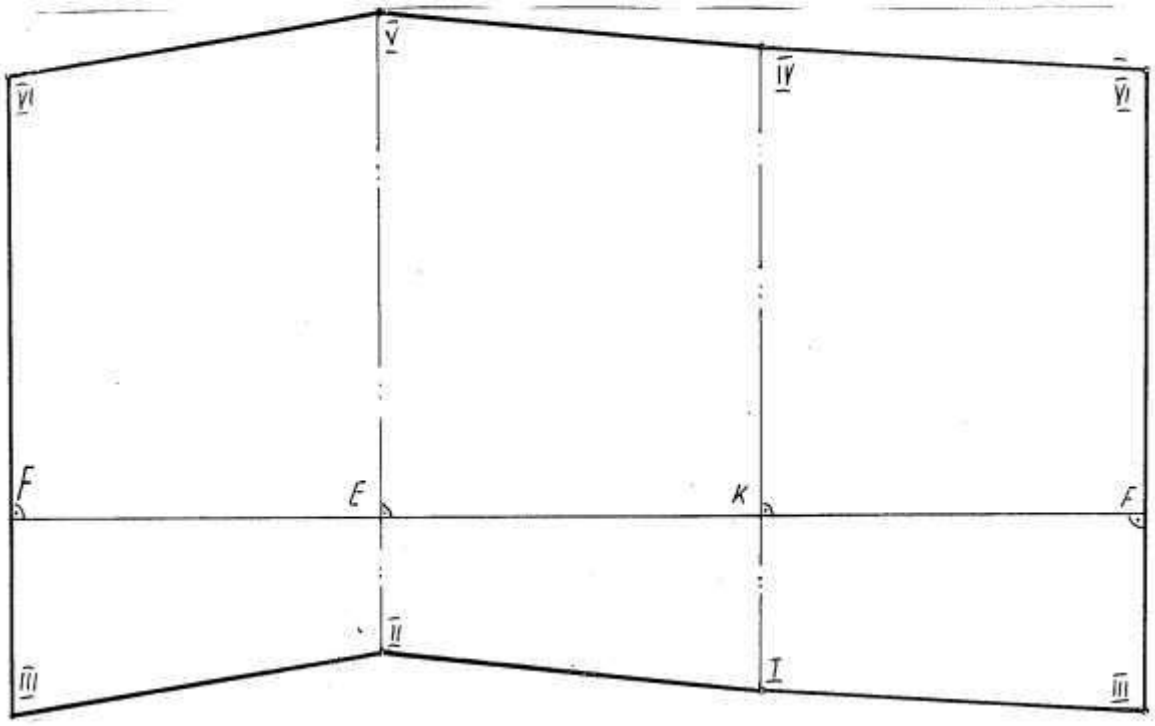


Рис. 13

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ТАБЛИЦА 1

Номер варианта	Секущая плоскость (угол падения) Σ_i	Пирамида		
		сторона основания (a)	высота (h)	Координаты точек A, B, O
1	30°	40	150	A: $x_A = 100$, $y_A = 0$, $z_A = 80$ B: $x_B = 25$, $y_B = 110$, $z_B = 20$ O: $x_O = 150$, $y_O = 90$, $z_O = 60$
3	25°	45	150	
5	20°	50	150	
7	15°	55	150	
9	10°	60	150	
11	0°	40	155	
13	5°	45	155	
15	10°	50	155	
17	15°	55	155	
19	20°	60	155	
21	5°	40	160	
23	10°	45	160	
25	15°	50	160	
27	20°	55	160	
29	25°	60	160	
31	30°	40	150	A: $x_A = 100$, $y_A = 0$, $z_A = 80$ B: $x_B = 30$, $y_B = 115$, $z_B = 250$ O: $x_O = 140$, $y_O = 80$, $z_O = 50$
33	25°	45	150	
35	20°	50	150	
37	15°	55	150	
39	10°	60	150	
41	0°	40	155	
43	5°	45	155	
45	10°	50	155	

Продолжение табл. 1

Номер варианта	Призма													Нормальная плоскость		
	R	O			O’			A			B			L		
		x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
2	40	100	50	50	65	125	180	150	30	100	100	130	30	30	110	50
4	40	100	55	50	65	130	185	150	35	100	100	125	30	35	110	55
6	45	100	60	60	65	140	190	150	40	100	100	120	30	30	110	60
8	45	100	65	65	65	145	180	150	20	100	100	115	30	30	110	65
10	50	100	70	70	65	150	170	150	15	100	100	110	30	30	110	65
12	50	150	90	60	95	115	195	110	0	70	20	120	25	105	155	75
14	55	145	85	60	110	120	190	100	0	80	25	110	20	110	160	75
16	45	155	85	60	95	115	195	105	0	80	15	105	20	100	150	80
18	50	110	50	45	50	130	160	160	5	110	110	105	40	30	100	50
20	45	110	55	50	50	135	165	160	10	110	110	110	40	25	100	45
22	40	110	60	55	50	140	170	160	15	110	110	115	40	20	100	55
24	35	110	65	60	50	145	175	160	20	110	110	120	40	35	100	60
26	50	110	70	65	50	150	180	160	25	110	110	125	40	30	100	45
28	40	95	40	60	120	130	160	170	0	120	120	100	50	80	130	60
30	35	95	45	65	120	135	165	170	5	120	120	105	50	85	135	65
32	40	95	50	70	120	140	170	170	10	120	120	110	50	90	140	70
34	40	95	55	75	120	145	175	170	15	120	120	115	50	80	130	70
36	35	95	60	80	120	150	180	170	20	120	120	120	50	85	135	60
38	35	80	30	55	130	135	185	140	10	90	90	110	20	80	150	70
40	30	80	35	60	130	140	190	140	15	90	90	115	20	85	150	75
42	35	80	30	65	130	145	195	140	20	90	90	120	20	80	150	70
44	40	80	35	70	130	150	100	140	25	90	90	125	20	85	150	75
46	40	80	40	75	130	150	105	140	30	90	90	130	20	90	150	80

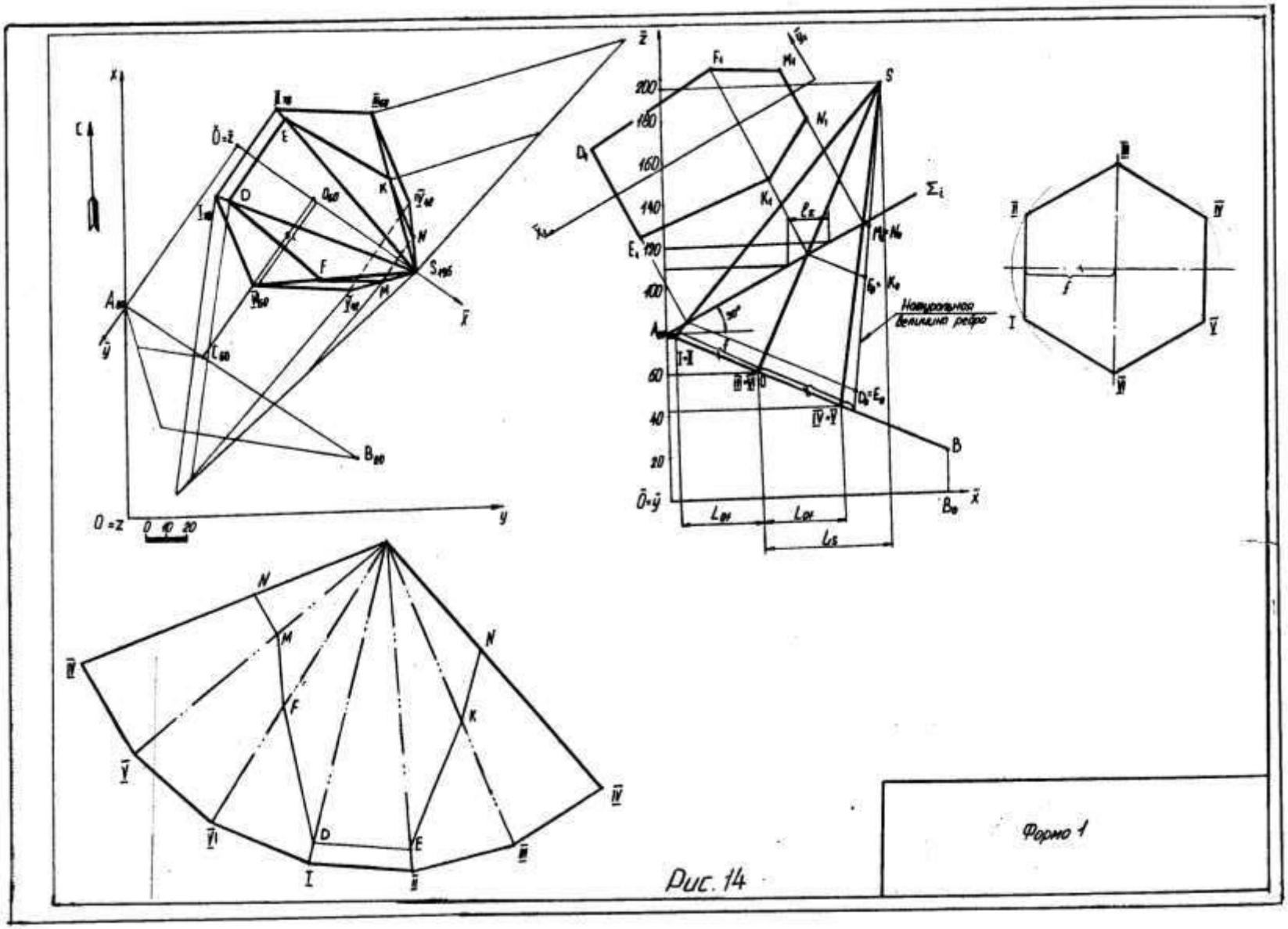


Рис. 14

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Шангина Елена Игоревна

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной графической
работы «Эпюр № 2» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Корректура кафедры инженерной графики

Подписано в печать 17.10.2003 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8
Печ. л. 1,6 Уч. - изд. 1,39. Тираж 150 экз. Заказ №128

Лаборатория педагогики
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ 4
2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА 4
3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА 6
4. ПРИЛОЖЕНИЕ 1 14
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 15

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие «Эпюр № 1выполнено на основе учебного пособия А. И. Образцова, изданного в 1953 году.

Данное пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении графической работы «Эпюр №1» по курсу «Начертательная геометрия».

Цель работы - научиться строить линию пересечения заданных плоских фигур, определять видимость этих фигур на проекциях.

Графическая работа «Эпюр №1» является первым самостоятельным заданием студента по дисциплине «Начертательная геометрия». Для выполнения этой работы студент должен изучить следующие разделы начертательной геометрии: «Точка и прямая», «Плоскость», «Взаимное положение прямой и плоскости», «Взаимное положение двух плоскостей».

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Графическая работа «Эпюр №1» выполняется в масштабе 1:1 на формате А3 (297×420 мм). В правом нижнем углу формата А3 студент выполняет основную надпись – форма 1 по ГОСТ 2.104-68. Пример заполнения основной надписи приведен в Приложении I. В левом верхнем углу формата выполняется дополнительная графа 26 (14×70 мм). Пример выполнения графической работы дан в Приложении I.

В соответствии с ГОСТ 2.303-68 задание выполняется следующими типами линий:

- линии видимого контура толщиной S, равной 0,6÷0,8 мм;
- линии построения – сплошные тонкие, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- линии невидимого контура – штриховые, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- следы вспомогательных плоскостей-посредников изображаются разомкнутыми линиями, длиной 8-10 мм, толщиной от 1,5 *S* до 2*S*.

2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА

Вариант задания включает в себя три различные геометрические плоские фигуры:

- фигура № 1 задана координатами трех точек, фигура № 2 (многоугольник) полностью задана координатами трех точек и оставшимися точками, у которых одна из координат заменяется условием их принадлежности к плоской фигуре № 2;

- фигура № 3 занимает проецирующее положение (фронтально-проецирующее или горизонтально-проецирующее) и задается очерком в виде кольца, серпа, круга или его части.

Выполнение эпюра состоит из графического решения нескольких задач:

1) достроить недостающую проекцию многоугольника;
2) построить проекции линии пересечения треугольника *ABC* и многоугольника;
3) построить проекции линии пересечения: треугольника с плоскостью частного положения; многоугольника с плоскостью частного положения;
4) определить видимость элементов фигур на чертеже, считая фигуры непрозрачными.

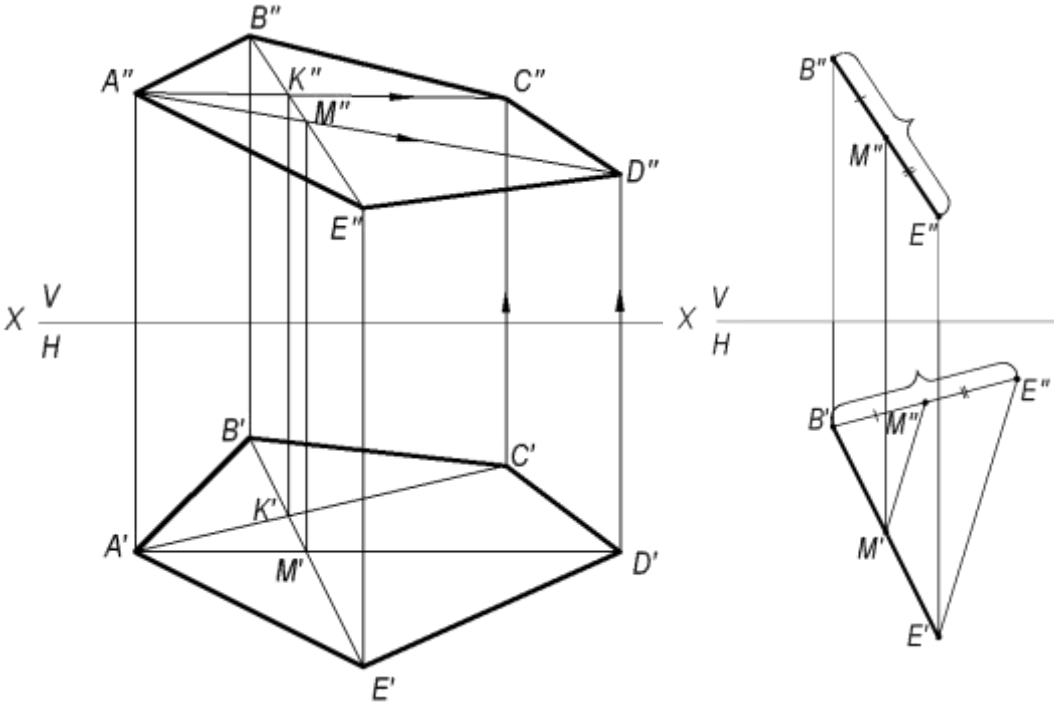
Исходные данные заданы численными значениями координат и сведены в таблицу.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА

Для выполнения графической работы студенту необходимо решить ряд задач.

Задача 1. Построение исходного чертежа многоугольника (рис. 1).

Горизонтальная проекция многоугольника *ABCDE* задана полностью, а фронтальная проекция только тремя проекциями точек *A″B″E″*. Необходимо достроить фронтальную проекцию точек *C* , *D*. При построении недостающей проекции заданного многоугольника необходимо соблюдать условие принадлежности точек данной фигуры к плоскости. Чтобы точки *C, D* лежали в плоскости, определенной тремя точками *A*, *B* и *E*, необходимо, чтобы они находились на прямых, лежащих в этой плоскости. Этими прямыми являются диагонали *AC*, *AD* и *BE*, горизонтальные проекции которых можно построить (рис. 1*а*).



а) *б*)

Рис. 1. Построение исходного чертежа многоугольника:

а- построение недостающих проекций вершин многоугольника; *б*- пропорциональное деление отрезка *BE*

На фронтальной проекции пятиугольника проводят проекцию диагонали *B″E″*. В плоскости пятиугольника лежат точки пересечения диагоналей *K* и *M*, горизонтальные проекции которых *K′* и *M′* имеются, а фронтальные проекции получаются в результате пересечения линий проекционной связи, проведенных из *K′* и *M′*, с диагональю *B″E″*. По двум точкам строятся фронтальные проекции других двух диагоналей *A″K″* и *A″M″*, на них должны лежать проекции точек *C″* и *D″*, которые определяются по их горизонтальным проекциям.

В случае, если линия совпадает по направлению с линией проекционной связи или круто наклонена к оси проекций, то недостающая проекция точки строится из условия пропорционального деления отрезка: если точка делит отрезок на пропорциональные части, то проекция этой точки делит проекции этого отрезка в том же отношении. На рис. 1*б* нужно построить горизонтальную проекцию точки *M′*. Из проекции точки *B′* проводят линию под углом меньше 90° к *B′E′* и на ней от проекции точки *B′* откладывают отрезки равные *B″M″* и *B″E″*. Соединяют *E′* и *E″* и параллельно этому направлению проводят от M″ линию до пересечения с *B′E′*. Получают искомую горизонтальную проекцию *M′*.

Задача 2. Построить точку пересечения прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*.

Если прямая линия не параллельна плоскости, то она пересекает эту плоскость в действительной точке (см. рис. 2).

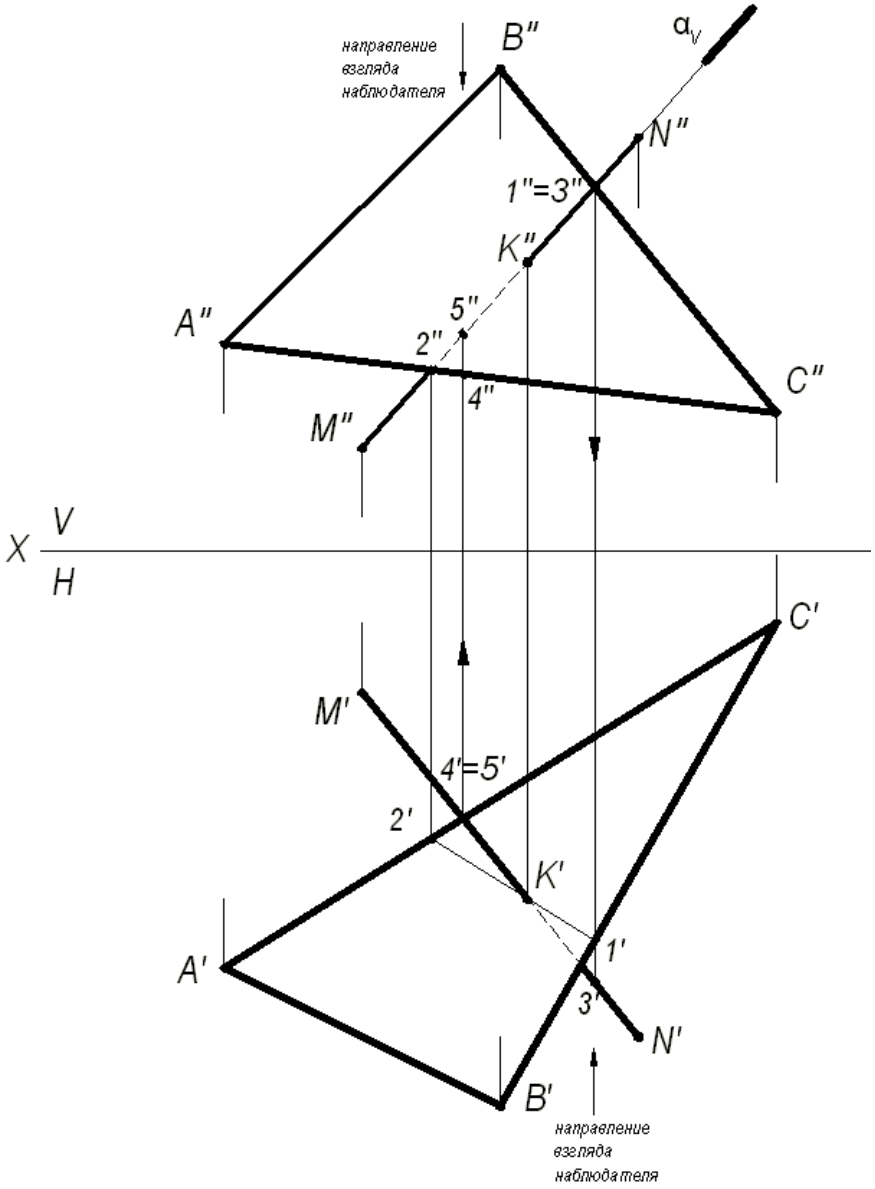


Рис. 2. Построение точки пересечения прямой с плоскостью

Алгоритм решения задачи:

1) Через заданную прямую *MN* проводим вспомогательную плоскость-посредник α, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций *V* все точки плоскости-посредника α будут проецироваться в прямую линию, совпадающую с фронтальной проекцией прямой *M″N″*.

2) Находим линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника α с заданной плоскостью треугольника *ABC*. На чертеже линия (1,2).

3) Находим искомую точку пересечения *K* прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*. Она определяется как пересечение искомой прямой с найденной линией пересечения вспомогательной плоскости-посредника с плоскостью треугольника *ABC*.

Определение видимости на чертеже.

В начертательной геометрии плоскости считаются непрозрачными, поэтому необходимо на проекциях определить видимость.

Для определения видимости на чертеже используем метод конкурирующих точек, сущность которого заключается в выборе двух скрещивающихся прямых.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* поступают так. Выбираем две скрещивающиеся прямые *B″C″* и *M″N″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1 и 3. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 3′, лежащая на проекции прямой *M′N′*, будет закрывать проекцию точки 1′, лежащую на проекции прямой *B′C′*, т. к она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций проекция *M″N″* будет закрывать проекцию *B″C″*. Границей видимости является проекция точки пересечения К″.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций *H* выбираем две скрещивающиеся прямые *A′C′* и *M′N′*, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 4′ и 5′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 5″, лежащая на проекции прямой *M″N″*, будет закрывать проекцию точки 4″, лежащую на проекции прямой *A″C″*, т. к. она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекций проекция *M′N′* будет закрывать проекцию *A′C′*. Границей видимости является проекция точки пересечения *K′*.

Задача 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение.

Даны две плоскости: плоскость Δ*ABC* – плоскость общего положения, плоскость Δ*DEK* – плоскость частного положения, которая расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций (рис. 3).

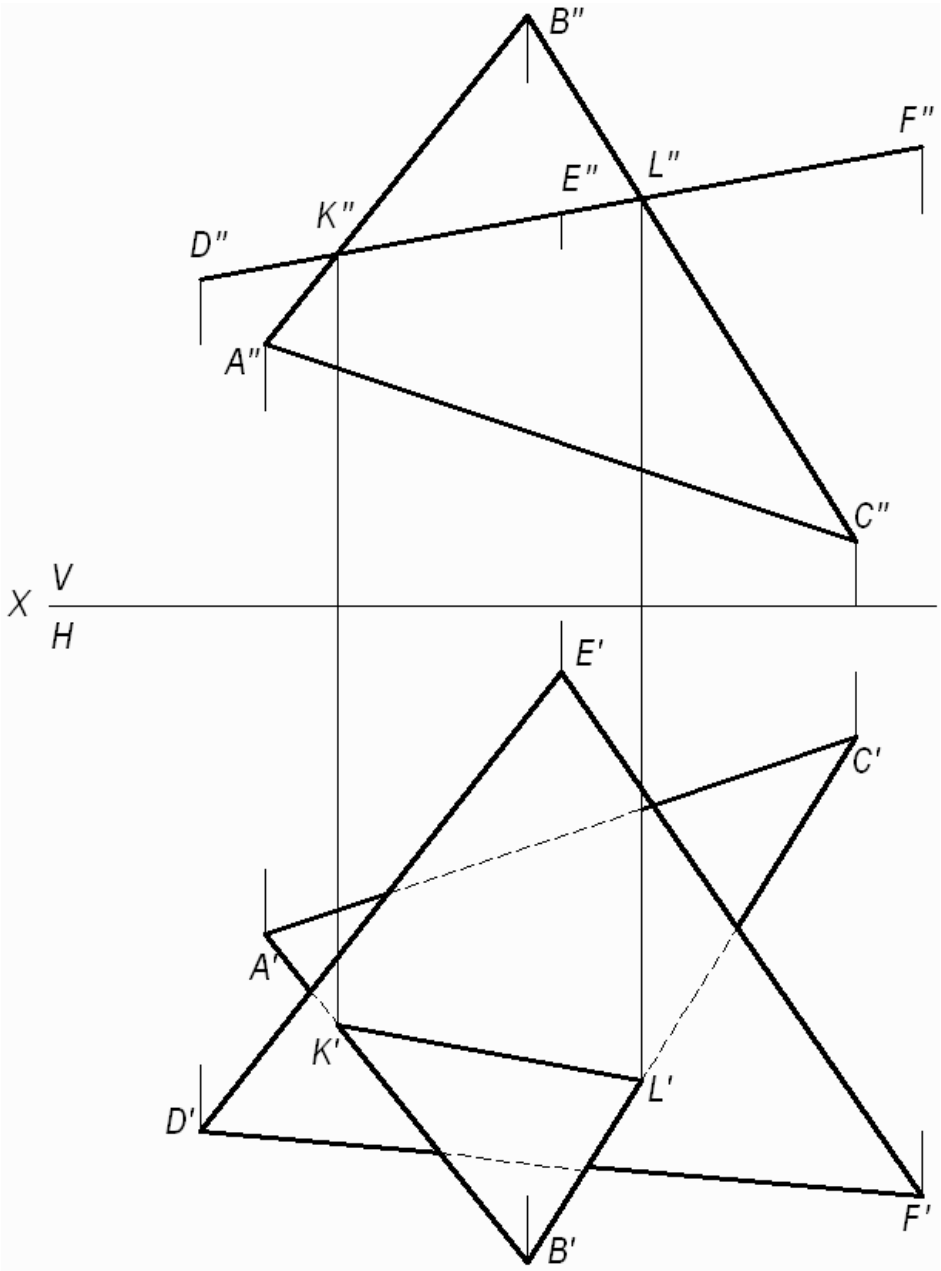


Рис. 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение

Фронтальная проекция Δ*DEK* совпадает с фронтальным следом плоскости и фронтальной проекцией линии пересечения треугольников.

(*KL*) - линия пересечения двух треугольников. Проекции этой линии пересечения – фронтальную и горизонтальную строят исходя из свойства принадлежности точек *K* и *L* сторонам (*AB*) и (*BC)*, соответственно. Видимость треугольников на горизонтальной плоскости проекций определяем методом конкурирующих точек, рассмотренном в задаче 2.

Задача 4. Построение линии пересечения двух плоскостей общего положения.

Даны две плоскости общего положения, заданные треугольниками *ABC* и *DEK*. Построить линию пересечения двух треугольников, определить видимость треугольников на проекциях.

Прямая линия, получаемая при взаимном пересечении двух плоскостей, определяется двумя точками, каждая из которых одновременно принадлежит обеим плоскостям. Общие точки определяются решением основной позиционной задачи начертательной геометрии – построение точки пересечения прямой с плоскостью (см. рис. 2).

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (проецирующие плоскости). Решение задачи приведено на рис. 4.

Алгоритм решения задачи:

1. Определяют первую точку линии пересечения двух треугольников – точку *M*.

1.1. Фронтально-проецирующая плоскость α проведена через сторону *DK* и задана на чертеже фронтальным следом α_V.

1.2. Плоскость α пересекает плоскость треугольника *ABC* по прямой (1,2), на чертеже строят две проекции этой прямой.

1.3. Прямая (1,2) пересекает сторону *DK* в точке *M*, строят две проекции точки *M″* и *M′*.

2. Определяют вторую точку искомой линии пересечения двух треугольников – точку *N*.

2.1. Горизонтально-проецирующая плоскость β проведена через сторону *AB* и задана на чертеже горизонтальным следом β_H.

2.2. Плоскость β пересекает плоскость треугольника *DEK* по прямой (3,4), на чертеже строят две проекции этой прямой.

2.3. Прямая (3,4) пересекает *AB* в точке *N*, строят две проекции точки *N″* и *N′*.

Плоскости треугольников *ABC* и *DEK* пересекаются по прямой *MN*.

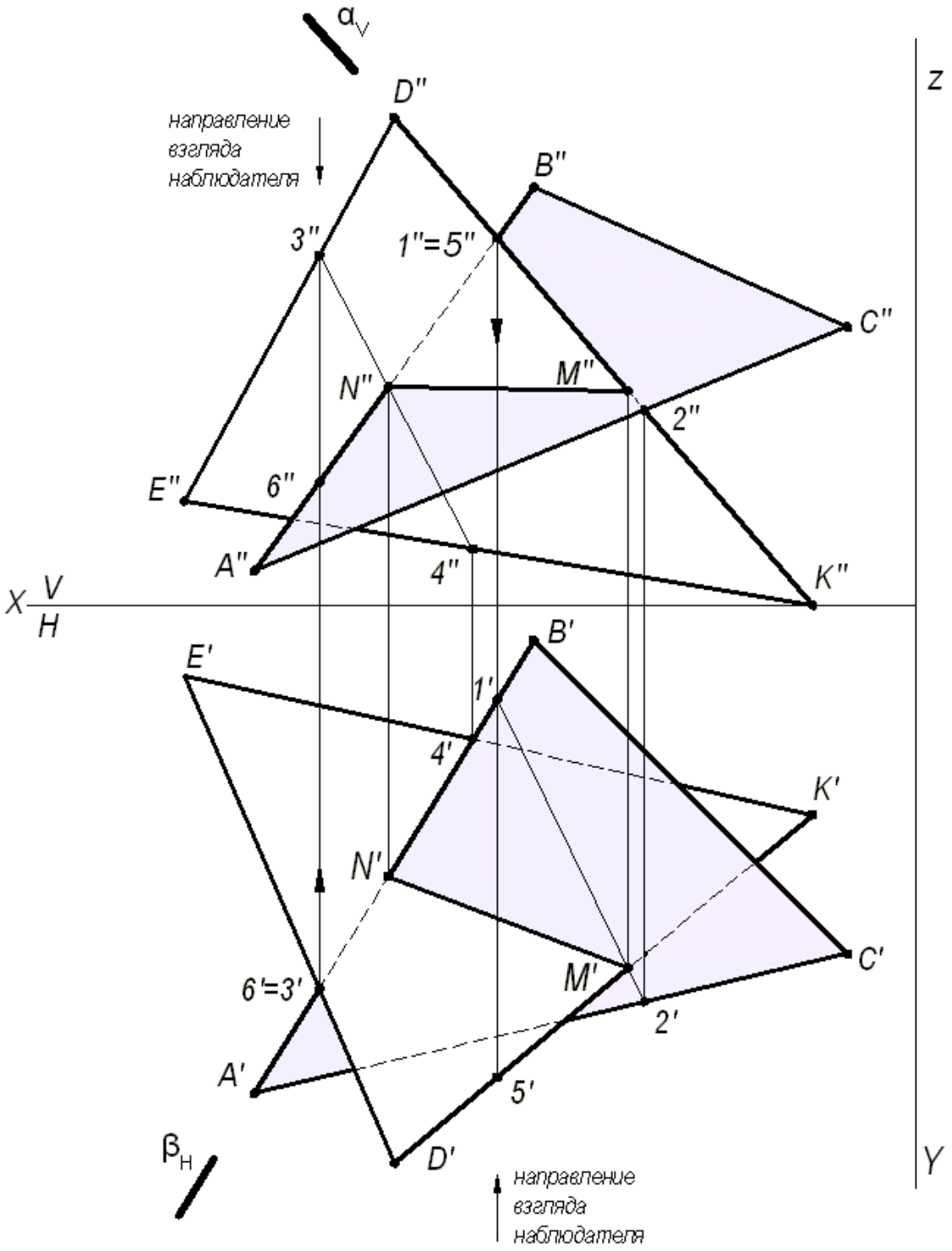


Рис. 4. Построение линии пересечения двух треугольников

3. Видимость плоских фигур на проекциях определяют методом конкурирующих точек.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* выбираем две скрещивающиеся прямые *D″K″* и *A″B″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1″ и 5″. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 5′, лежащая на проекции прямой *D′K′*, будет закрывать про-

екцию точки 1′, лежащую на проекции прямой $A'B'$, т. к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на фронтальной плоскости проекция $D''K''$ будет закрывать проекцию $A''B''$. Границей видимости является проекция линии пересечения $M''N''$.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций H выбираем две скрещивающиеся прямые $A'B'$ и $D'E'$, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 3′ и 6′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 3″, лежащая на проекции прямой $D''E''$, будет закрывать проекцию точки 6″, лежащую на проекции прямой $A''B''$, т.к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекция $D'E'$ будет закрывать проекцию $A'B'$. Границей видимости является проекция линии пересечения $N'M'$.

Задача 5. Построить две проекции линии пересечения плоскости α - общего положения, заданной следами и плоскости β - общего положения, заданной параллельными прямыми a и b.

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (плоскости уровня), пересекающие заданные плоскости по прямым, недостающие проекции которых легко строятся и пересекаются в пределах чертежа.

Графическое решение задачи приведено на рис. 5.

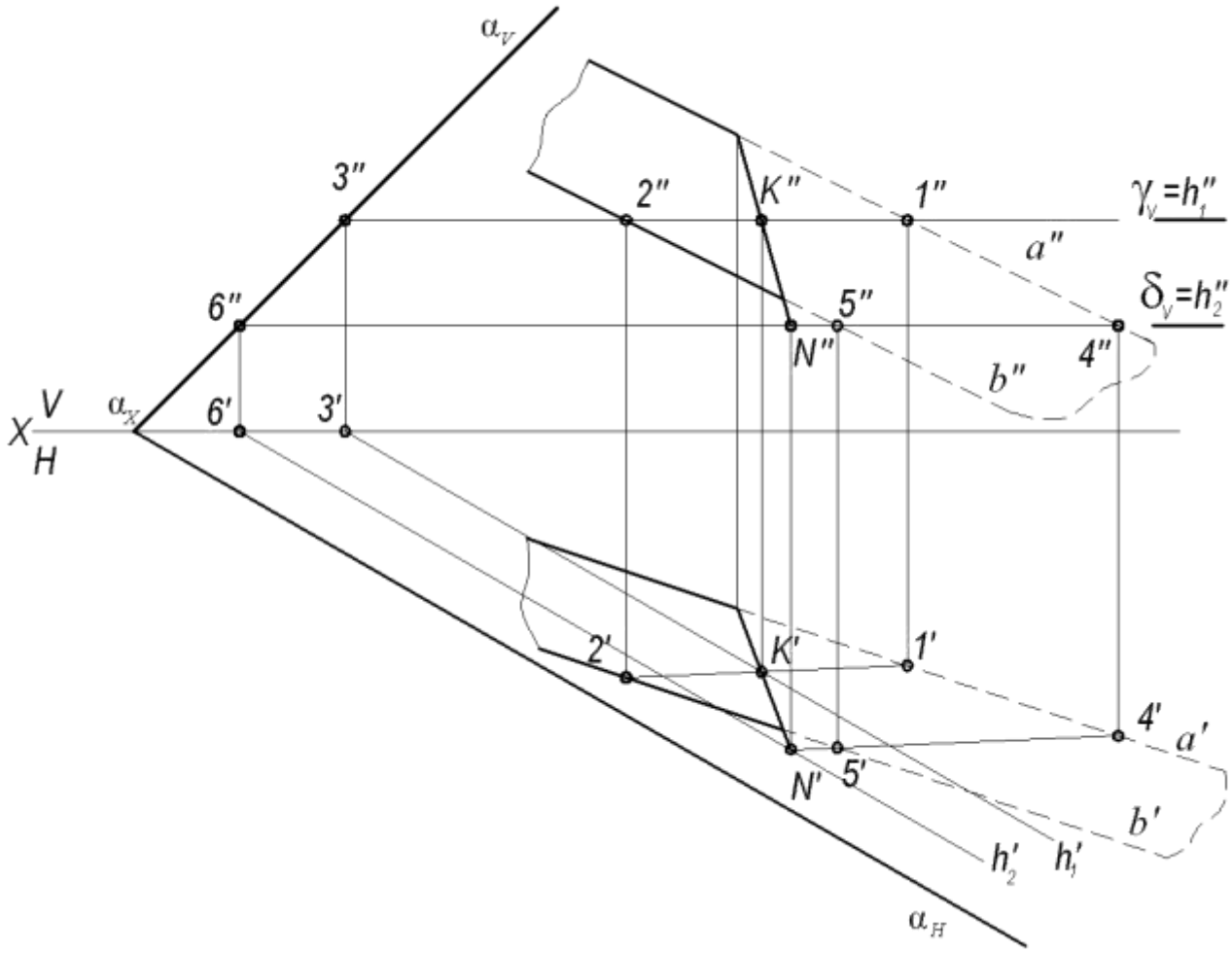
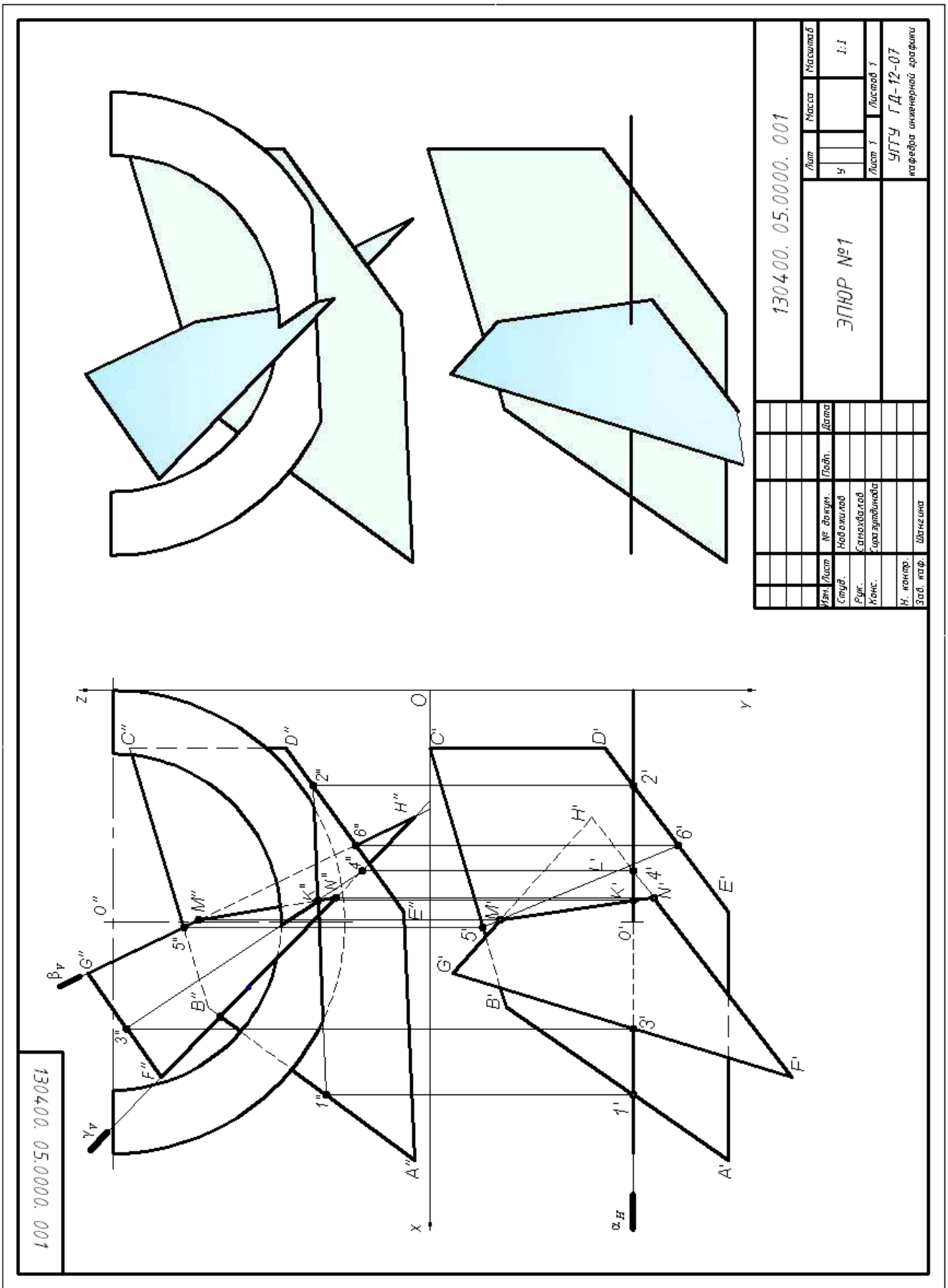


Рис. 5. Построение линии пересечения двух плоскостей

Вспомогательная горизонтальная плоскость-посредник γ задана следом γ_V и пересекает плоскость α по горизонтали, проходящей через точку 3, а плоскость β по горизонтали (1, 2). Горизонтальные проекции этих горизонталей пересекаются в точке *K*. Строят фронтальную проекцию точки *K*, используя свойство принадлежности точки прямой линии. Точка *K* принадлежит обеим плоскостям α и β. Вторая точка *N*, общая для двух плоскостей α и β, определяется второй вспомогательной плоскостью-посредником частного положения δ (на чертеже задана следом δ_V). Искомая прямая (*KN*) является линией пересечения двух плоскостей α и β.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. Учеб. пособие. М.: Высшая школа. 2007.272 с.

2. Самохвалов Ю. И. Начертательная геометрия. Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 121 с.

3. Самохвалов Ю. И., Шангина Е. И. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 96 с.



Минобрнауки Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов,
выполнению практических и контрольных работ

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА 4
1.1. Основные виды связей и их реакции 4
1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары 5
1.3. Условия равновесия систем сил 7
1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел 8
1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил 17
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА 26
2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки 26
2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси 28
2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела 29
2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях 32
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении 38
2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении 46
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ 57
3.1. Основные понятия сложного движения точки 57
3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении 60
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ 73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки. 73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки 73
4.3. Колебания материальной точки 80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки 84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки 95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии 96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы. 103
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы 104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. 112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии 114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА 124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики 124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики 126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода 136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа 137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы 145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 155

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Статика представляет раздел теоретической механики, в котором изучаются условия равновесия твердых тел под действием системы сил.

1.1. Основные виды связей и их реакции

Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения. Реакция приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей. При опоре углом, или на угол (рис. 1.1, *a*), реакция направлена по нормали к одной из поверхностей. **Гибкая связь**. Если на тело наложена связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса), то реакция связи $\overline{T}$, равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити (рис. 1.1, *b*).

Цилиндрический шарнир (подшипник) создает соединение, при котором

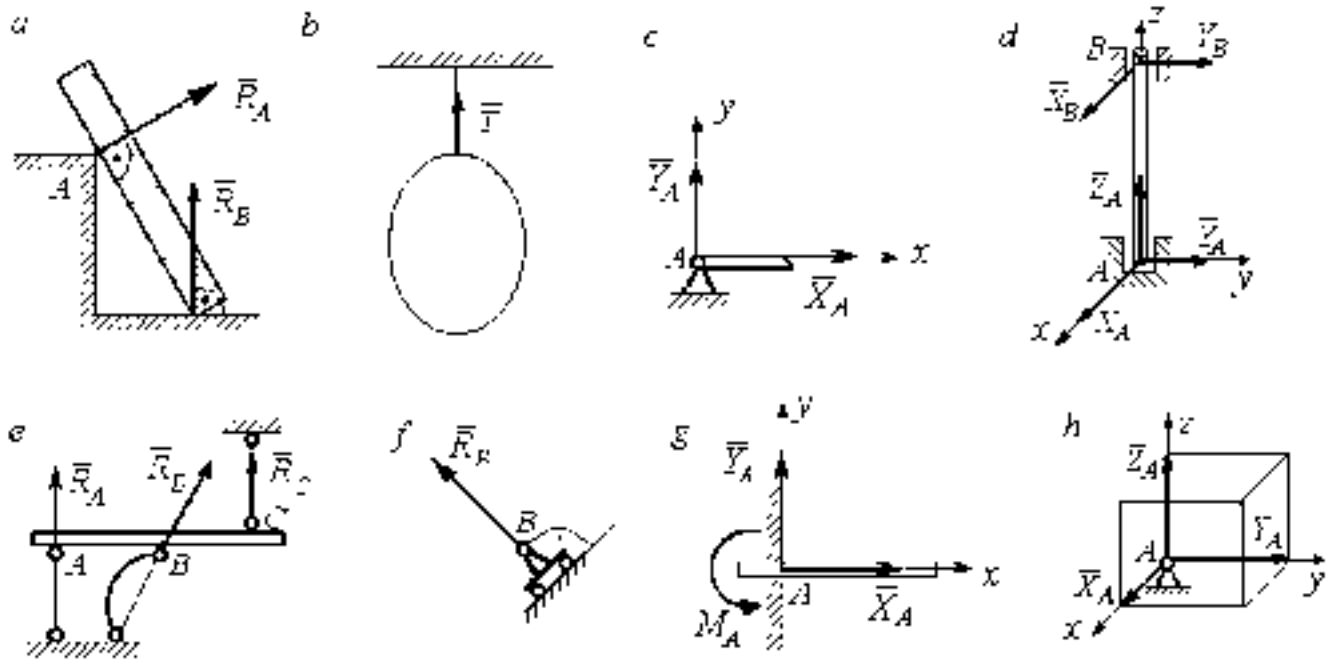


Рис. 1.1. Виды связей и их реакции:

a – реакция опоры тела на гладкую поверхность без трения, *b* – реакция связи гибкой нерастяжимой нити; *c* – реакция цилиндрического шарнира, *d* – реакция подшипника и подпятника, *e* – реакция невесомого стержня; *f* – реакция подвижной опоры; *g* – реакция жесткой заделки, *h* – реакция пространственного шарнира

одно тело может вращаться по отношению к другому. Реакция цилиндрического шарнира лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач

реакцию цилиндрического шарнира $\bar{R}_A$ изображают ее составляющими X_A и Y_A, взятыми по направлениям координатных осей (рис. 1.1, *c*). Реакция подшипника $\bar{R}_B$ (рис. 1.1, *d*) также изображается своими составляющими X_B и Y_B, взятыми по направлениям координатных осей в плоскости, перпендикулярной оси вращения подшипника. Величина реакции определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. **Реакция прямолинейного невесомого стержня с шарнирными соединениями на краях** направлена вдоль самого стержня, а криволинейного – вдоль линии, соединяющей точки крепления стержня (рис. 1.1, *e*). **Реакция подвижной опоры** $\bar{R}_B$ (рис. 1.1, *f*) направлена по нормали к поверхности, на которую опираются катки опоры. **Жесткая заделка** (рис. 1.1, *g*) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция заделки состоит из силы реакции $\bar{R}_A$ и пары сил с моментом M_A. При решении задач силу реакции жесткой заделки $\bar{R}_A$ изображают ее составляющими X_A и Y_A, взятыми по направлениям координатных осей. Модуль реакции определяется по формуле $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. Виды связей и их реакции показаны на рис. 1.1.

1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары

Алгебраическим моментом силы F относительно центра O $M_O(F)$, или просто **моментом силы** F относительно центра O, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы F на кратчайшее расстояние h от центра O до линии действия силы: $M_O(F) = \pm Fh$ (рис. 1.2, *a*).

Величину h называют **плечом силы**. Момент силы относительно центра считается положительным, если сила стремится повернуть тело вокруг центра против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

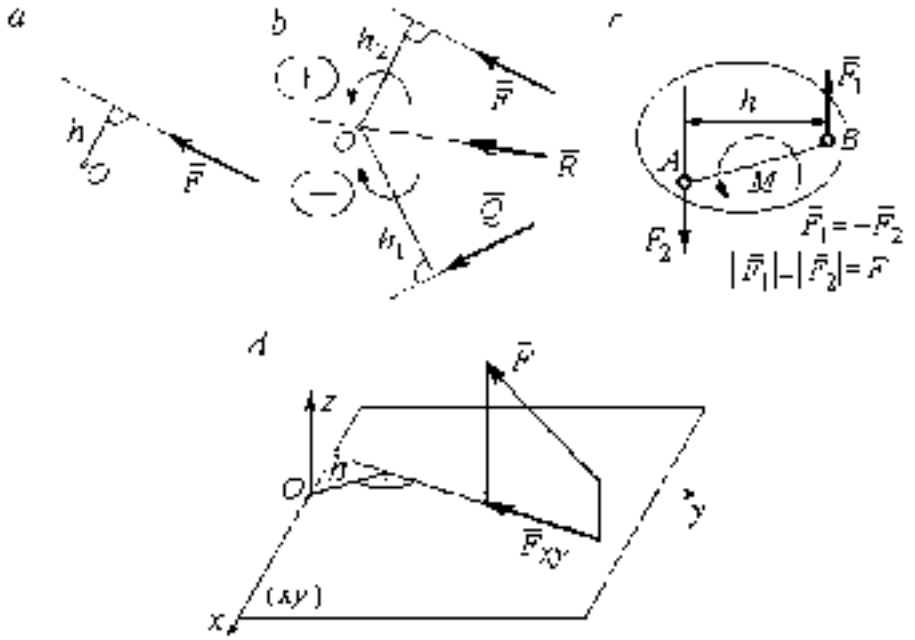


Рис. 1.2. Схемы для вычисления моментов сил:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил;
d – момент силы относительно оси

На рис. 1.2, *b* показано, что момент силы $\bar{F}$ относительно центра O положительный, а момент силы $\bar{Q}$ относительно того же центра – отрицательный. Момент силы $\bar{R}$ относительно центра O равен нулю, так как линия действия этой силы проходит через центр O и плечо силы равно нулю.

Парой сил, или просто парой (рис. 1.2, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары на плечо пары – кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Правило знаков такое же, как и для момента силы. На рисунках пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. M на рис. 1.2, *c*).

Моментом силы относительно оси называют момент проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с этой плоскостью. На рис. 1.2, *d* показано вычисление момента силы $\bar{F}$ относительно

оси z: $M_z(\bar{F}) = F_{xy} h$, где F_{xy} – проекция силы $\bar{F}$ на плоскость xy, перпендикулярную оси z, h – плечо проекции F_{xy} относительно центра O – точки пересечения оси z и плоскости xOy.

1.3. Условия равновесия систем сил

Плоской системой сил называется система сил, расположенных в одной плоскости.

Основная форма условий равновесия плоской системы сил. Для равновесия плоской системы сил, приложенных к твердому телу, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, также была равна нулю.

$$\sum F_{kx} = 0, \ \sum F_{ky} = 0, \ \sum M_A(\bar{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\bar{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра A.

Пространственной системой сил называется система сил, расположенных произвольно в пространстве.

Для равновесия пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю

$$\sum F_{kx} = 0, \ \sum F_{ky} = 0, \ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\bar{F}_k) = 0, \ \sum M_y(\bar{F}_k) = 0, \ \sum M_z(\bar{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси x, y, z; $M_x(\bar{F}_k)$, $M_y(\bar{F}_k)$, $M_z(\bar{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей.

Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называют **внутренними**, в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию. Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию с внутренними связями, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. При этом в уравнения равновесия должны входить только силы, непосредственно приложенные к тому телу, равновесие которого рассматривается.

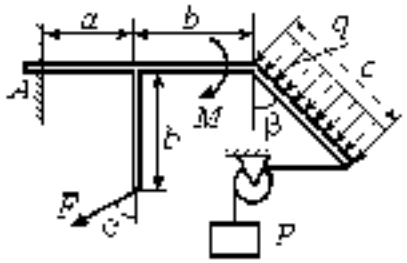
1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел

Каждый вариант задания включает две задачи по темам «Равновесие произвольной плоской системы сил» и «Равновесие системы тел»

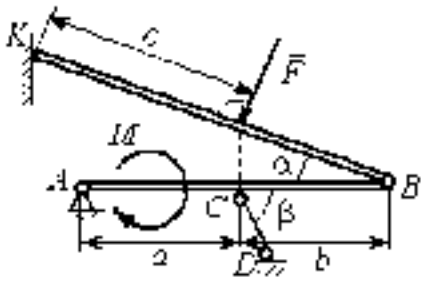
В задачах требуется определить реакции связей конструкции исходя из условия равновесия произвольной плоской системы сил. Весом стержневых подпорок, поддерживающих балочные конструкции, и блоков, через которые перекинуты невесомые нити, пренебречь.

Варианты заданий даны на рис. 1.3 – 1.6. Исходные данные приведены в табл. 1.1. Из таблицы исходных данных выбираются значения тех параметров, которые указаны на схемах.

Варианты № 1, 11, 21	
Задача 1	Задача 2



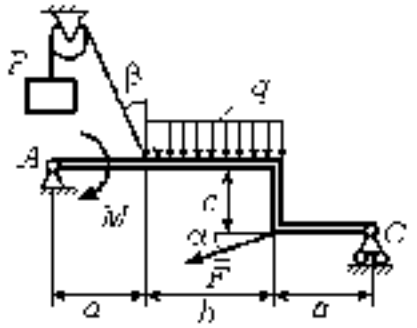
Найти реакцию жесткой заделки в точке A



Найти реакции шарниров A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

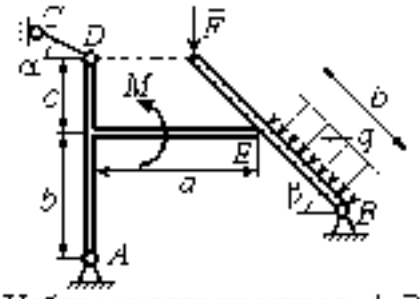
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

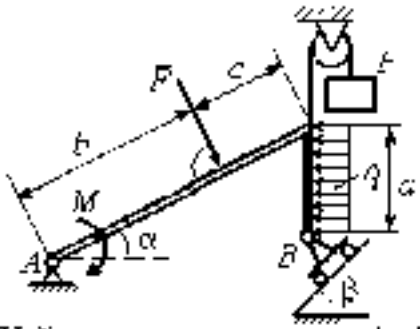
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию опоры в точке E и реакцию стержня CD

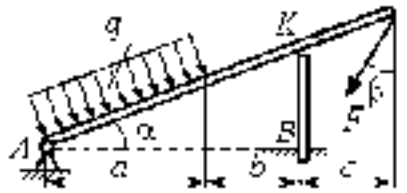
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Найти реакцию шарниров A и B

Задача 2

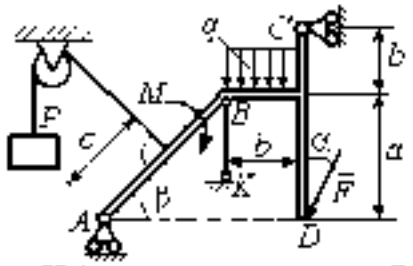


Найти реакцию шарнира A, реакцию опоры в точке K и реакцию жесткой заделки в точке B

Рис. 1.3. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

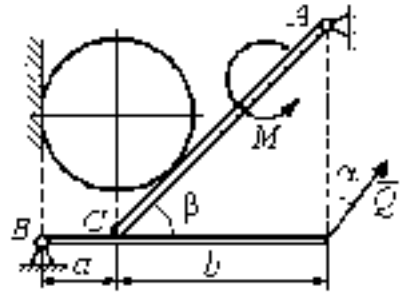
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



Найти усилие в стержне BK и реакцию шарниров A, C

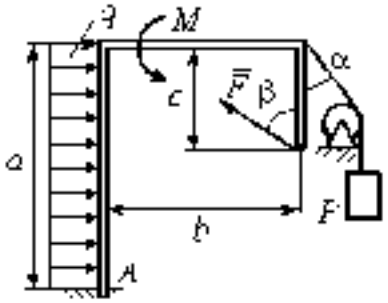
Задача 2



Вес шара P. Найти реакцию шарниров A, B, давление шара на балку и стенку, реакцию опоры балки в точке C и уравновешивающую силу Q

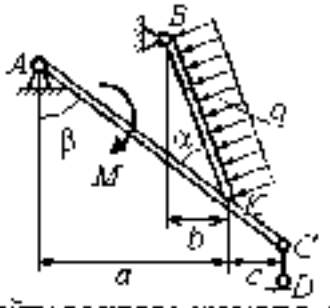
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

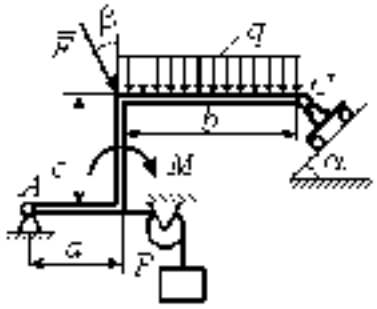
Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

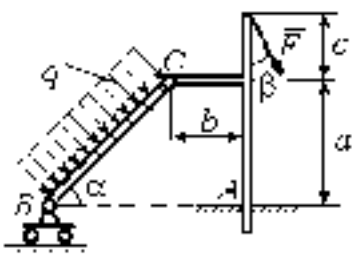
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

Задача 2

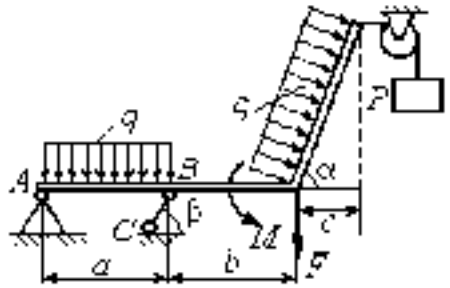


Найти реакцию жесткой заделки в точке A и реакции шарниров B и C

Рис. 1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 –26

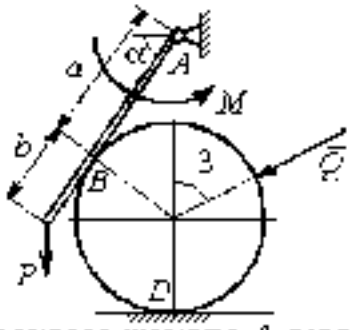
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

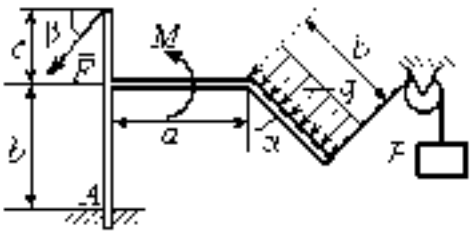
Задача 2



Найти реакцию шарнира A, давление балки на жар, реакцию опоры шара в точке D и уравновешивающую силу Q

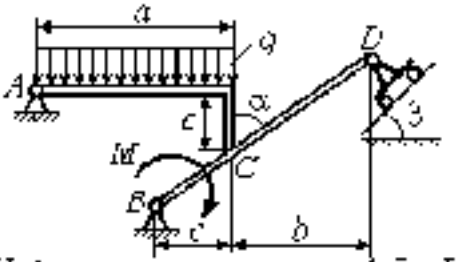
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

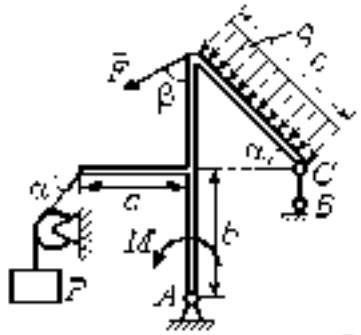
Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B и D и реакцию опоры в точке C

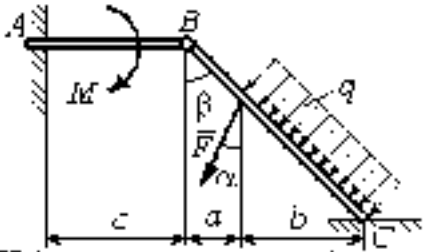
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

Задача 2

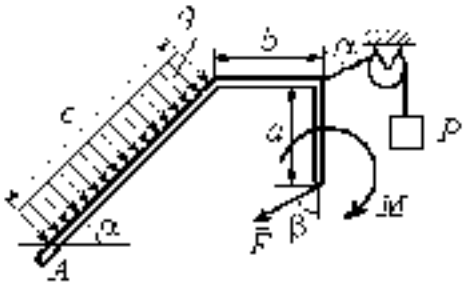


Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

Рис. 1.5. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

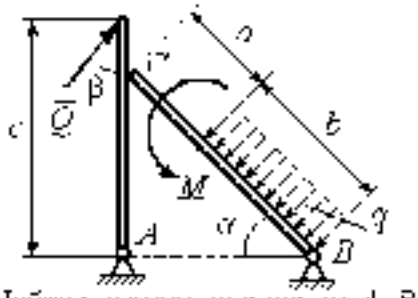
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B, реакцию опоры в точке C и уравновешивающую силу Q

Рис. 1.6. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 1.1

Исходные данные задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
P, кН	6	5	6	12	6	6	10	3	8	5	10	4	8	10	8
F, кН	12	6	10	5	12	8	6	5	6	2	12	8	12	6	10
q, кН/м	5	4	2	3	6	3	5	2	2	4	6	2	3	4	5
M, кН·м	12	8	6	8	12	5	12	8	4	6	8	12	10	6	10
α, град	45	60	30	60	30	30	45	60	30	30	45	30	60	45	60
β, град	60	30	45	30	60	90	60	60	30	45	30	45	30	60	30
a, м	3	4	3	4	3	4	3	4	1	2	2	3	2	3	4
b, м	3	3	4	3	2	4	3	3	2	3	3	3	4	3	2
c, м	4	2	2	2	3	2	2	1	5	4	4	2	1	2	2

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P, кН	10	8	10	6	4	6	12	10	5	6	8	6	8	4	6
F, кН	6	12	12	8	3	14	10	8	15	10	12	8	10	10	2
q, кН/м	5	3	4	3	2	3	2	5	4	2	3	4	5	2	4
M, кН·м	10	6	8	6	5	12	4	6	8	10	12	10	6	4	8
α, град	60	60	30	45	60	30	60	45	30	60	45	30	30	30	45
β, град	45	30	30	60	60	45	30	60	30	45	90	30	60	45	30
a, м	3	4	3	1	2	2	4	1	4	3	4	3	2	1	2
b, м	2	4	3	3	4	1	4	3	2	2	2	2	2	2	2
c, м	3	2	2	4	5	4	2	2	1	1	1	2	1	3	5

Пример выполнения задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.

Задача 1. Рама AC (рис. 1.7) в точке A закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке B поддерживается вертикальным невесомым стержнем BK. На раму действуют: пара с моментом $M = 8$ Нм, сила $F = 10$ Н, приложенная в точке D под углом 60° к раме, и равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q 2 Н/м, приложенная на отрезке AB. В точке E под прямым углом к участку балки CE прикреплен трос, несущий груз $P = 20$ Н. Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира A и реакцию стержневой опоры BK, если a 2 м.

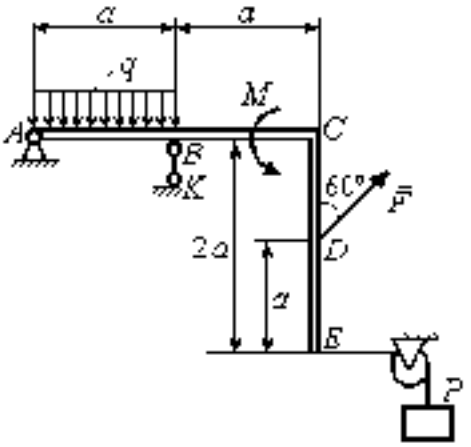


Рис. 1.7. Конструкция рамы

Решение

Выбираем систему координат xAy, например, как показано на рис. 1.8. Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию шарнира A двумя ее составляющими $\bar{X}_A$ и $\bar{F}_1$, направленными вдоль горизонтальной и вертикальной осей (см. рис. 1.8). Реакция $\bar{R}_B$ невесомой стержневой опоры BK приложена в точке B и направлена вдоль стержня BK. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\bar{Q}$. Сила $\bar{Q}$ приложена в середине отрезка AB и по модулю равна $Q = qa = 4$ Н. Действие груза P на раму изображается реакцией $\bar{T}$, равной по величине весу груза.

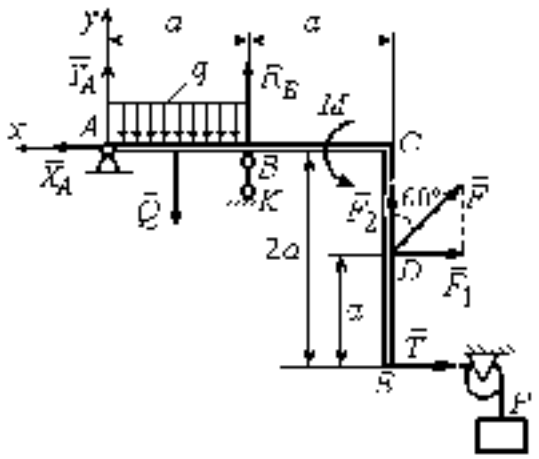


Рис. 1.8. Силы и реакции связей, действующие на раму при ее равновесии

При равновесии рамы действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему. Условия равновесия системы сил имеют вид: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum M_A(\bar{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси x, y, и моменты сил относительно центра A, уравнения равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0.$$

$$\sum M_A(F_k) = -Q\frac{a}{2} + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a - T2a = 0.$$

Здесь для вычисления момента силы F относительно центра A использована теорема Вариньона: $M_A(F) = M_A(F_1) + M_A(F_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$, где $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$ (см. рис. 1.8).

Подставляя в уравнения равновесия исходные данные задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, R_B.

$$X_A - 28{,}66 = 0, \quad Y_A + R_B + 1 = 0, \quad R_B \cdot 2 + 121{,}32 = 0.$$

Решая систему, найдем $X_A = 28{,}66$ Н, $Y_A = 59{,}66$ Н, $R_B = -60.66$ Н.

Отрицательное значение величины R_B означает, что фактическое направление реакции R_B стержневой опоры BK противоположно направлению, показанному на рис. 1.8. Численное значение реакции шарнира

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18 \text{ Н}.$$

Задача 2. Балка $ABDC$ с вертикальной частью AB и горизонтальной перекладиной DC закреплена в точке A с помощью жесткой заделки (рис. 1.9). Наклонная балка EC с углом наклона к горизонту $60°$ в точке C шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине CD, а в точке E закреплена на шарнирно-подвижной опоре, установленной на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках BD и DE нагрузка с одинаковой интенсивностью $q = 2$ кН/м, сила F, приложенная в точке D перпендикулярно балке EC и равная по величине $F = 10$ кН, и пара сил с моментом $M = 5$ кН·м. Определить реакцию жесткой заделки A и реакции шарниров C и E, если $a = 2$ м.

Решение

Разделяем систему на две части по шарниру C и рассмотрим равновесие балок $ABLC$ и EC отдельно. Изобразим обе балки и расставим внешние силы и реакции связей (рис. 1.10). Рассмотрим балку $ABLC$ (рис. 1.10, *а*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\bar{Q}_1$, приложенной в середине отрезка BL, направленной в сторону действия нагрузки и равной $Q_1 = q \cdot a = 4$ кН. Кроме силы $\bar{Q}_1$ и пары сил с моментом M на балку действуют реакция жёсткой заделки в точке A, имеющая своими составляющими силы $\bar{X}_A$, $\bar{Y}_A$ и пару сил с моментом M_A, а также реакция шарнира C, разложенная на составляющие $\bar{X}_C$, $\bar{Y}_C$ (см. рис. 1.10, *а*). Действующие на раму силы составляют уравновешенную плоскую систему сил. Выберем систему координат xAy, как показано на рис. 1.10, *а*, и составим уравнения равновесия:

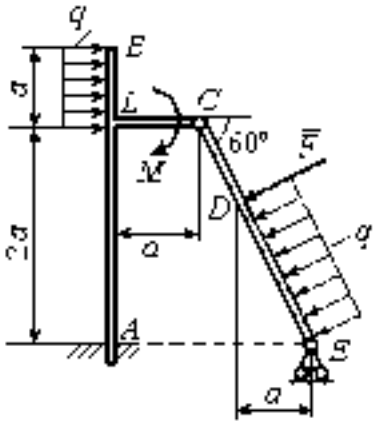


Рис. 1.9. Равновесие конструкции двух балок, соединённых шарниром

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0,$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0,$$

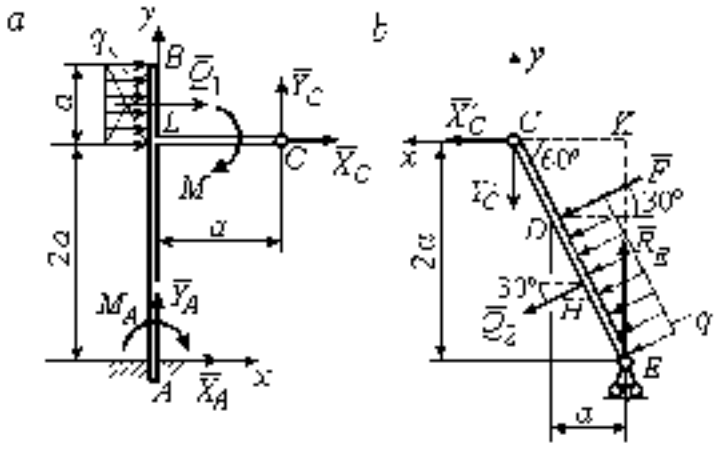


Рис. 1.10. Равновесие частей конструкции:
а - силы и реакции связей, действующие на балку $ABLC$;
b - силы и реакции связей, действующие на балку CE

$$\sum M_A(\bar{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C \cdot a - X_C \cdot 2a = 0.$$

Рассмотрим равновесие балки EC. Заменим равномерную нагрузку эквивалентной силой $\bar{Q}_2$, приложенной в середине отрезка HD, направленной в сторону действия нагрузки и равной по модулю $Q_2 = q \cdot 2a = 8$ кН. На балку кроме сил $\bar{Q}_2$, $\bar{P}$ действуют реакции связей: $\bar{R}_B$ – реакция шарнирно-подвижной опоры в точке

E и X'_C, Y'_C – составляющие реакции шарнира C. Силы X'_C, Y'_C направлены противоположно силам X_C, Y_C и равны им по модулю $X'_C = X_C$, $Y'_C = Y_C$ (см. рис. 1.10, *а*, *b*). Действующие на балку EC силы образуют плоскую уравновешенную систему сил. Выберем систему координат xCy, как показано на рис. 1.10, *b*, и составим уравнения равновесия. При этом центром, относительно которого будем считать моменты сил, выберем точку C. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + X'_C = 0,\ \sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0.$$

$$\sum M_C(\bar{F}_k) = -F \cdot CD - Q_2 \cdot CH + R_E \cdot CK = 0.$$

Здесь плечи сил: $CD = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a$, $CH = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - a$, $CK = 2a\operatorname{tg}30^\circ$. Заменяя в уравнениях величины X'_C на X_C, а Y'_C на Y_C и подставляя исходные данные, получим систему уравнений:

$$X_A + X_C + 4 = 0,\ Y_A + Y_C = 0,\ -M_A - 4X_C + 2Y_C - 25 = 0,$$

$$X_C + 15{,}59 = 0,\quad Y_C + R_E \cdot 9 = 0,\quad 2{,}31R_E - 27{,}14 = 0,$$

откуда найдём величины реакции жесткой заделки и реакции шарниров:

$$X_A = -11{,}59 \text{ кН},\ Y_A = -2{,}76 \text{ кН},\ M_A = 42{,}87 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН},\ Y_C = -2{,}76 \text{ кН},\ R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Модули реакций жесткой заделки A и шарнира C:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91 \text{ кН},\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83 \text{ кН}$$

1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил

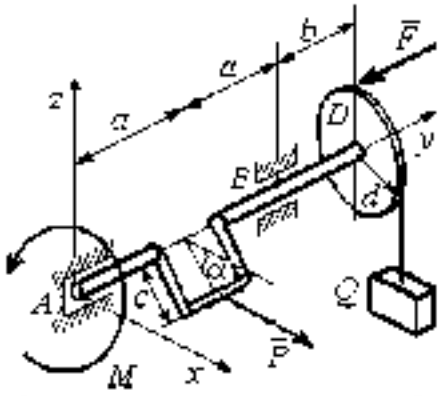
В заданиях рассматривается равновесие однородной плиты или вала (прямого или с «ломаной» осью) с насаженным на него шкивом.

Вал закреплен подпятником и подшипником и удерживается в равновесии. На вал действуют сила $\bar{F}$, пара сил с моментом M и сила $\bar{P}$. На шкив вала намотана нить, к свободному концу которой, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом Q. Для вала определить реакции подшипника и подпятника и величину уравновешивающей силы Q (или момента M).

Плита весом P закреплена пространственным шарниром, подшипником и удерживается в заданном положении невесомым стержнем. На плиту действуют силы $\bar{F}$, $\bar{Q}$ и пара сил с моментом M. Для плиты найти реакции сферического и цилиндрического шарниров и реакцию стержня.

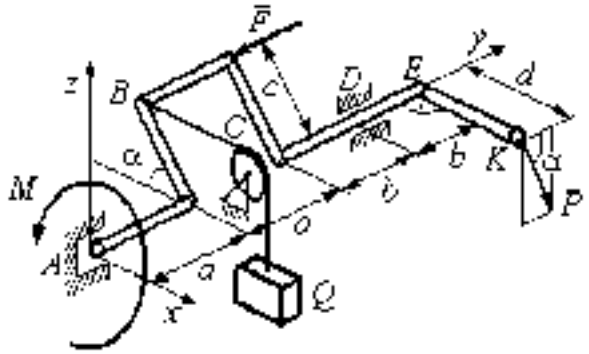
Варианты задания даны на рис. 1.11 – 1.13. Исходные данные для выполнения задания приведены в табл. 1.2.

Варианты № 1, 11, 21



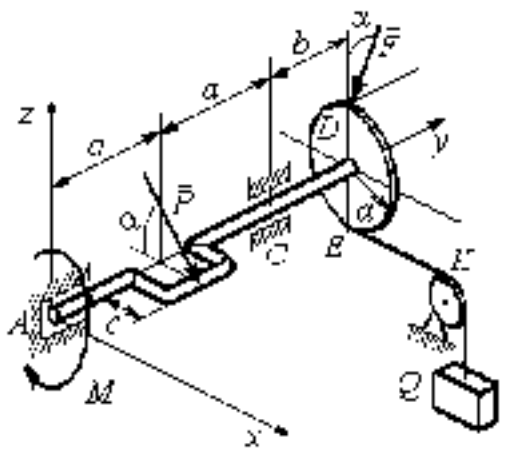
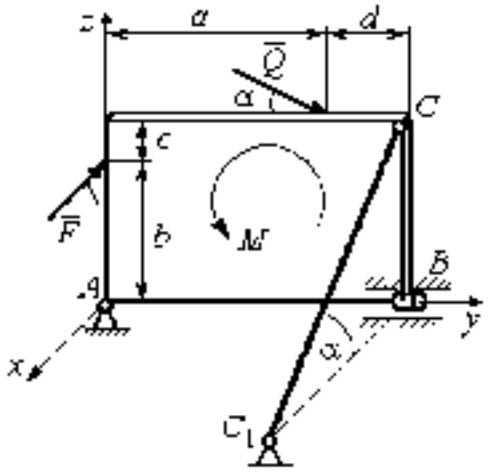
Сила $\bar{F}$ параллельна оси Ay; сила $\bar{P}$ параллельна оси Ax; нить, удерживающая груз, сходит со шкива вертикально.
Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и B и величину уравновешивающего груза Q.

Варианты № 2, 12, 22



Сила $\bar{F}$ параллельна оси Ay; сила $\bar{P}$ лежит в плоскости, параллельной zAy, отрезок нити BC параллелен оси Ax, рукоять вала EK параллельна оси Ax.
Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и B и величину уравновешивающего момента M.

Рис. 1.11. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 1 – 2, 11 – 12, 21 – 22

Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	
Сила $\bar{F}$ лежит в плоскости zAy, сила $\bar{P}$ лежит в плоскости, параллельной zAx, отрезок шины EK параллелен оси Ax **Найти** реакции подпятника и подшипника в точках A и C, а также величину уравновешивающего груза Q	**Плита** весом P расположена в плоскости zAy, пара сил с моментом M действует в плоскости плиты, стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной zAx, сила $\bar{Q}$ действует в плоскости плиты; сила $\bar{F}$ перпендикулярна плоскости плиты **Найти** реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1

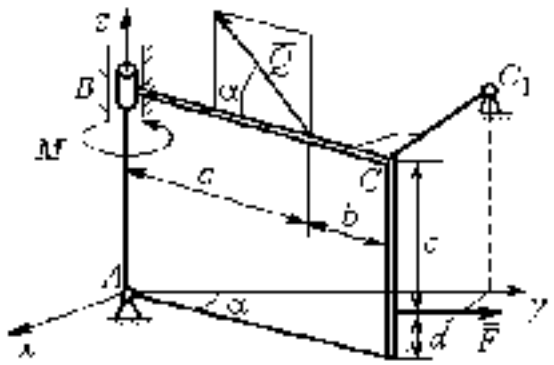
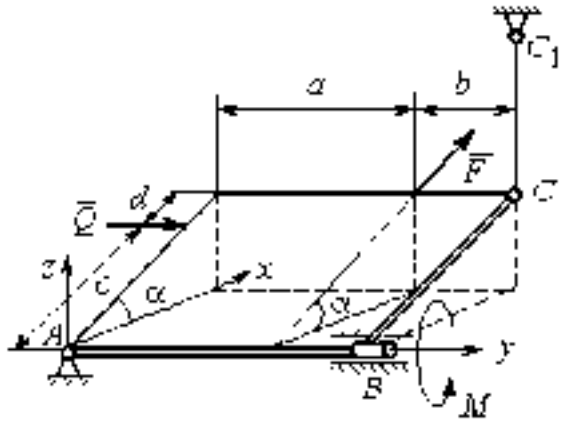
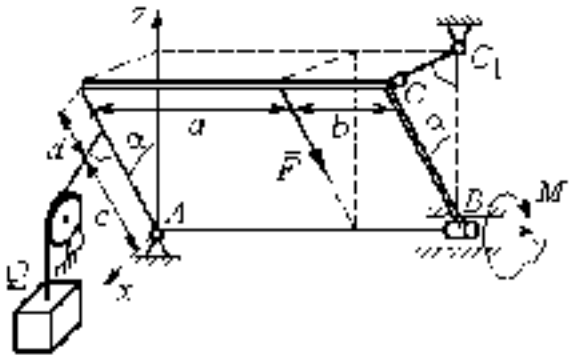
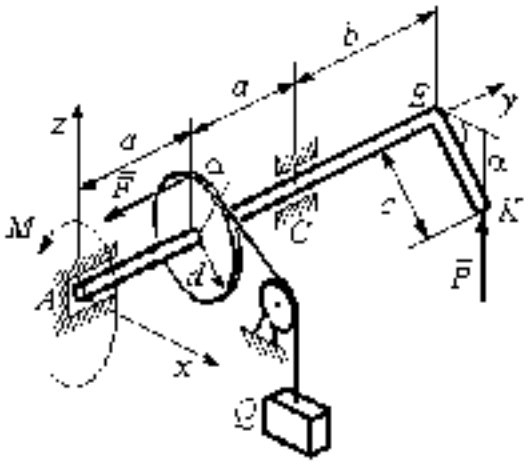
Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Плита весом P отклонена на угол α от вертикальной плоскости zAy; сила $\bar{Q}$ лежит в плоскости плиты, сила $\bar{F}$ параллельна оси Ay; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости плиты. **Найти** реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1	**Плита** весом P отклонена на угол α от горизонтальной плоскости xAy, сила Q перпендикулярна боковой стенке плиты и параллельна оси Ay, сила F расположена в плоскости плиты и параллельна ее боковым стенкам, стержень CC_1 параллелен оси Az. **Найти** реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1

Рис. 1.12. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил
Номера вариантов задания 3 6, 13 16, 23 26

Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	
Плита весом P отклонена на угол α от вертикальной плоскости zAy; нить, удерживающая груз Q, находится в плоскости zAy, прикреплена к боковой стенке плиты и перпендикулярна ей; сила $\bar{F}$ параллельна боковым стенкам плиты; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости zAy. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и K и реакцию стержня CC_1	Рукоять EK перпендикулярна оси вала и наклонена под углом α к горизонтальной плоскости xAy; сила $\bar{F}$ параллельна оси Az; сила $\bar{P}$ параллельна оси Ay; нить, удерживающая груз Q, сходит со шкива по касательной Найти реакции подпятника A, подшипника C, и величину уравновешивающего груза Q

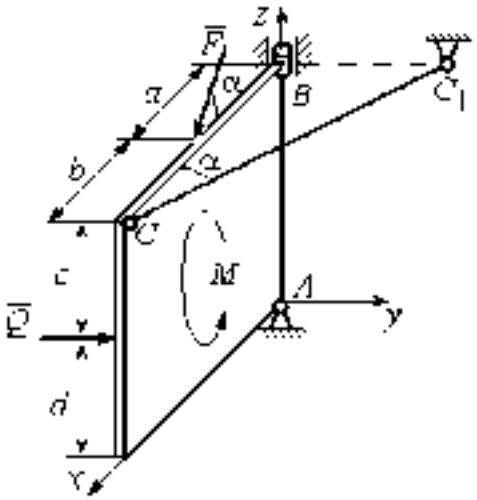
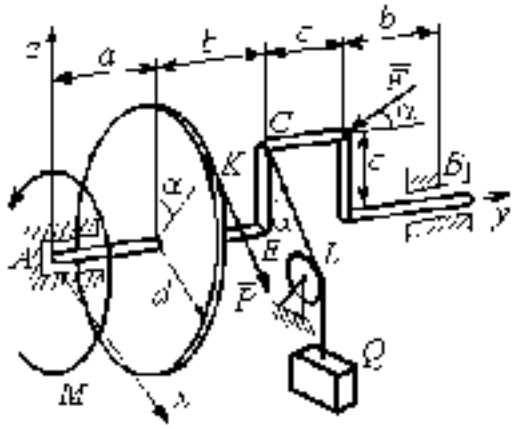
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	
Плита весом P находится в вертикальной плоскости zAy; стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной xAy; пара сил с моментом M действует в плоскости плиты; сила $\bar{Q}$ перпендикулярна плоскости плиты; сила $\bar{F}$ лежит в плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1	Сила $\bar{F}$ находится в плоскости zAy; стойка CL находится в плоскости zAy, отрезок CL нити, удерживающей груз, находится в плоскости параллельной xAz, сила $\bar{P}$ находится в плоскости шкива и направлена по касательной к ободу в точке K Найти реакции подпятника A, подшипника B и величину уравновешивающего момента M

Рис. 1.13. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 1.2

Исходные данные для задания С2.

Равновесие пространственной системы сил

Номер варианта задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, кН	5	4	6	10	16	15	12	10	15	14
F, кН	8	6	12	6	10	10	8	12	12	10
Q, кН	–	12	–	12	8	12	10	–	10	12
M, кН м	12	–	10	8	12	6	8	6	8	–
α, град	60	30	30	30	60	60	60	30	30	60
a, м	1,2	0,8	1,4	0,6	1,2	0,9	1,4	0,4	0,8	0,8
b, м	1,0	0,6	1,1	0,4	0,8	0,4	0,6	1,2	0,2	0,6
c, м	0,8	0,5	0,8	0,3	1,4	0,8	1,2	0,8	0,4	0,4
d, м	0,4	0,4	0,6	0,2	0,4	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6

Номер варианта задания	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P, кН	8	10	10	15	14	10	16	9	10	12
F, кН	6	12	16	8	12	14	10	15	8	10
Q, кН		14		10	10	12	14		12	14
M, кН м	10	–	12	12	12	8	10	10	10	–
α, град	30	60	90	90	30	30	30	90	90	30
a, м	0,8	1,3	0,9	0,5	1,3	1,2	1,6	0,6	0,9	1,2
b, м	0,6	1,1	0,6	0,4	0,9	0,6	0,8	1,2	0,3	0,8
c, м	0,1	0,8	0,5	0,2	1,5	0,9	1,2	0,4	0,6	0,6
d, м	0,2	0,4	0,4	0,1	0,5	0,4	0,6	0,2	0,2	0,8

Номер варианта задания	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P, кН	10	12	5	8	10	14	18	12	14	10
F, кН	12	8	15	10	12	8	10	15	9	8
Q, кН	–	10	–	12	14	10	16	–	12	6
M, кН м	12	–	16	14	8	10	8	12	10	–
α, град	90	30	60	30	45	30	30	60	60	30
a, м	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	0,8	1,0	0,8	1,2	0,9
b, м	0,8	0,6	0,9	1,0	0,9	0,6	0,8	1,4	0,6	0,4
c, м	0,4	1,2	0,8	0,6	1,5	0,9	1,1	0,5	0,8	0,6
d, м	0,4	1,5	0,5	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5

Примеры решения задания С2. Равновесие пространственной системы сил

Задача 1. Горизонтальный вал (рис. 1.14) закреплен в подпятнике C и подшипнике K. Вал имеет шкив I радиуса R и шкив II радиуса r, перпендикулярные оси вала. Рукоять AE параллельна оси Cx. Нить, удерживающая груз Q, сходит со шкива I по касательной вертикально вниз. На вал действуют силы F, P и пара сил с моментом M, закручивающая вал вокруг оси Cy. Сила F находится в плоскости, параллельной zCy, и составляет угол $60°$ с направлением оси Cy. Сила P приложена в точке B шкива II, определяемой центральным углом $30°$, и направлена по касательной. Определить величину уравновешивающего момента M и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН, $F = 2$ кН, $Q = 3$ кН, $R = 0{,}6$ м, $r = 0{,}3$ м, $a = 0{,}8$ м, $b = 0{,}4$ м.

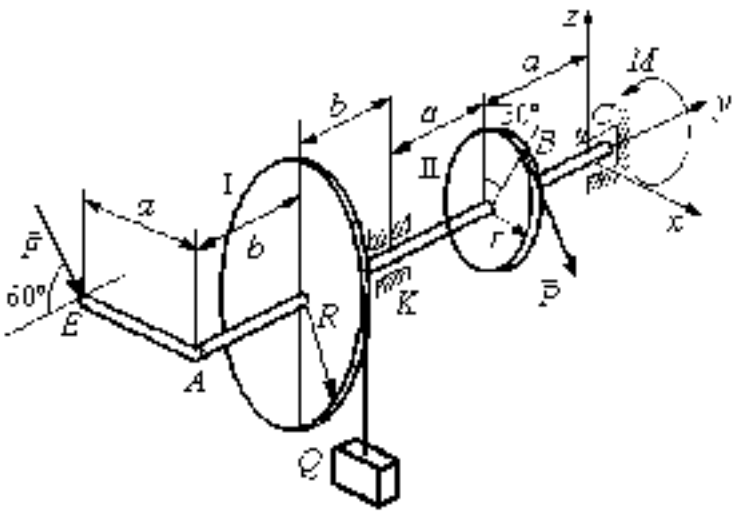


Рис. 1.14. Схема вала и его нагрузка

Решение

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют внешние силы $\bar{F}$, $\bar{P}$, пара сил с моментом M и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом Q, подпятник C и подшипник K. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию подпятника C раскладываем на три составляющие: $\bar{X}_C$, $\bar{Y}_C$, $\bar{Z}_C$, направленные

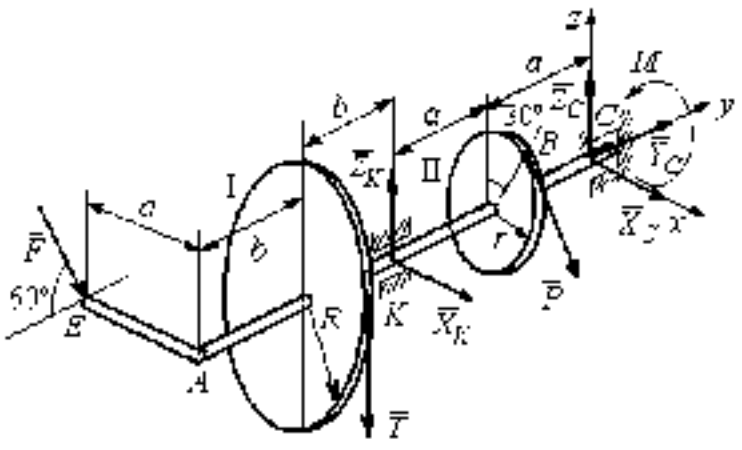


Рис. 1.15. Внешние силы и реакции связей вала

вдоль координатных осей. Реакция подшипника K лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\bar{X}_K, \bar{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей x, z. Реакция нити $\bar{T}$ направлена вдоль нити от точки K и по модулю равна весу груза. Действие на вал внешних сил и реакций связи показано на рис. 1.15.

Внешние силы, действующие на вал, и реакции связей составляют произвольную пространственную систему сил, эквивалентную нулю ($\bar{P}, \bar{F}, \bar{X}_K, \bar{Z}_K, \bar{T}, \bar{X}_C, \bar{Y}_C, \bar{Z}_C, M$) ~ 0, для которой уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\bar{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\bar{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\bar{F}_k) = 0.$$

Для удобства при составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.16)

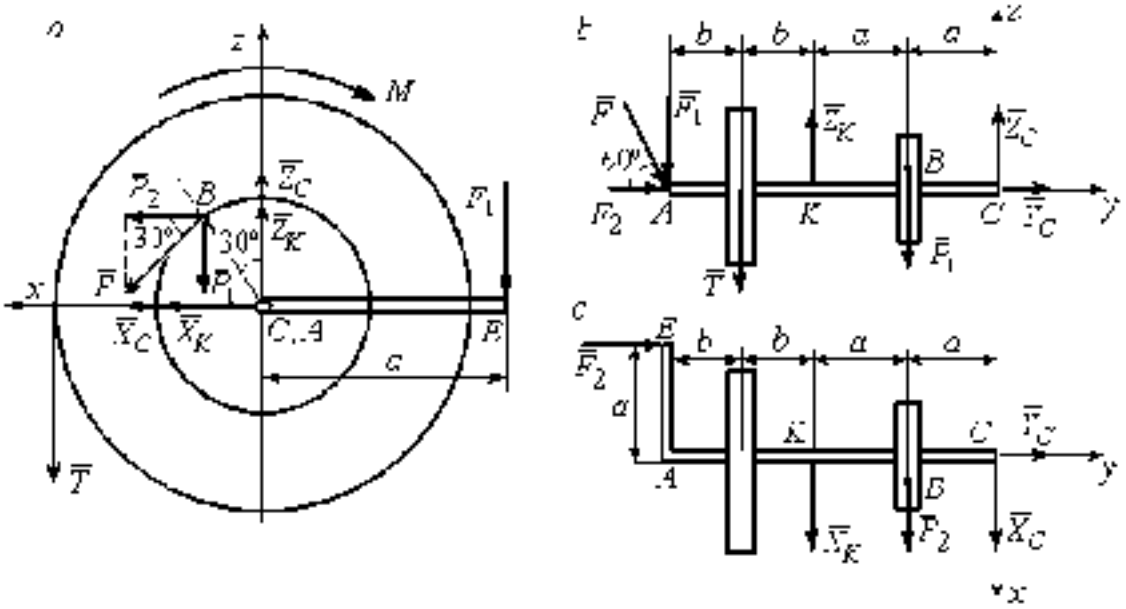


Рис. 1.16. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости

a – вид вала в проекции на плоскость $z0x$ с положительного конца оси y;
b – вид вала в проекции на плоскость $z0y$ с положительного конца оси x;
c – вид вала в проекции на плоскость $x0y$ с положительного конца оси z.

На рис. 1.16, *а* показаны проекции всех сил на плоскость zCx. Вычисляя моменты проекций этих сил относительно точки C, получим значения моментов исходных сил относительно оси y.

Для вычисления моментов сил относительно оси x достаточно найти моменты проекций сил на плоскость zCy относительно точки C (см. рис. 1.16, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на плоскость xCy относительно точки C, получим значения моментов сил относительно оси z.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} - P_2 + X_K + X_C = 0,\ \sum F_{ky} - P_2 + Y_C = 0,$$

$$\sum F_{kz} = P_1 + Z_K - T + Z_C - P_1 = 0,$$

$$\sum M_x(\bar{F}_k) = P_1 a - Z_K 2a - T(2a+b) - P_1(2a+2b) = 0,$$

$$\sum M_y(\bar{F}_k) = -P_1 a + TR + Pr - M = 0,$$

$$\sum M_z(\bar{F}_k) = P_2 a + X_K 2a - P_2 a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, с учётом того, что

$$P_1 = P\cos 60^\circ = 0{,}5P,\ P_2 = P\cos 30^\circ = 0{,}87P,$$

$$P_1 = P\cos 30^\circ = 0{,}87P,\ P_2 = P\cos 60^\circ = 0{,}5P$$ (см. рис. 1.16 *a, b*),

получим систему уравнений:

$$0{,}87\cdot 4 + X_K + X_C = 0,\ 2\cdot 0{,}5 + Y_C = 0,\ -4\cdot 0{,}5 + Z_K - 3 + Z_C - 2\cdot 0{,}87 = 0,$$

$$0{,}5\cdot 4\cdot 0{,}8 - 1{,}6Z_K - 3\cdot 0{,}87(2\cdot 0{,}8 + 0{,}4) + 2\cdot 0{,}87(2\cdot 0{,}8 + 2\cdot 0{,}4) = 0,$$

$$-0{,}87\cdot 0{,}8 + 3\cdot 0{,}6 + 4\cdot 0{,}3 - M = 0,\ 0{,}87\cdot 4\cdot 0{,}8 + 1{,}6\cdot X_K - 2\cdot 0{,}5\cdot 0{,}8 = 0.$$

Решая систему, найдём: $X_C = -2{,}24$ **кН**, $Y_C = -1$ **кН**, $Z_C = 6{,}39$ кН, $X_K = -1{,}24$ кН, $Z_K = 0{,}35$ кН, $M = 2{,}3$ **кН·м**.

Окончательно, реакция подпятника $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 6{,}84$ кН,

реакция подшипника $R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 1{,}29$ **кН**.

Задача 2. Плита весом P расположена в вертикальной плоскости zAy. В точке A плита закреплена пространственным шарниром, а в точке B на оси y опирается на цилиндрический шарнир (подшипник). Плита удерживается в равновесии при помощи невесомого стержня CC_1, прикреплённого шарниром к плите в её верхнем углу, в точке C перпендикулярно плоскости плиты (рис. 1.17).

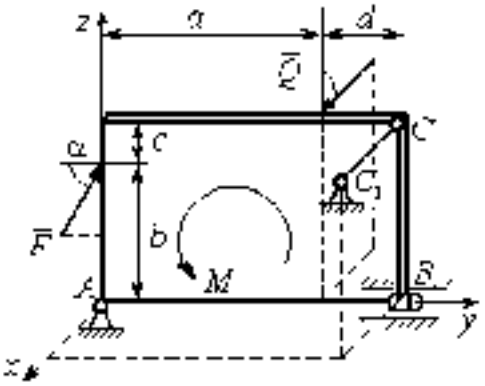


Рис. 1.17. Равновесие плиты

На плиту действует сила $\bar{Q}$, приложенная на краю плиты перпендикулярно её плоскости, и сила $\bar{F}$, лежащая в плоскости плиты и направленная под углом α к горизонту (см. рис. 1.17). Кроме того, в плоскости плиты на неё действует пара сил с моментом M. Найти реакции шарниров A и B и усилие в стержневой подпорке CC_1 при равновесии плиты, если параметры нагрузки: $P = 1$ кН, $Q = 500$ Н, $F = 400$ Н, $M = 300$ Н·м, $\alpha = 35°$, $a = 2$ м, $b = 1{,}5$ м, $c = 0{,}2$ м, $d = 0{,}4$ м.

Решение

Заменим связи плиты их реакциями. Реакция шарнира A раскладывается на три составляющие $\bar{X}_A$, $\bar{Y}_A$, $\bar{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Направления координатных осей показаны на рис. 1.17. Реакция подшипника B лежит в плоскости, перпендикулярной оси подшипника, и её составляющими будут вектора $\bar{X}_B$, $\bar{Z}_B$, направленные вдоль координатных осей x, z. Реакция стержня $\bar{T}$ направлена вдоль стержня. Действие сил и реакций показано на рис. 1.18.

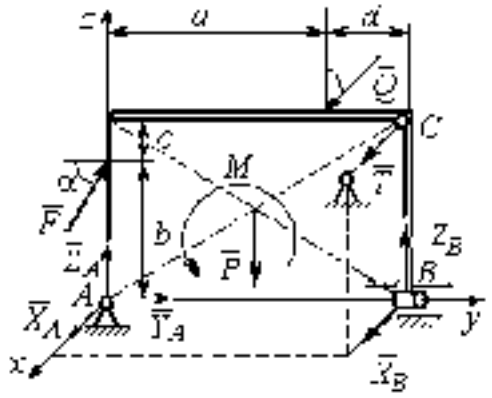


Рис. 1.18. Действие сил и реакций при равновесии плиты

Пространственная система сил, действующих на плиту, является уравновешенной: $(\bar{P}, \bar{F}, \bar{X}_B, \bar{Z}_B, \bar{T}, \bar{X}_A, \bar{Y}_A, \bar{Z}_A, M) \sim 0$. Уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0, \quad \sum F_{ky} = 0, \quad \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\bar{F}_k)=0,\ \sum M_y(\bar{F}_k)=0,\ \sum M_z(\bar{F}_k)=0.$$

В вычислениях моментов сил относительно осей будем считать момент положительным, если при взгляде со стороны положительного направления оси, сила врашает тело (плиту) против хода часовой стрелки. Получим:

$$\sum F_{kx}=0,\ X_A+Q+X_B+T=0,$$

$$\sum F_{ky}=0,\ Y_A+F\cos\alpha=0,$$

$$\sum F_{kz}=0,\ Z_A+F\sin\alpha-P+Z_B=0$$

$$\sum M_x(\bar{F}_k)=0,\ -F\cos\alpha\cdot b-P\cdot 0{,}5(a+d)+Z_B(a+d)+M=0,$$

$$\sum M_y(\bar{F}_k)=0,\ Q\cdot(b+c)+T\cdot(b+c)=0,$$

$$\sum M_z(\bar{F}_k)=0,\ -Q\cdot a-T\cdot(a+d)-X_B\cdot(a+d)=0.$$

Подставив исходные данные задачи, получим систему уравнений:

$$X_A+500-X_B+T=0,\ Y_A+400\cdot 0{,}82=0,\ Z_A-400\cdot 0.57\quad 1000+Z_B=0.$$

$$-400\cdot 0{,}82\cdot 1.5-1000\cdot 0.5\cdot 2{,}4+Z_B\cdot 2.4+300=0,$$

$$500\cdot 1{,}7+T\cdot 1{,}7=0,\quad -500\cdot 2-T\cdot 2{,}4-X_B\cdot 2{,}4=0,$$

откуда находим значения составляющих реакций.

$$T=-500\,\text{Н},\ X_B\quad 83{,}33\ \text{Н},\ Z_B=580\ \text{Н},$$

$$X_A=-83{,}33\ \text{Н},\ Y_A=-328\ \text{Н},\ Z_A=192\ \text{Н}$$

Полные реакции пространственного шарнира A:

$$R_A=\sqrt{X_A^2+Y_A^2+Z_A^2}=389{,}09\ \text{Н},$$

цилиндрического шарнира B: $R_B=\sqrt{X_B^2+Z_B^2}=585{,}95$ Н.

2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА

Кинематикой называется раздел механики, в котором изучаются свойства движения материальных тел без учета их масс и действующих на них сил.

2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

Векторный способ основан на определении положения точки ее радиусом-вектором в виде векторного уравнения $\bar{r} = \bar{r}(t)$. При **координатном способе** задания движения точки положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$. **Естественный способ** задания движения используется, если заранее известна траектория движения точки. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $OM = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки O, принятой за начало отсчета.

Мгновенная скорость, или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиуса-вектора точки: $\bar{v} = \dot{\bar{r}}$. Вектор скорости точки $\bar{v}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.

При координатном способе задания движения величины проекций вектора скорости $\bar{v}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $v_x = \dot{x}$, $v_y = \dot{y}$, $v_z = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$. При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\bar{v} = \dot{S}\bar{\tau}$, где $S = S(t)$ – закон изменения длины дуги, $\bar{\tau}$ – единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону возрастающих расстояний.

Величина $V = |\dot{S}|$ называется алгебраической скоростью точки. При $\dot{S} > 0$ вектор скорости $\bar{V}$ направлен по единичному вектору $\bar{\tau}$ в сторону возрастающих расстояний. При $\dot{S} < 0$ он имеет направление, противоположное единичному вектору $\bar{\tau}$, т. е. в сторону убывающих расстояний.

Мгновенное ускорение, или ускорение точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\bar{a} = \dot{\bar{V}} = \ddot{\bar{r}}$. При координатном способе проекции вектора ускорения $\bar{a}$ на координатные оси величины a_x, a_y, a_z определяются равенствами: $a_x = \dot{V}_x = \ddot{x}$, $a_y = \dot{V}_y = \ddot{y}$, $a_z = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения равен: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

При естественном способе задания движения вектор ускорения точки $\bar{a}$ раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие $\bar{a}_n$ и $\bar{a}_\tau$, параллельные осям n и τ естественной системы координат, и представляется в виде равенства $\bar{a} = a_\tau \bar{\tau} + a_n \bar{n}$, или $\bar{a} = \bar{a}_\tau + \bar{a}_n$, где $\bar{\tau}$ – единичный направляющий вектор оси, касательной к траектории (касательная ось); $\bar{n}$ – единичный направляющий вектор главной нормали траектории. Величина a_n называется **нормальным ускорением** точки и вычисляется по формуле: $a_n = \frac{V^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны траектории. (У окружности радиус кривизны равен её радиусу, у прямой линии – бесконечности.) Вектор $\bar{a}_n$ нормальной составляющей ускорения всегда направлен к центру кривизны траектории. При движении по окружности радиус кривизны траектории равен радиусу окружности, а центр кривизны траектории совпадает с центром окружности. Величина a_τ называется **касательным ускорением** и равна модулю второй производной от заданного закона изменения длины дуги: $a_\tau = |\ddot{S}|$, где $S = S(t)$ – закон изменения длины дуги. Направление вектора касательного ускорения $\bar{a}_\tau$ зависит от знака второй производной $\ddot{S}$. При $\ddot{S} > 0$

вектор a_τ направлен в сторону возрастающих расстояний, по направлению единичного вектора τ, при $\ddot{S} < 0$ в сторону убывающих расстояний (противоположно единичному вектору τ). Вектор полного ускорения a направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах a_n и a_τ. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$.

2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси

Движение тела, при котором все точки некоторой его прямой остаются неподвижными, называется **вращательным**, а указанная прямая называется осью вращения. Вращение тела задается **углом поворота** $\varphi = \varphi(t)$ подвижной плоскости, связанной с телом, относительно некоторого ее начального положения. Направление вращения с возрастанием угла поворота считается положительным.

Величина **угловой скорости** вращения тела равна модулю производной от угла поворота тела по времени: $\omega = |\dot{\varphi}|$. Направление угловой скорости вращения тела зависит от знака производной $\dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ вращение происходит в положительном направлении, в сторону возрастания угла поворота, при $\dot{\varphi} < 0$ – в отрицательном. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Вектор угловой скорости $\vec{\omega}$ направлен вдоль оси вращения в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки.

Величина **углового ускорения** при вращении тела равна модулю второй производной от угла поворота тела по времени: $\varepsilon = |\ddot{\varphi}|$. Если $\ddot{\varphi}$ одного знака с $\dot{\varphi}$, то угловое ускорение ускоряет вращение тела, если разных знаков, то угловое ускорение замедляет вращение.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки вращающегося твердого тела** (в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной**, или **окружной скоростью** точки. Величина скорости рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где ω – величина угловой скорости тела; h

расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости точки лежит в плоскости описываемой точкой окружности и направлен по касательной к ней в сторону вращения тела. Отношение скоростей двух точек вращающегося тела равно отношению расстояний от этих точек до оси: $\frac{V_{M1}}{V_{M2}} = \frac{h_1}{h_2}$.

Ускорение точки вращающегося твердого тела рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений: $\bar{a}_M = \bar{a}_\tau + \bar{a}_n$. Величины касательного, нормального и полного ускорений точки вращающегося тела, соответственно: $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$, $a_M = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела; h – расстояние от точки до оси вращения.

2.3. Плосковараллельное движение твёрдого тела

Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной плоскости. Плоское движение представляется в виде суммы мгновенного поступательного движения, при котором все точки плоской фигуры движутся со скоростью выбранной точки-полюса, и мгновенного вращательного движения вокруг этого полюса.

Скорость любой точки M плоской фигуры равна векторной сумме вектора скорости точки-полюса и вектора скорости точки M при вращении тела вокруг этого полюса: $\bar{V}_M = \bar{V}_A + \bar{V}_{MA}$, где $\bar{V}_M$ – скорость точки M; $\bar{V}_A$ – скорость полюса A; $\bar{V}_{MA}$ – вектор скорости точки M при вращении тела вокруг полюса A, модуль скорости $V_{MA} = \omega \cdot AM$, где ω – угловая скорость мгновенного вращательного движения тела вокруг полюса; AM – расстояние между полюсом A и точкой M.

Мгновенным центром скоростей называется такая точка P плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. Выбрав в качестве полюса мгновенный центр скоростей, скорость любой точки плоской фигуры

находят так, как если бы мгновенное движение фигуры было вращательным вокруг мгновенного центра скоростей.

Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\bar{V}_A$ и $\bar{V}_B$ каких-нибудь двух точек A и B плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей (рис. 2.1, *a*).

2. Если скорости V_A и V_B двух точек A и B плоской фигуры известны и параллельны друг другу, а линия AB перпендикулярна V_A (и, конечно, V_B), то мгновенный центр скоростей определяется как точка пересечения линий, проведенных через основания и вершины векторов скоростей (построение показано на рис. 2.1, *b*, *c*).

3. Если скорости $\bar{V}_A$ и $\bar{V}_B$ двух точек A и B параллельны друг другу, но линия AB, соединяющая эти точки, не перпендикулярна векторам скоростей (рис. 2.1, *d*), то мгновенная угловая скорость тела равна нулю и движение тела в данный момент времени является мгновенным поступательным. В этом случае скорости всех точек равны по величине и направлению.

4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный

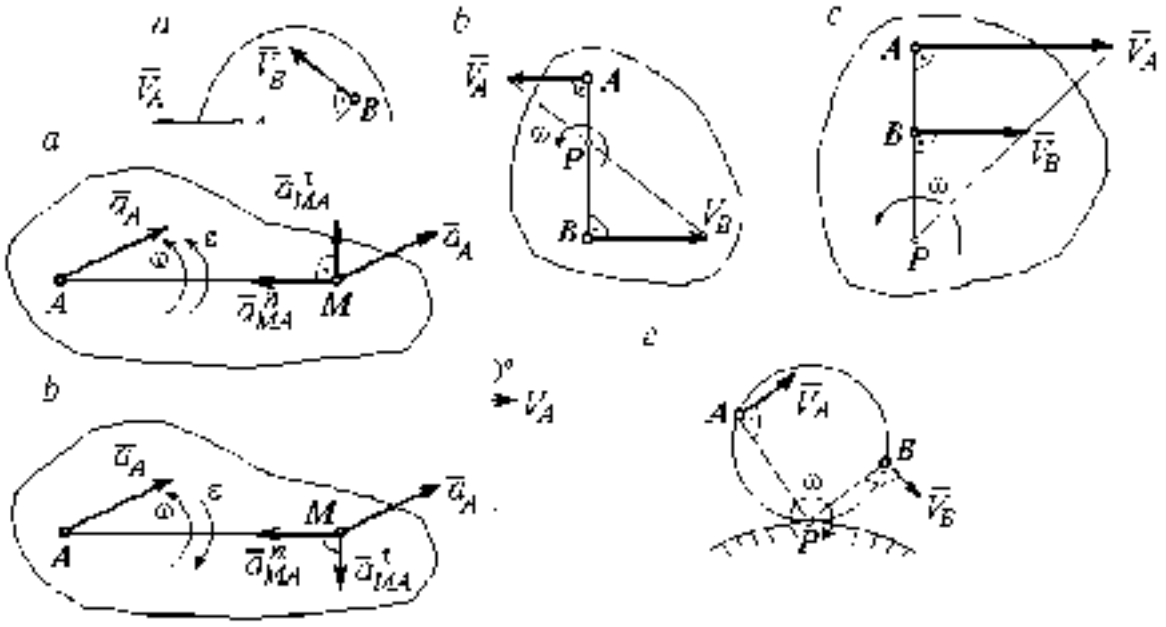


Рис. 2.2. Ускорение точек плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

центр скоростей расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью (рис. 2.1, *e*).

Ускорение любой точки *M* плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов – ускорения полюса и ускорения точки *M* при вращении фигуры вокруг полюса. Учитывая, что ускорение точки вращающегося тела представляется как сумма нормального и касательного ускорений, получим:

$$\bar{a}_M = \bar{a}_A + \bar{a}^{\tau}_{MA} + \bar{a}^{n}_{MA},$$

где $\bar{a}_A$ – ускорение полюса *A*; $\bar{a}^{\tau}_{MA}$, $\bar{a}^{n}_{MA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *M* при вращении фигуры вокруг полюса *A*.

Вектор нормального ускорения $\bar{a}^{n}_{MA}$ всегда направлен от точки *M* к полюсу *A*. Вектор касательного ускорения $\bar{a}^{\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку *AM* в сторону вращения, если оно ускоренное (рис. 2.2, *a*), и против вращения, если оно

замедленное (рис. 2.2, *б*). Численно величины касательного и нормального составляющих ускорения точки M определяются по формулам:

$$a^{\tau}_{M1} = \varepsilon \cdot AM\ ,\quad a^{n}_{M1} = \omega^2 \cdot AM\ ,$$

где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); AM – расстояние от точки M до полюса A (см. рис. 2.2).

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса A и точки M, то для определения ускорения точки M используется векторное равенство

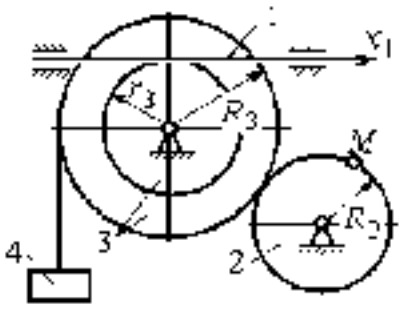
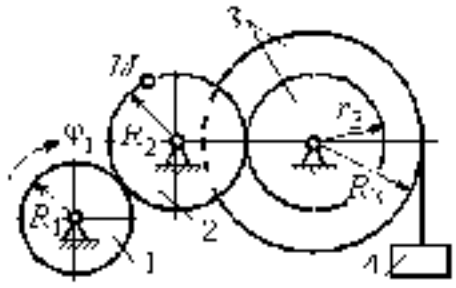
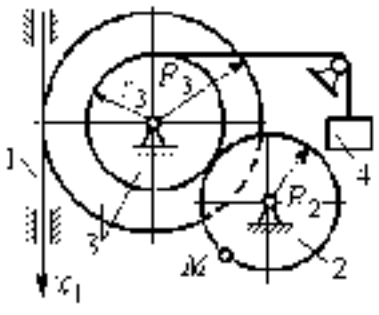
$$\vec{a}^{\tau}_{M} + \vec{a}^{n}_{M} = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA}\ .$$

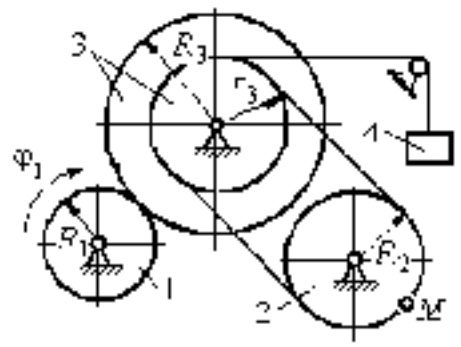
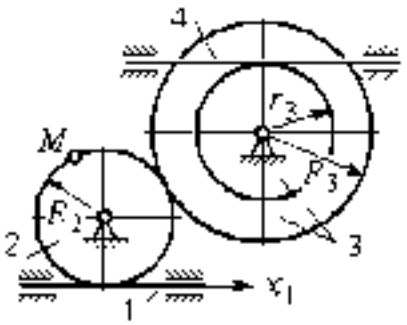
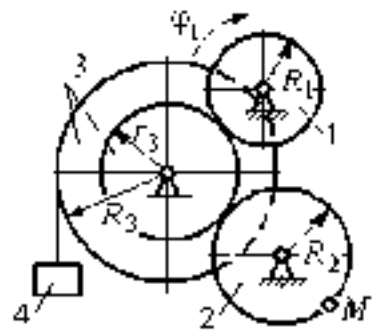
где $\vec{a}^{\tau}_{M}$, $\vec{a}^{n}_{M}$, $\vec{a}^{\tau}_{A}$, $\vec{a}^{n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M и полюса A при движении их по заданным траекториям.

2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях

По заданному движению одного из звеньев механизма $x_1 = x_1(t)$ (варианты 1, 3, 5, 7, 9) или $\varphi_1 = \varphi_1(t)$ (варианты 2, 4, 6, 8, 10) найти в момент времени t_1 скорость, касательное, нормальное и полное ускорения точки M звена механизма, совершающего вращательное движение, а также скорость и ускорение звена 4, совершающего поступательное движение.

Варианты заданий даны на рис. 2.3, 2.4. Исходные данные представлены в табл. 2.1.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**	**Варианты № 3, 13, 23**
		

Варианты № 4, 14, 24	Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
		

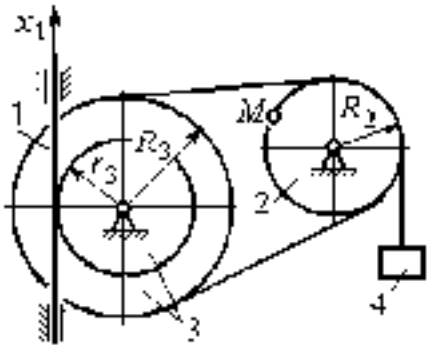
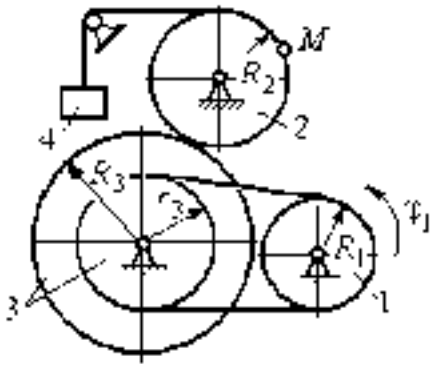
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

Рис. 2.3. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 1 – 8, 11 – 18, 21 – 28

Окончание вариантов задания К1

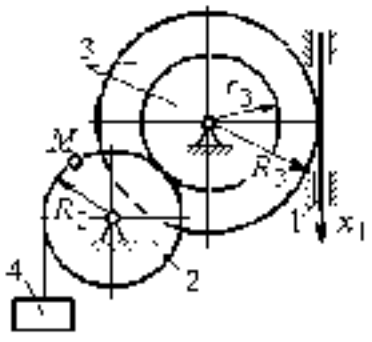
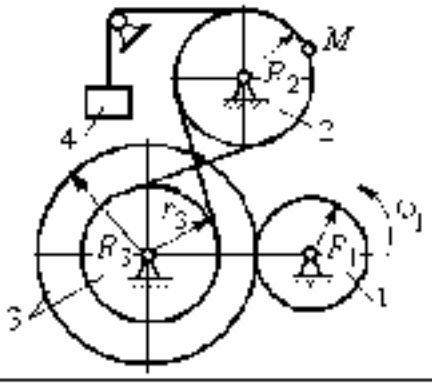
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	

Рис. 2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Таблица 2.1

Исходные данные вариантов задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
1	–	40	45	35	$x_1(t) = (3t-1)^2$	2
2	10	20	38	18	$\varphi_1(t) = t^2 + 6\cos(\pi t/6)$	3
3	–	30	42	18	$x_1(t) = 5t^2 \quad 2\cos(\pi t/2)$	1
4	15	30	45	20	$\varphi_1(t) = 5t^2 + \cos(\pi t/2)$	2
5	–	30	40	20	$x_1(t) = 6t - \cos\pi t/3)$	3
6	10	20	30	10	$\varphi_1(t) = t^3 - \cos(\pi t/2)$	1
7	–	30	40	30	$x_1(t) = 2$ $\sin(\pi t/2) + \cos(\pi t/2)$	2
8	8	10	30	25	$\varphi_1(t) \quad 5t - \cos(\pi t/2)$	2
9	–	18	30	18	$x_1(t) = 5t + \cos(\pi t/3)$	3
10	15	30	50	20	$\varphi_1(t) = 2t^2 + \sin(\pi t/4)$	2
11	–	30	40	25	$x_1(t) = (t^2 - 3t)$	2
12	12	20	40	28	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 6\sin(\pi t/6)$	3
13	–	25	60	42	$x_1(t) = 2t^2 - \cos(\pi t/2)$	1
14	10	30	45	30	$\omega_1(t) = 3t^2 + 2\cos(\pi t/2)$	2

Окончание табл. 2.1

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
15	–	20	30	20	$x_1(t)=3t^2-\cos(\pi t/3)$	3
16	12	18	40	20	$\varphi_1(t)\quad 2t^3+\cos(\pi t/2)$	1
17	–	20	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	2
18	15	18	40	25	$\varphi_1(t)\quad 5t-\cos(\pi t/2)$	1
19	–	22	50	18	$x_1(t)=t^2+\cos(\pi t/3)$	3
20	10	20	45	10	$\varphi_1(t)\quad 2t^2+\sin(\pi t/4)$	4
21	–	20	40	20	$x_1(t)=t+(3t-4)^2$	2
22	8	18	42	18	$\varphi_1(t)\quad 2t^2+12\cos(\pi t/6)$	3
23	–	45	60	40	$x_1(t)=4t^2+\sin(\pi t/2)$	1
24	5	15	30	20	$\varphi_1(t)\quad 2t^3+4\cos(\pi t/2)$	2
25	–	15	35	25	$x_1(t)=2t^2-\cos(\pi t/3)$	3
26	18	20	35	20	$\varphi_1(t)\quad 2t^3+\sin(\pi t/2)$	1
27	–	15	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	1
28	10	12	40	25	$\varphi_1(t)-2t^2+\cos(\pi t/2)$	1
29		35	50	10	$x_1(t)=t^3-\cos(\pi t/2)$	1
30	10	20	40	10	$\varphi_1(t)-2t^3+\cos(\pi t/4)$	4

Пример выполнения задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

По заданному уравнению движения звена 1 механизма (рис. 2.5, *а*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки M на момент времени t_1, а также скорость и ускорение звена 4, если значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: $R_2 = 20$ см, $r_2 = 5$ см, $R_3 = 8$ см, $r_3 = 4$ см, $x_1 = 2t^2 - 5t$ см, $t_1 = 1$ с.

Решение

Отметим на схеме положительные направления отсчета углов поворота дисков 2 и 3, соответствующие заданному положительному направлению движения звена 1.

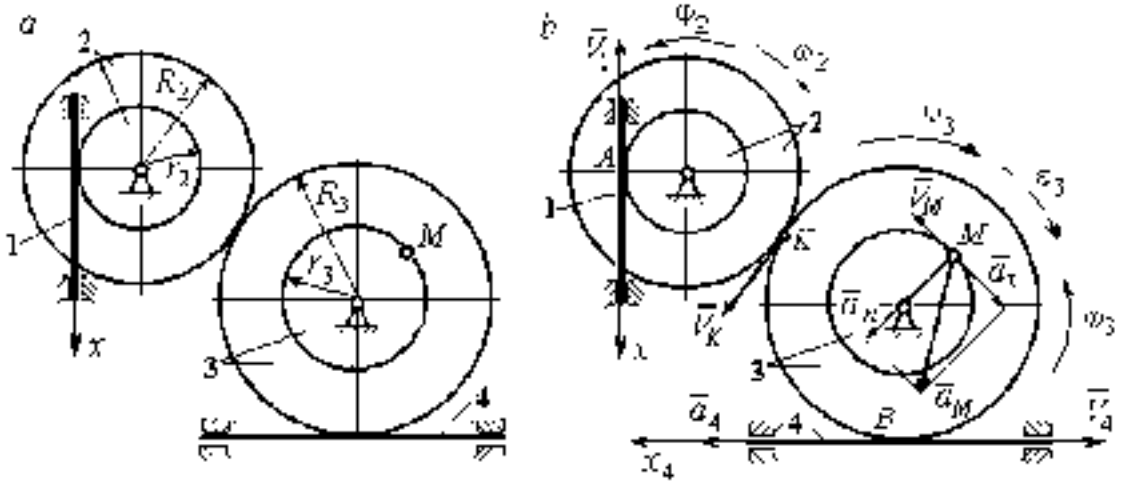


Рис. 2.5. Кинематика вращательного движения твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

Направления показаны на рис. 2.5, *b* дуговыми стрелками φ_2, φ_3, а положительное направление движения звена 4 – направлением оси x_4.

Звено 1 движется поступательно. Движение задано координатным способом в виде закона изменения координаты x. Дифференцируем по времени уравнение движения. $\dot{x} = 4t - 5$ см/с. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной: $\dot{x}(1) = -1$ см/с. Отрицательное значение производной $\dot{x}$ показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в отрицательном направлении оси x. Скорость звена 1 равна модулю производной: $V_1 = |\dot{x}|$. На рис. 2.5, *b* направление движения звена 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано вектором скорости $\bar{V}_1$, направленным в сторону, противоположную положительному направлению оси x. Эту же скорость будет иметь точка A – точка контакта звена 1 с диском 2, лежащая на расстоянии r_2 от оси вращения диска. Следовательно, $V_1 = V_A = \omega_2 r_2$, где ω_2 – угловая скорость диска 2. Отсюда угловая скорость диска: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r_2} = \dfrac{|4t-5|}{5} = |\dot{\varphi}_2|$ рад/с.

При $t_1 = 1$ с значение производной отрицательно: $\dot{\varphi}_2(1) = -0{,}2$ рад/с. Это означает, что в заданный момент времени вращение диска 2 с угловой скоростью

$\omega_2(1)=|\dot{\varphi}_2(1)| = 0{,}2$ рад/с происходит в отрицательном для диска 2 направлении. На рис. 2.5, *b* направление вращения диска 2 показано дуговой стрелкой ω_2 в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_2. При передаче вращения диска 2 диску 3 величины угловых скоростей дисков обратно пропорциональны радиусам дисков, которым принадлежит точка контакта: $\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{R_3}{R_2}$. Тогда, угловая скорость диска 3 $\omega_3 = \omega_2 \frac{R_2}{R_3} = |2t - 2{,}5| = |\dot{\varphi}_3|$ рад/с.

В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной $\dot{\varphi}_3$ отрицательно: $\dot{\varphi}_3(1) = -0{,}5$ рад/с, и, следовательно, вращение диска 3 в данный момент времени с угловой скоростью $\omega_3(1) = |\dot{\varphi}_3(1)| = 0{,}5$ рад/с происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_3, как показано на рис. 2.5, *b*. Величина (модуль) скорости точки M рассчитывается по формуле: $V_M = \omega_3 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с модуль скорости $V_M(1) = 2$ см/с. Вектор скорости $\bar{V}_M$ расположен по касательной к траектории движения точки M (окружности) и направлен в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Скорость звена 4 равна скорости точки касания его с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3 = |2t - 2{,}5| \cdot 8 = |\dot{x}_4|$. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной от координаты движения звена 4 отрицательно: $\dot{x}_4(1) = -4$ см/с. В результате, вектор скорости $\bar{V}_4(1)$, равный по модулю $V_4(1) = 4$ см/с, направлен вдоль оси x_4 в сторону, противоположную ее положительному направлению (см. рис. 2.5, *b*).

Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3(t) = |\dot{\omega}_3| = |\ddot{\varphi}_3| = 2$ рад/с^2. Из того, что угловая скорость ω_3 и угловое ускорение $\dot{\omega}_3$ диска 3 имеют разные знаки, следует, что вращение диска 3 замедленное. Угловое ускорение диска направлено в сторону положительного направления отсчета угла поворота φ_3 диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Касательное ускорение a_τ точки M рассчитывается по формуле $a_\tau = \varepsilon_3 r_3$ и в момент времени $t_1 = 1$ с: $a_\tau = 8$ см/с^2. Так как вращение диска 3 замедленное,

вектор касательного ускорения точки M $\bar{a}_\tau(t)$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\bar{V}_M(1)$ (см. рис. 2.5. *b*). Нормальное ускорение a_n точки M рассчитывается как $a_n = \omega_3^2 R_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения: $a_n(1) = 1$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\bar{a}_n(1)$ направлен по радиусу к центру диска 3 (см. рис. 2.5. *b*). Полное ускорение точки M в заданный момент времени: $a_M(1) = \sqrt{a_\tau^2(1) + a_n^2(1)} = 8{,}06$ см/с^2. Вектор полного ускорения $\bar{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\bar{a}_n$ и $\bar{a}_\tau$.

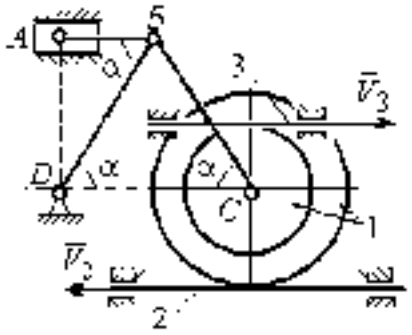
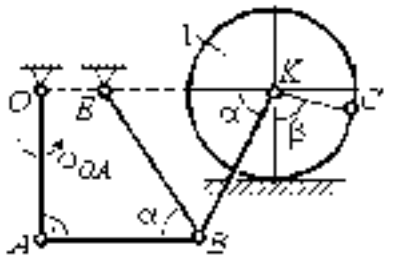
Ускорение a_4 звена 4 находится из условия, что звено 4 движется поступательно и прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. Тогда $a_4 = a_{4\tau} = \Gamma_A' = \ldots = \Gamma_B' = |\bar{\varepsilon}_3| R_3 = \varepsilon_3 R_3$.

Так как угловое ускорение диска 3 является постоянной величиной, ускорение a_4 не зависит от времени: $a_4 = 16$ см/с^2. Вектор ускорения $\bar{a}_4$ направлен вдоль оси x_4 в сторону положительных значений.

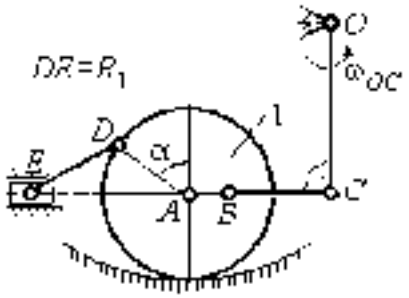
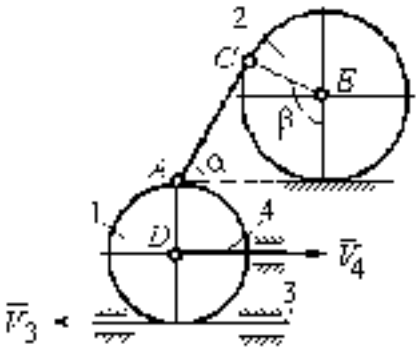
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить скорости точек и угловые скорости звеньев механизма.

Варианты заданий показаны на рис. 2.6 – 2.8. Исходные данные вариантов заданий выбираются из таблиц, приведённых на рисунках схем механизмов.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
 Найти: V_A, V_B, V_C, ω_{AB}, ω_{BC}, ω_1, ω_{BD}	 Найти: V_A, V_B, V_K, ω_1, ω_{AB}, ω_{OA}, ω_{BC}, ω_{BK}

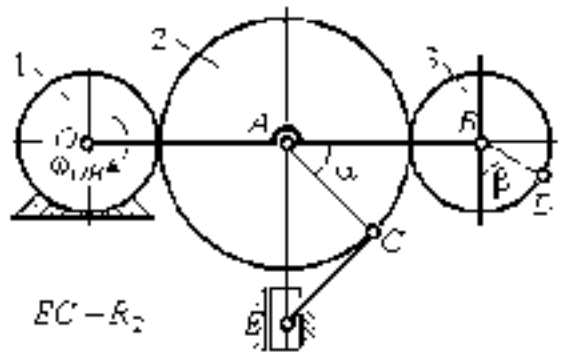
Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	AD, см	α, град	V_2, см/с	V_3, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	OE, см	α, град	β, град	V_1, см/с
1	10	5	20	30	8	10	**2**	3	5	4	30	60	10
11	12	8	25	45	10	4	**12**	4	8	6	45	90	8
21	10	6	15	60	5	5	**22**	5	12	2	60	120	12

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
 Найти: V_A, V_B, V_C, Γ_{D1}, Γ_{D2}, ω_{BC}, ω_1, ω_{DE}	 Найти: V_A, V_C, V_E, ω_1, ω_2, ω_{AC}

Номер варианта задания	R_1, см	OC, см	AB, см	BC, см	α, град	ω_{OC}, рад/с	Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	α, град	β, град	V_3, см/с	V_4, см/с
3	12	18	10	35	60	4	**4**	10	15	30	60	8	4
13	10	15	10	25	90	8	**14**	6	10	45	90	4	6
23	15	20	5	20	120	6	**24**	10	12	60	120	3	3

Рис. 2.6. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

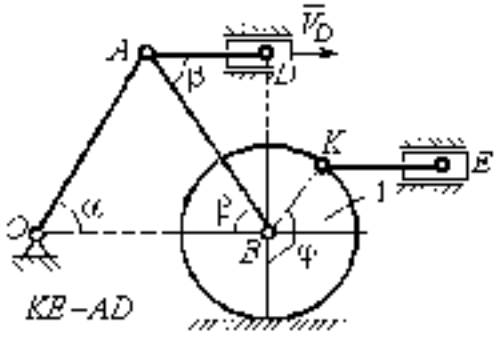
Варианты № 5, 15, 25



Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, ω_2, ω_3, ω_{BC}

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	R_3, см	α, град	β, град	ω_1, рад/с
5	10	20	12	60	0	6
15	6	18	10	90	90	8
25	20	25	15	120	180	4

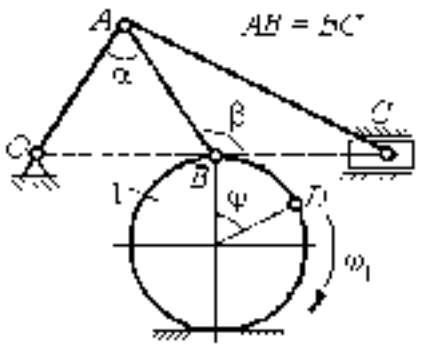
Варианты № 6, 16, 26



Найти: V_A, V_B, V_K, V_E, ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AD}, ω_{KE}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	φ, град	V_E, см/с
6	10	20	30	60	60	12
16	12	26	30	30	90	8
26	15	30	60	60	120	15

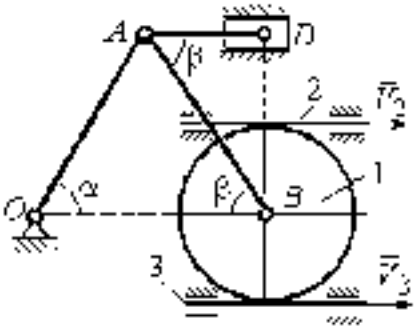
Варианты № 7, 17, 27



Найти: V_A, V_B, V_C, ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AC}

Номер варианта задания	R_1, см	AB, см	α, град	β, град	φ, град	V_C, см/с
7	10	20	30	60	60	12
17	12	25	60	120	90	16
27	8	16	30	60	120	10

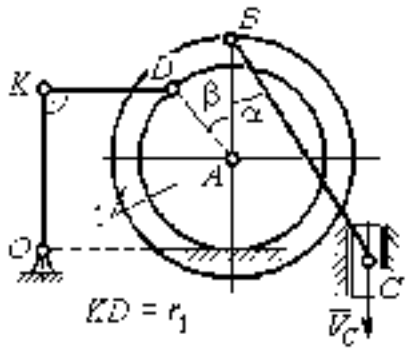
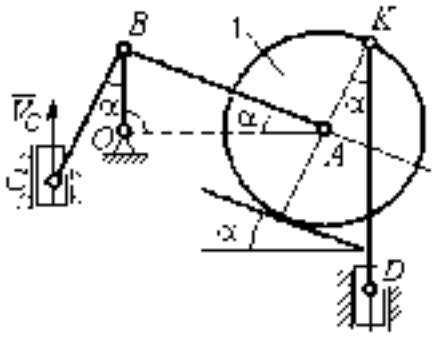
Варианты № 8, 18, 29



Найти: V_A, V_B, V_D, ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AD}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	V_2, см/с	V_3, см/с
8	10	20	30	60	12	4
18	12	26	30	30	8	2
28	15	30	60	60	6	3

Рис. 2.7. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
 Найти: ω_{OK}, ω_{KD}, ω_{IB}, ω_1, V_A, V_B, V_K, V_D	 Найти: V_A, V_B, V_D, V_K, ω_{OB}, ω_1, ω_{OK}, ω_{AB}, ω_{KD}

Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	α, град	β, град	BC, см	V_C, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	OB, см	OK, см	KD, см	α, град	V_C, см/с
9	20	12	45	60	60	8	**10**	10	20	30	60	30	4
19	24	16	60	90	50	4	**20**	12	26	30	50	45	2
29	16	10	30	120	40	6	**30**	15	30	60	60	60	3

Рис. 2.8. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Пример выполнения задания К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Задача 1. Плоский механизм (рис. 2.9) состоит из стержня OC и подвижных дисков 2 и 3 радиусами r_2, r_3, шарнирно закрепленными на стержне, соответственно, в точках A и C. Стержень OC вращается вокруг неподвижного центра O с угловой скоростью ω_{OC}. Диск 2, увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзывания по неподвижной поверхности диска 1 радиусом r_1. Диск 3, также увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзывания по подвижному диску 2. В точке D, расположенной на краю диска 3, шарнирно прикреплен стержень 4, к которому в точке E шарнирно

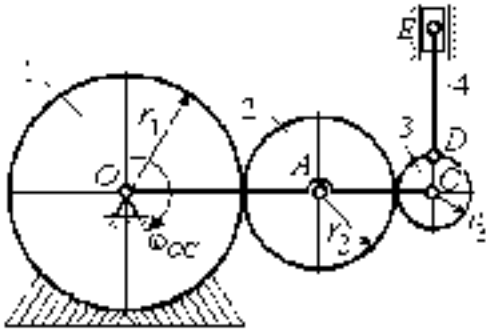


Рис. 2.9. Схема плоского механизма

прикреплен поршень E, способный совершать только вертикальное перемещение. Для заданного положения механизма (см. рис. 2.9), когда стержень OC горизонтален, стержень DE направлен по линии вертикального диаметра диска 3, найти скорости точек A, C, D, E, угловые скорости дисков 2, 3 и стержня 4, если: $r_1 = 6$ см, $r_2 = 4$ см, $r_3 = 2$ см, $DE = 10$ см, $\omega_{OK} = 1$ рад/с.

Решение

Определим скорость точки A, общей для стержня OC и диска 2: $V_A = \omega_{OK} \cdot (r_1 + r_2) = 10$ см/с. Вектор скорости $\bar{V}_A$ перпендикулярен стержню OC и направлен в сторону его вращения (рис. 2.10).

Диск 2 катится по неподвижной поверхности диска 1. Точка касания диска 2 с неподвижным диском 1 является мгновенным центром скоростей диска 2. На рис. 2.10 центр скоростей диска 2 обозначен точкой P_2. В этом случае скорость точки A может быть определена через угловую скорость диска ω_2 следующим образом: $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = 4\omega_2$. Так как $V_A = 10$ см/с, получим $\omega_2 = 2.5$ рад/с.

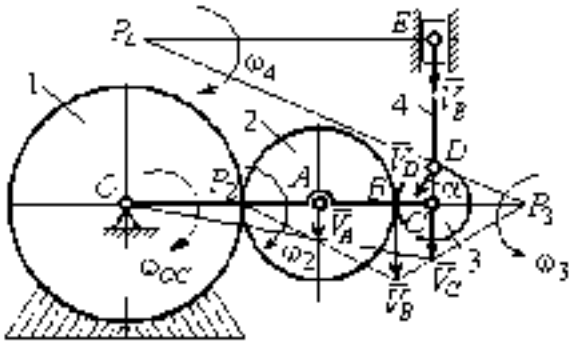


Рис. 2.10. Расчетная схема для определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Для того чтобы найти угловую скорость диска 3, необходимо определить положение его мгновенного центра скоростей. С этой целью вычислим скорости точек B и C. Скорость точки B может быть найдена через угловую скорость диска 2: $V_B = \omega_2 \cdot BP_2 = 20$ см/с. Вектор скорости $\bar{V}_B$ перпендикулярен отрезку BP_2 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 2 вокруг своего центра скоростей P_2.

Скорость точки C определяется через угловую скорость стержня OC: $V_C = \omega_{OK} (r_1 + 2r_2 + r_3) = 16$ см/с. Вектор скорости $\bar{V}_C$ перпендикулярен стержню OC и направлен в сторону его вращения (см. рис. 2.10).

Построение мгновенного центра скоростей P_3 диска 3 по известным скоростям V_B и V_C показано на рис. 2.10. Его положение определяется из условия, что отношение скоростей двух точек тела, совершающего плоскопараллельное движение, равно отношению расстояний от этих точек до мгновенного центра скоростей: $\frac{V_B}{V_C} = \frac{8 + CP_3}{CP_3}$. Разрешая пропорцию относительно неизвестной величины CP_3, получим CP_3 8 см. Скорость точки C выражается через угловую скорость диска 3 $V_C = \omega_3 \cdot CP_3$. Откуда величина угловой скорости диска 3. $\omega_3 = \frac{V_C}{CP_3}$ 2 рад/с. Направление мгновенного вращения диска 3 вокруг своего центра скоростей определяется известными направлениями скоростей точек C и B, принадлежащих диску 3 (см. рис. 2.10). Скорость точки D $V_D = \omega_3 \cdot DP_3 = 2 \cdot \sqrt{2^2 + 8^2}$ = 16,5 см/с. Вектор скорости $\bar{V}_D$ перпендикулярен отрезку DP_3 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 3 вокруг центра P_3.

Для определения скорости поршня E воспользуемся теоремой о проекциях скоростей точек плоской фигуры, согласно которой проекции скоростей двух точек плоской фигуры на ось, проходящую через эти точки, равны между собой. Проведем ось через точки D и E. По построению, угол α между вектором $\bar{V}_D$ и осью DE равен углу $\angle DP_3C$ (см. рис. 2.10). Тогда, $\cos\alpha = \frac{CP_3}{DP_3} = \frac{8}{\sqrt{2^2 + 8^2}} = 0.97$, откуда $\alpha = 14^\circ$. На основании теоремы о проекциях скоростей точек плоской фигуры имеем равенство: $V_D \cos\alpha = V_E \cos 0$, откуда скорость точки E: $V_E = 16$ см/с.

Мгновенный центр скоростей стержня 4 точка P_4 определяется как точка пересечения перпендикуляров к векторам скоростей $\bar{V}_D$ и $\bar{V}_E$, восстановленных, соответственно, из точек D и E (см. рис. 2.10). Угловая скорость стержня 4, совершающего мгновенный поворот вокруг своего центра скоростей, равна: $\omega_4 = \frac{V_E}{EP_4}$, где EP_4 расстояние от точки E до мгновенного центра скоростей звена 4.

$EP_1 = DE \cdot \operatorname{ctg}\alpha = 40$ см. В результате, $\omega_4 = 0{,}4$ рад/с. Направление мгновенного вращения звена 4 вокруг своего центра скоростей определяется направлением скорости точки D.

Задача 2. В плоском стержневом механизме (рис. 2.11) кривошипы OA и ED вращаются вокруг неподвижных центров O и E. В крайней точке D кривошипа ED к нему прикреплён шатун DB, второй конец которого в точке B прикреплён к кривошипу OA. Шатун AC прикреплён в точке A к кривошипу AO, а другим своим концом – к ползуну C, способному совершать только вертикальное движение. Все соединения шарнирные. В заданном положении механизма кривошип OA вертикален, шатун DB расположен горизонтально, кривошип ED наклонен под углом 60° к горизонтали, а шатун AC отклонен на угол 30° от вертикального положения кривошипа AO. Найти скорости всех отмеченных на схеме точек и угловые скорости всех звеньев, если линейные размеры звеньев механизма $AC = 6$ см, $AB = 2$ см, $BO = 8$ см, $DB = 10$ см и скорость ползуна в данный момент $V_C = 4$ см/с.

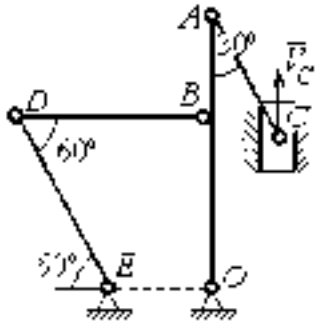


Рис. 2.11. Стержневой механизм

Решение

Кривошипы OA и ED совершают вращательные движения вокруг неподвижных центров. Скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ точек A и B перпендикулярны кривошипу OA, а скорость $\vec{V}_D$ точки D перпендикулярна кривошипу ED. Направления векторов скоростей точек показаны на рис. 2.12.

Шатун AC совершает плоскопараллельное движение. Его мгновенный центр скоростей P_1 находится как точка пересечения перпендикуляров к скоростям $\bar{V}_A$ и $\bar{V}_C$. Угловая скорость звена AC равна $\omega_{AC} = \frac{V_C}{P_1C} = \frac{V_C}{AC \cdot \sin 30^\circ} = \frac{4}{3}$ рад/с. Далее, полагая, что точка A принадлежит шатуну AC, найдем ее скорость:

$$V_A = \omega_{AC} \cdot P_1A = \frac{4}{3} AC \cdot \cos 30^\circ = 4\sqrt{3} \text{ см/с}.$$

Теперь, исходя из того, что точка A принадлежит как шатуну AC, так и кривошипу OA, найдём его угловую скорость: $\omega_{AO} = \frac{V_A}{AO} = 0{,}4\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки B кривошипа $V_B = \omega_{AO} \cdot OB = 3{,}2\sqrt{3}$ см/с.

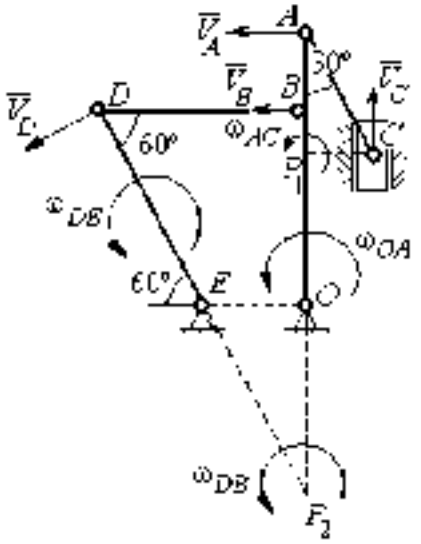


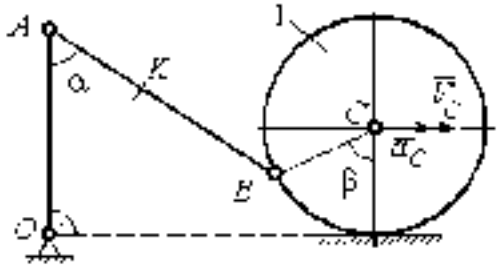
Рис. 2.12. Расчётная схема определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Шатун DB совершает плоскопараллельное движение. Зная направления скоростей точек B и D, построим мгновенный центр скоростей P_2 звена DB как точку пересечения перпендикуляров к скоростям $\bar{V}_B$ и $\bar{V}_D$ (см. рис. 2.12). Тогда, угловая скорость шатуна DB $\omega_{DB} = \frac{V_B}{P_2B} = \frac{3{,}2\sqrt{3}}{DB \cdot \operatorname{tg} 60^\circ}$ 0,32 рад/с. Скорость точки D $V_D = \omega_{DB} \cdot P_2D = 0{,}32 \frac{DB}{\sin 30^\circ}$ 6,4 см/с. Угловая скорость кривошипа DE $\omega_{DE} = \frac{V_D}{DE} = \frac{6{,}4}{(OB \sin 60^\circ)} = 0{,}69$ рад/с.

2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить ускорения точек звеньев механизма и угловые ускорения звеньев. Варианты заданий и исходные данные приведены на рис. 2.13 – 2.15.

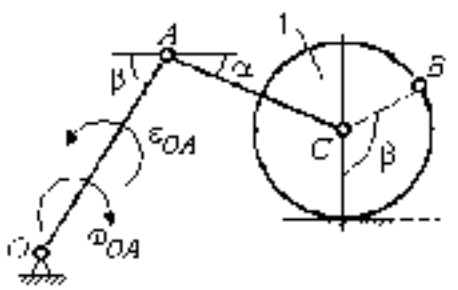
Варианты № 1, 11, 21



Найти: a_A, a_K, ε_{AB}.

Номер варианта задания	AB, см	AK, см	α, град	β, град	R_1, см	V_C, см/с	a_C, см/с²
1	16	10	60	120	10	12	6
11	20	16	30	60	8	10	8
21	18	10	60	180	6	8	4

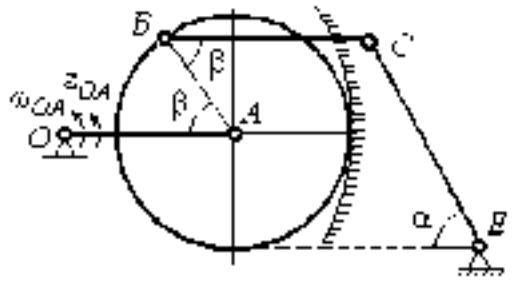
Варианты № 2, 12, 22



Найти: a_C, a_B, ε_{AC}.

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	AC, см	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с²
2	5	10	12	30	60	2	4
12	8	24	20	30	120	1	2
22	6	12	15	60	90	2	3

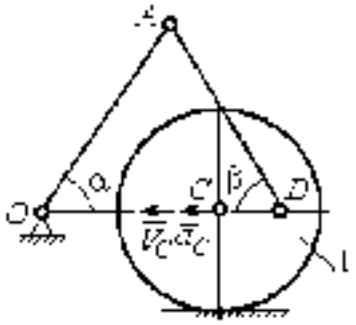
Варианты № 3, 13, 23



Найти: a_C, a_B, ε_{BC}.

Номер варианта задания	BC, см	AO, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с²
3	16	15	60	90	**10**	2	3
13	18	12	90	60	8	3	2
23	14	12	30	120	**10**	2	4

Варианты № 4, 14, 24

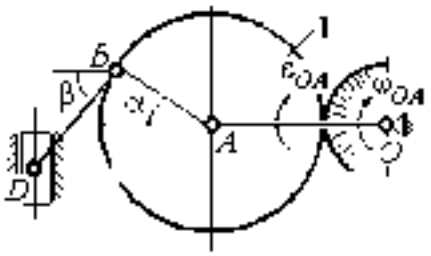


Найти: a_A, a_D, ε_{DA}.

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	DC, см	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с²
4	10	28	5.78	60	30	**10**	2
14	8	24	4.62	30	90	8	3
24	6	20	6	**45**	**45**	12	2

Рис. 2.13. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

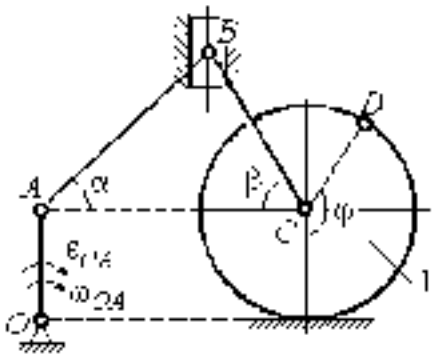
Варианты № 5, 15, 25



Найти: a_D, a_B, ε_{BD}.

Номер варианта задания	OA, см	BD, см	α, град	β, град	K, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
5	**16**	10	60	30	**10**	4	3
15	**18**	8	90	45	**12**	2	4
25	**14**	12	30	60	**8**	3	2

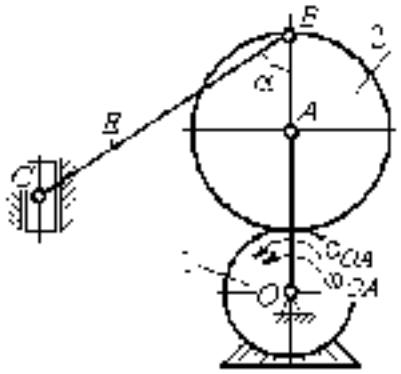
Варианты № 6, 16, 26



Найти: a_B, a_D, ε_{BD}.

Номер варианта задания	K_0, см	AB, см	φ, град	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
6	6	18	60	30	30	2	3
16	**8**	20	**90**	60	30	2	**4**
26	5	16	**120**	30	60	3	**4**

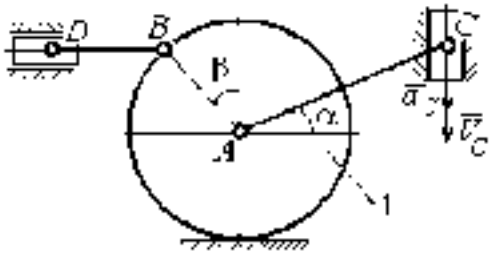
Варианты № 7, 17, 27



Найти: a_E, a_C, ε_{BA}.

Номер варианта задания	BC, см	BE, см	α, град	R_1, см	R_2, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
7	22	10	60	2	10	2	3
17	28	15	30	3	6	3	4
27	20	8	45	4	8	2	2

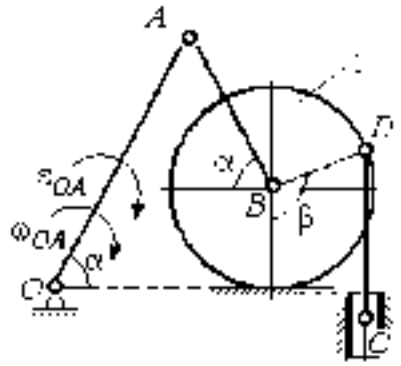
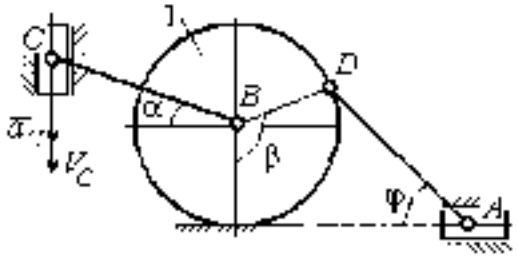
Варианты № 8, 18, 28



Найти: a_D, a_B, ε_{BD}.

Номер варианта задания	R_1, см	BD, см	AC, см	α, град	β, град	v_C, см/с	a_C, см/с^2
8	4	5	12	60	60	12	5
18	6	10	16	45	90	10	8
28	8	8	16	30	120	8	6

Рис. 2.14. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
 Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AB}$	 Найти: $a_A, a_B, \varepsilon_{OA}$

Номер варианта	OA, см	AC, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
9	18	**10**	30	**120**	4	2	3
19	20	**12**	60	**60**	6	3	**4**
29	18	**8**	60	**90**	4	2	3

Номер варианта	R_1, см	BC, см	α, град	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
10	6	**14**	60	30	**120**	15	3
20	5	**18**	45	60	**90**	10	5
30	4	**16**	30	45	**60**	12	**4**

Рис. 2.15. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Примеры решения задания К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении

Задача 1 Ступенчатый барабан 1 с радиусами ступенек $R = 0{,}5$ м и $r = 0{,}3$ м катится окружностью малой ступеньки по горизонтальной поверхности без скольжения (рис. 2.16). Барабан приводится в движение шатуном AC, один конец которого соединён с центром барабана в точке A, а другой – с ползуном C, перемещающимся вертикально. В положении механизма, когда шатун AC отклонён от вертикали на угол 60°, найти ускорение точки B барабана, лежащей на его горизонтальном диаметре, если заданы скорость и ускорение ползуна C: V_C = 9 м/с, a_C = 4 м/с^2.

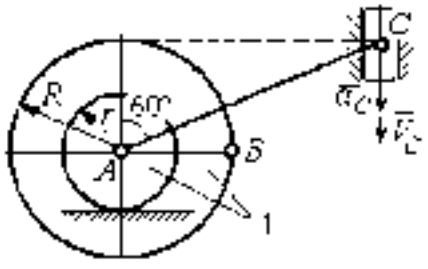


Рис. 2.16. Схема движения плоского механизма

Решение

Найдём угловые скорости ω_{AC}, ω_1 шатуна AC и барабана 1. Шатун совершает плоское движение. Его мгновенный центр скоростей P_2 находится на пересечении перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (рис. 2.17). По условию, скорость точки C направлена вертикально вниз. Точка A принадлежит как шатуну AC, так и барабану 1. При качении барабана по горизонтальной поверхности скорость его центра – точки A параллельна поверхности качения барабана.

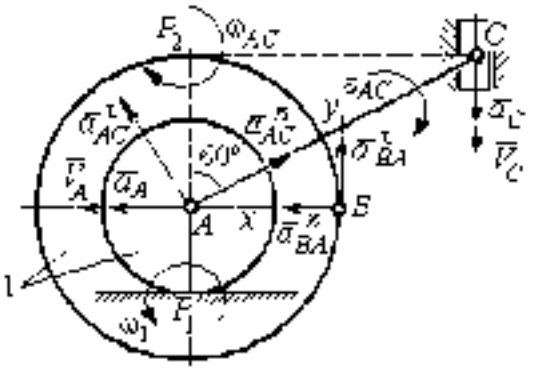


Рис. 2.17. Расчётная схема определения скоростей и ускорений точек механизма

Угловая скорость шатуна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_2} = \dfrac{9}{R\operatorname{tg}60^\circ} = 6\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки A шатуна $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2 = 3\sqrt{3}$ м/с. Угловая скорость барабана 1 $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1} = 10\sqrt{3}$ рад/с. При расчёте угловой скорости барабана учтено, что качение барабана по неподвижной поверхности представляет собой плоское движение, при котором мгновенный центр скоростей находится в точке касания с поверхностью (в точке P_1 на рис. 2.17).

Выразим ускорение $\vec{a}_A$ точки A через полюс C на основании векторного равенства: $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}^{\tau}_{AC} + \vec{a}^{n}_{AC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки C, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\tau}_{AC}$, $\vec{a}^{n}_{AC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки A при вращении шатуна AC вокруг полюса C. Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{n}_{AC}$ направлен вдоль шатуна AC от точки A к полюсу C и равен по величине $a^{n}_{AC} = \omega^2_{AC} \cdot AC = (6\sqrt{3})^2 \cdot 2R = 108$ м/с^2. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\tau}_{AC}$, модуль которого вычисляется по формуле $a^{\tau}_{AC} = \varepsilon_{AC} \cdot AC$, направлен перпендикулярно отрезку AC.

На данном этапе величина вектора касательного ускорения не может быть вычислена, поскольку угловое ускорение шатуна AC ε_{AC} неизвестно. На рис. 2.17 направление вектора касательного ускорения $\vec{a}^{\tau}_{AC}$ выбрано из предположения, что

вращение шатуна ускоренное и направление углового ускорения совпадает с направлением его угловой скорости.

Направление вектора $\bar{a}_1$ ускорения точки A определяется из того, что центр барабана движется по прямой, параллельной горизонтальной поверхности качения. На рис. 2.17 направление вектора ускорения $\bar{a}_1$ выбрано из предположения, что качение барабана ускоренное.

Выберем ось x вдоль линии AC (рис. 2.18) и спроектируем векторное равенство $\bar{a}_1 = \bar{a}_C + \bar{a}^{\tau}_{1C} + \bar{a}^{n}_{1C}$ на эту ось. При таком выборе оси проекция неизвестного ускорения $\bar{a}^{\tau}_{1C}$ обращается в нуль. Получим $a_1\cos 30^\circ = a_C\cos 60^\circ - a^{n}_{1C}$. Отсюда найдём ускорение центра барабана $a_1 = \dfrac{1}{\cos 30^\circ}\left(a_C\cos 60^\circ - a^{n}_{AC}\right) = -122{,}4$ м/с^2. Отрицательное значение ускорения точки A означает, что на рис. 2.17, 2.18 вектор ускорения $\bar{a}_1$ должен иметь противоположное направление. Таким образом, вектор ускорения $\bar{a}_1$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\bar{v}_1$, и движение барабана замедленное.

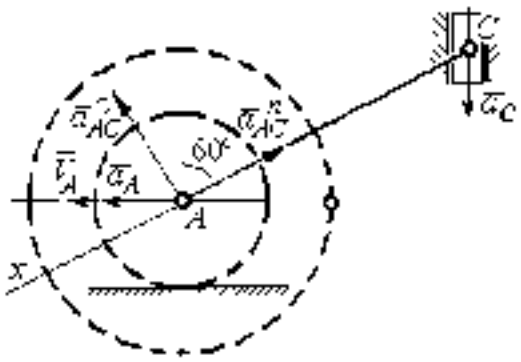


Рис. 2.18. Схема для определения ускорения центра барабана

Для того чтобы найти ускорение точки B, выразим его через полюс A на основании векторного равенства $\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^{\tau}_{BA} + \bar{a}^{n}_{BA}$, где $\bar{a}_A$ – ускорение точки A, выбранной в качестве полюса; $\bar{a}^{\tau}_{BA}$, $\bar{a}^{n}_{BA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки B при вращении барабана вокруг полюса A.

Модуль вектора нормального ускорения $\bar{a}^{n}_{BA}$ равен по величине $a^{n}_{BA} = \omega_1^2 \cdot BA = (10\sqrt{3})^2 \cdot R = 150$ м/с^2. Вектор направлен вдоль радиуса барабана от точки B к полюсу A (см. рис. 2.17).

Модуль вектора касательного ускорения $\bar{a}^{\tau}_{B1}$ вычисляется по формуле $a^{\tau}_{B1} = \varepsilon_1 \cdot BA$, где ε_1 – угловое ускорение барабана. Значение углового ускорения катящегося барабана (в отличие от углового ускорения ε_{AC} шатуна AC) может быть найдено. Расчёт основан на том, что при движении барабана расстояние AP_1 от точки A до центра скоростей барабана P_1 остаётся постоянным, равным r. Тогда выражение $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 \cdot r$ для расчёта скорости точки A можно продифференцировать. Получим $\dfrac{dV_A}{dt} = \dfrac{d\omega_1}{dt} \cdot r$. Так как точка A движется по прямой, производная от скорости точки равна её полному ускорению, а производная от угловой скорости барабана равна его угловому ускорению. Тогда имеем: $a_A = \varepsilon_1 \cdot r$, откуда находим угловое ускорение $\varepsilon_1 = \dfrac{a_A}{r} = 40{,}8$ рад/с^2, а затем и модуль вектора касательного ускорения $a^{\tau}_{B1} = \varepsilon_1 \cdot BA = 20{,}4$ м/с^2.

Заметим, что для вычисления углового ускорения ε_{AC} шатуна AC подобные рассуждения неприменимы. Формулу $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2$ невозможно продифференцировать, так как при движении механизма расстояние AP_2 от точки A до центра скоростей P_2 шатуна AC является неизвестной функцией времени.

Выберем систему координат xBy как показано на рис. 2.17, и спроецируем на эти оси векторное равенство $\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^{\tau}_{B1} + \bar{a}^{n}_{B1}$. Полагая, что движение барабана ускоренное (т. е. вектора ускорений $\bar{a}_A$ и $\bar{a}^{\tau}_{B1}$ направлены, как показано на рис. 2.17), получим значения составляющих ускорения точки B: $a_{Bx} = -a_A + a^{n}_{B1}$, $a_{By} = a^{\tau}_{B1}$. Подставляя значения ускорений, найдём $a_{By} = 20{,}4$ м/с^2, $a_{Bx} = -122{,}4 + 150 = 27{,}6$ м/с^2. Вектор полного ускорения точки B направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\bar{a}_{Bx}$, $\bar{a}_{By}$. Величина ускорения точки B: $a_B = \sqrt{a^2_{Bx} + a^2_{By}} = 34{,}32$ м/с^2.

Задача 2. В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип OA вращается вокруг оси O с угловой скоростью ω_{OA} и угловым ускорением ε_{OA}. Диск 2, шарнирно

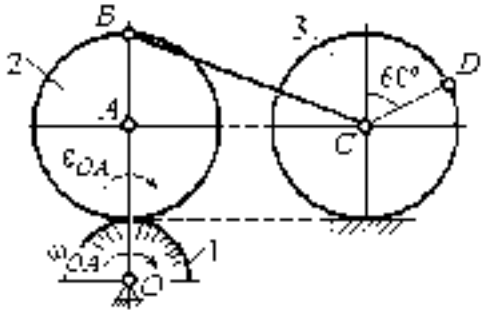


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

присоединённый к кривошипу в точке A, катится без проскальзывания по неподвижному диску 1. Радиусы дисков R_1 и R_2. На краю диска 2 в точке B шарнирно прикреплен стержень BC, соединенный с центром C диска 3. Радиус диска 3 равен радиусу диска 2: $R_3 = R_2$. Диск 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности, по прямой. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить ускорение точки D и угловое ускорение стержня BC, если ω_{OA} 4 рад/с, ε_{OA} 2 рад/с^2, R_1 4 см, R_2 8 см. Длина стержня BC 20 см.

Решение

Определение угловых скоростей звеньев механизма.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа OA. Скорость точки A: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA$ 48 см/с. Вектор скорости V_A направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону движения кривошипа (рис. 2.20).

При движении диска 2 точка P_2 соприкосновения второго диска с неподвижным первым является мгновенным центром скоростей диска 2. Угловая скорость диска 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = \dfrac{48}{8} = 6$ рад/с

Скорость точки B диска 2: $V_B = \omega_2 BP_2$ 6·16 96 см/с

Для определения угловой скорости стержня BC заметим, что скорости двух точек стержня $\bar{V}_B$ и $\bar{V}_C$ параллельны, но точки B и C не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня BC отсутствует (бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю: $\omega_{BC} = 0$, а стержень совершает мгновенное поступательное движение. В результате имеем: $V_C = V_B = 96$ см/с.

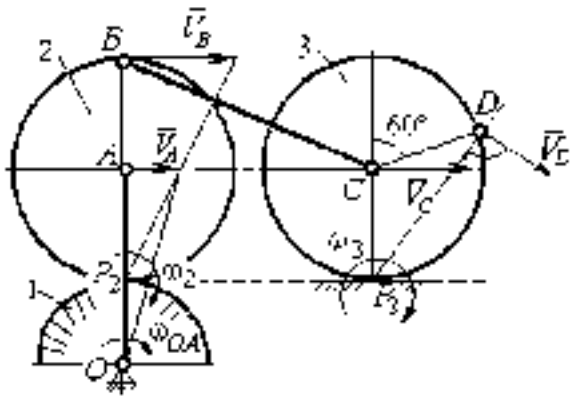


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка P_3 касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей. Тогда угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с. Скорость точки D диска 3: $V_D = \omega_3 \cdot DP_3$. Величину DP_3 находим из треугольника P_3DC. В результате $DP_3 = 2R_3\cos 30° = 13{,}8$ см и $V_D = 165{,}6$ см/с. Вектор скорости $\bar{V}_D$ направлен в сторону движения диска 3 перпендикулярно линии DP_3 и (см. рис. 2.20).

Определение ускорений точек механизма.

Представим ускорение $\bar{a}_C$ точки C векторной суммой $\bar{a}_C = \bar{a}_B + \bar{a}^n_{CB} + \bar{a}^\tau_{CB}$, где $\bar{a}_B$ – ускорение точки B, выбранной в качестве полюса; $\bar{a}^n_{CB}$, $\bar{a}^\tau_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки C при вращении стержня BC вокруг полюса B, $a^n_{CB} = \omega^2_{CB} \cdot CB$, $a^\tau_{CB} = \varepsilon_{CB} \cdot CB$.

Нормальная составляющая ускорения точки C $a^n_{CB} = 0$, так как стержень CB совершает мгновенное поступательное движение и $\omega_{BC} = 0$.

Направление касательной составляющей $\bar{a}^{\tau}_{CB}$ неизвестно, так как неизвестно направление углового ускорения стержня ε_{CB}. Для определённости выберем направление углового ускорения стержня BC в сторону против хода часовой стрелки. На рис. 2.21 это направление показано дуговой стрелкой ε_{CB}.

В соответствии с выбранным направлением углового ускорения вектор $\bar{a}^{\tau}_{CB}$ строится перпендикулярно линии стержня BC в сторону углового ускорения ε_{CB} (см. рис. 2.21)

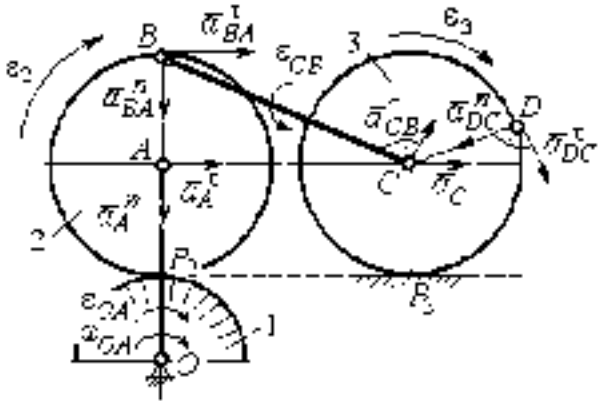


Рис. 2.21. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

Выразим ускорение точки B через полюс A: $\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^{n}_{BA} + \bar{a}^{\tau}_{BA}$, где $\bar{a}_A$ – ускорение полюса A; $\bar{a}^{n}_{BA}$, $\bar{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A. Величина нормальной составляющей ускорения точки B $a^{n}_{BA} = \omega_2^2 \cdot BA$ 288 см/с². Вектор $\bar{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса BA от точки B к полюсу A (см. рис. 2.21). Касательное ускорение точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A вычисляется по формуле $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_2 \cdot BA$. Для определения углового ускорения ε_2 диска 2 заметим, что во время движения диска 2 расстояние AP_2 остается постоянным, равным R_2. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 R_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} R_2$, или $a^{\tau}_A = \varepsilon_2 R_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a^{\tau}_A}{R_2}$.

Для того чтобы найти величину a^{τ}_A, рассмотрим вращательное движение кривошипа OA вокруг неподвижной оси O. Ускорение точки A представляется в виде векторного равенства $\bar{a}_A = \bar{a}^{n}_A + \bar{a}^{\tau}_A$, где $\bar{a}^{n}_A$ и $\bar{a}^{\tau}_A$ – известные нормальная и касательная составляющие ускорения точки A кривошила OA:

$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 192$ см/с^2, $a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 24$ см/с^2. Направления векторов нормального ускорения $\bar{a}_A^n$ и касательного ускорения $\bar{a}_A^\tau$ показаны на рис. 2.21.

Теперь найдём величину углового ускорения диска 2 и модуль касательного ускорения a_{BA}^τ точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_A^\tau}{R_2} = 3$ рад/с^2, $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 24$ см/с^2.

Для определения ускорения точки C имеем векторное равенство $\bar{a}_C = \bar{a}_A^n + \bar{a}_A^\tau + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^\tau + \bar{a}_{CB}^\tau$. Выберем оси Cx, Cy, как показано на рис. 2.22, – вдоль отрезка BC и перпендикулярно ему и спроецируем на них имеющееся векторное равенство. Получим:

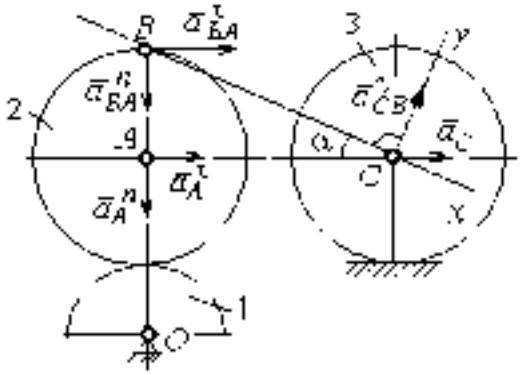


Рис. 2.22. Расчетная схема для вычисления ускорения точки C

$$a_C \cdot \cos\alpha = -a_A^n \sin\alpha - a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha;$$

$$a_C \cdot \sin\alpha = a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha - a_{BA}^n \cos\alpha + a_{CB}^\tau \cdot \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где α – угол между стержнем BC и линией центров AC: $\sin\alpha = \dfrac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$. Решая систему, найдём: $a_C = 256{,}7$ см/с^2, $a_{CB}^\tau = -358{,}12$ см/с^2.

Модуль углового ускорения стержня BC: $\varepsilon_{CB} = \dfrac{a_{CB}^\tau}{BC} = 17{,}9$ рад/с^2.

Знак «минус» величины a_{CB}^τ означает, что вектор касательного ускорения $\bar{a}_{CB}^\tau$ на рис. 2.21 – 2.22 следует направить в противоположную сторону. Направление углового ускорения стержня BC, показанное на рис. 2.21 дуговой стрелкой ε_{CB}, также следует заменить на противоположное.

Выразим ускорение точки D через полюс C: $\bar{a}_D = \bar{a}_C + \bar{a}^n_{DC} + \bar{a}^\tau_{DC}$, где a_C – известное ускорение точки C; $\bar{a}^n_{DC}$, $\bar{a}^\tau_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки D при вращении диска 3 вокруг полюса C. Величина нормального ускорения точки D: $a^n_{DC} = \omega_3^2 \cdot DC = 1152$ см/с^2. Вектор ускорения $\bar{a}^n_{DC}$ направлен по радиусу от точки D к полюсу C (рис. 2.23).

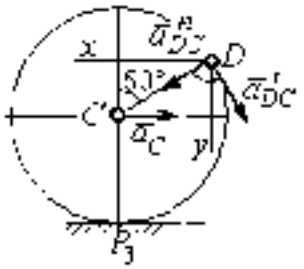


Рис.2.23. Расчетная схема для определения ускорения точки D

Для расчёта касательной составляющей a^τ_{DC} ускорения точки D найдём угловое ускорение диска 3. Продифференцируем по времени равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 R_3$. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} R_3$, или $a_C = \varepsilon_3 R_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{R_3} = 32{,}09$ рад/с^2. Тогда величина касательной составляющей ускорения точки D: $a^\tau_{DC} = \varepsilon_3 \cdot DC = 256{,}7$ см/с^2. Направление вектора $\bar{a}^\tau_{DC}$ соответствует ускоренному движению диска 3.

Проведём оси Dx и Dy, как показано на рис. 2.23, и спроецируем векторное равенство ускорения точки D на оси:

$$a_{Dx} = -a_C + a^n_{DC} \cdot \cos 30^\circ - a^\tau_{DC} \cdot \cos 60^\circ, \quad a_{Dy} = a^n_{DC} \cos 60^\circ + a^\tau_{DC} \cdot \cos 30^\circ.$$

Решая систему, находим значения проекций модуля ускорения $a_{Dx} = 612{,}5$ см/с^2, $a_{Dy} = 798{,}3$ см/с^2. Величина ускорения точки D:

$$a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 1006{,}2 \text{ см/с}^2.$$

3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

3.1. Основные понятия сложного движения точки

В неподвижной системе координат рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Траектория точки в её движении относительно тела называется **относительной траекторией.** Скорость точки в этом движении называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

Траектория точки, перемещающейся вместе с телом, называется переносной траекторией точки, скорость точки при таком её движении – **переносной скоростью**, а ускорение – **переносным ускорением**.

Суммарное движение точки вместе с телом и относительно тела называется **сложным движением**. Траектория точки относительно неподвижной системы координат называется **абсолютной траекторией точки**, скорость и ускорение – **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **при сложном движении абсолютная скорость точки равна геометрической сумме относительной и переносной скоростей:** $\bar{V} = \bar{V}_e + \bar{V}_r$, где $\bar{V}$, $\bar{V}_e$, $\bar{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

В случае, когда относительное движение точки задается естественным способом в виде закона изменения пути $S = S(t)$, величина относительной скорости точки равна модулю производной: $V_r = |\dot{S}_r|$. Если переносное движение точки есть вращение тела вокруг неподвижной оси, скорость точки в переносном движении будет: $V_e = \omega_e h_e$, где ω_e – величина угловой скорости вращения тела; h_e – кратчайшее расстояние от места положения точки на теле до оси вращения тела.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **при сложном движении абсолютное ускорение точки равно геометрической сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ – вектора соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_к$ – вектор ускорения Кориолиса. (Иногда его называют поворотным ускорением.)

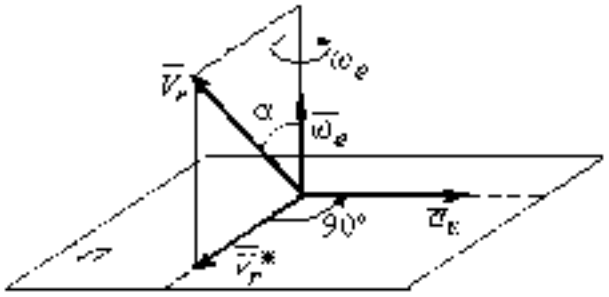


Рис. 3.1. Определение направления ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением $\vec{a}_к = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_к| = 2\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где α – угол между вектором угловой скорости переносного движения и вектором относительной скорости точки (см. рис. 3.1). Направление вектора ускорения Кориолиса может быть получено по правилу построения вектора векторного произведения.

На рис. 3.1 показана последовательность выбора направления вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем: пусть имеется точка, движущаяся с относительной скоростью $\vec{V}_r$. Построим плоскость П, перпендикулярную вектору переносной угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроецируем вектор $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на $90°$ в плоскости П вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить

простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Относительное ускорение $\bar{a}_r$ представляется как сумма векторов относительного касательного $\bar{a}_r^\tau$ и относительного нормального $\bar{a}_r^n$ ускорений: $\bar{a}_r = \bar{a}_r^\tau - \bar{a}_r^n$. Переносное ускорение точки $\bar{a}_e$ тела имеет своими составляющими переносное касательное $\bar{a}_e^\tau$ и переносное нормальное $\bar{a}_e^n$ ускорения так, что $\bar{a}_e = \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_e^n$.

Таким образом, абсолютное ускорение точки в сложном движении можно представить в виде векторного равенства

$$\bar{a} = \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_e^n + \bar{a}_\kappa.$$

Модули относительного касательного и относительного нормального ускорений при естественном способе задания относительного движения точки равны: $a_r^\tau = \left|\dot{v}_r\right|$, $a_r^n = \frac{v_r^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны относительной траектории. При движении точки по окружности радиус кривизны равен радиусу окружности, при движении по прямой – бесконечности, и в этом случае $a_r^n = 0$.

При вращательном переносном движении точки значения переносного касательного и нормального ускорений вычисляются по формулам: $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e$, $a_e^n = \omega_e^2 h_e$, где ε_e – угловое ускорение вращательного переносного движения, $\varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|$; h_e – расстояние от точки до оси вращения тела; ω_e – величина угловой скорости вращения тела.

Вектора ускорений строятся по общим правилам построения векторов нормального и касательного ускорений.

При поступательном переносном движении ускорение Кориолиса и переносное нормальное ускорение равны нулю: $a_\kappa = 0$, $a_e^n = 0$. Абсолютное ускорение точки при поступательном переносном движении можно представить в виде векторного равенства $\bar{a} = \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_e^\tau$.

3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении

Задание включает две задачи с вращательным и поступательным видами переносного движения точки.

Задача 1. Вращение тела относительно неподвижной оси задается законом изменения угла поворота: $\varphi_e = \varphi_e(t)$ или законом изменения его угловой скорости: $\omega_e = \omega_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке C и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = S_r = S_r(t)$.

Определить абсолютные скорость и ускорение точки в заданный момент времени t_1.

Задача 2. Поступательное движение тела, несущего точку, задается законом изменения координаты $x_e = x_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке C и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = y_r = y_r(t)$.

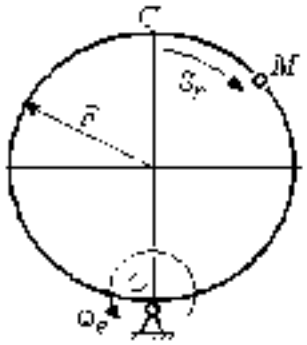
Определить абсолютные скорость и ускорение точки в момент времени t_2, который либо задаётся в исходных данных задачи, либо на схеме описаны условия, из которых он находится.

Номера вариантов заданий даны на рис. 3.2 – 3.5.

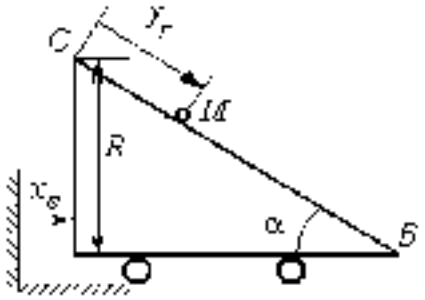
Варианты исходных данных приведены в табл. 3.1.

Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



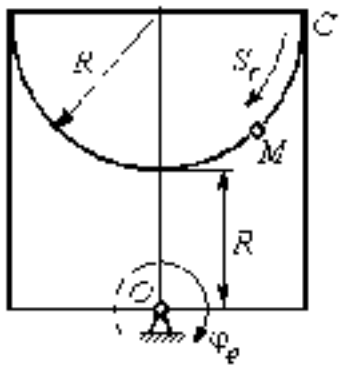
Задача 2



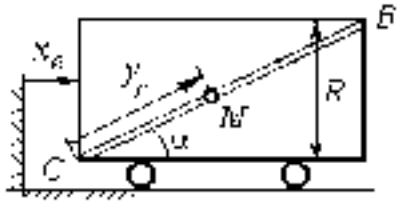
В момент $t = t_1$ точка M прошла половину пути CB

Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



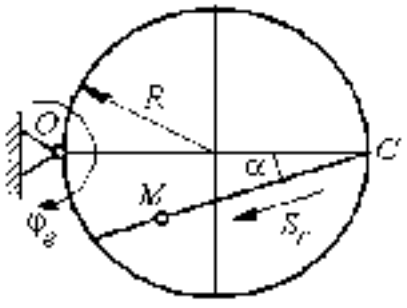
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла 2/3 пути CB

Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Задача 2

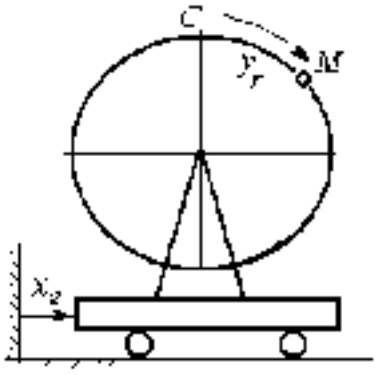
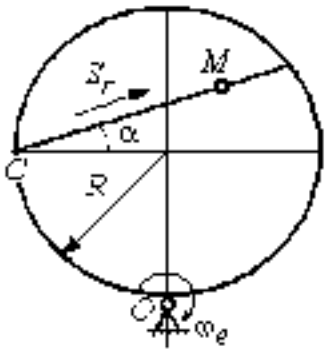


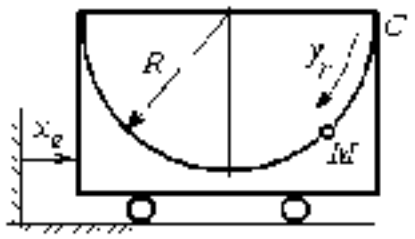
Рис. 3.2. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

Варианты № 4, 14, 24

Задача 1

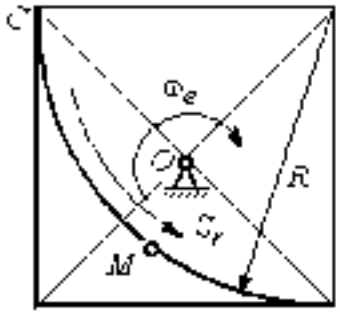


Задача 2

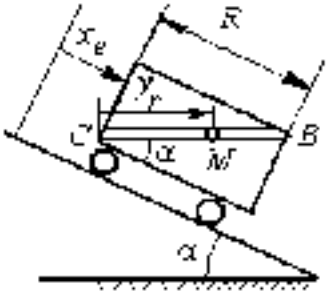


Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



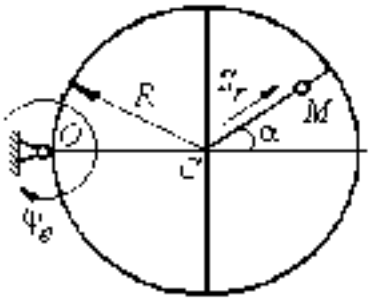
Задача 2



В момент $t = t_1$ точка M прошла путь CM

Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Задача 2

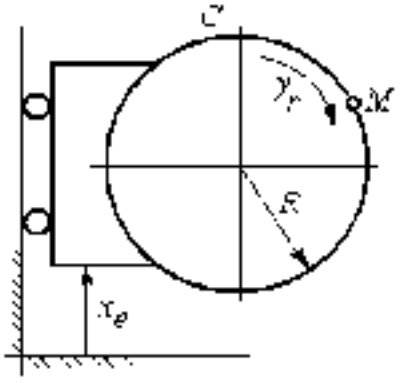
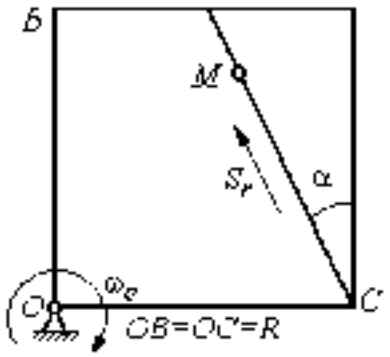


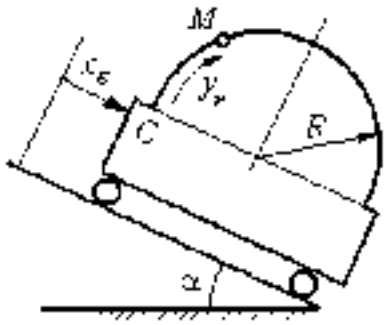
Рис. 3.3. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

Варианты № 7, 17, 27

Задача 1

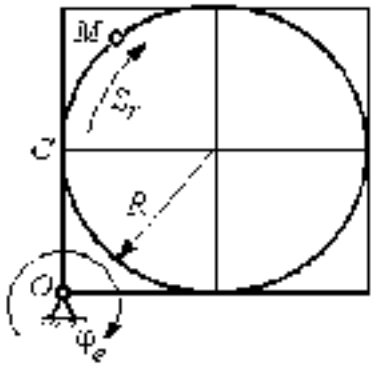


Задача 2

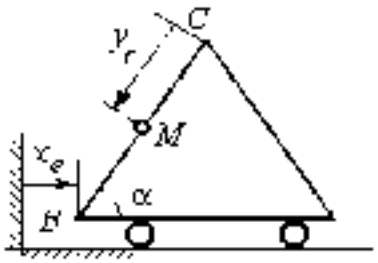


Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



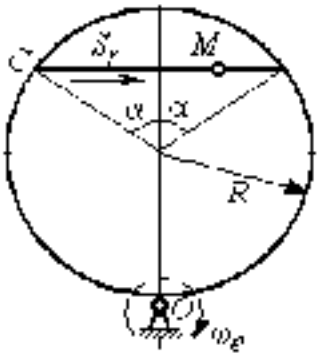
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути ($CB = R$

Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Задача 2

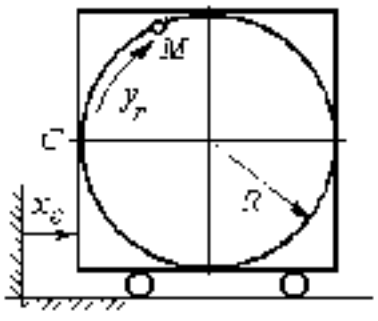
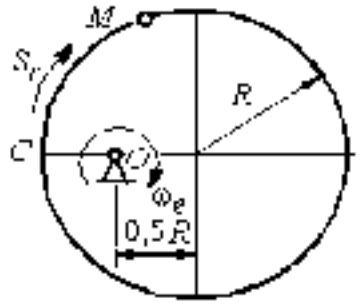


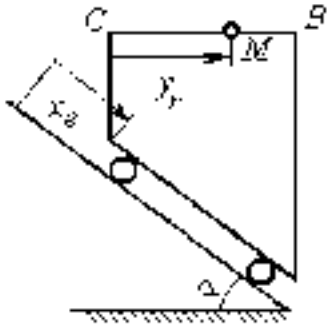
Рис. 3.4. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути $CB = R$

Рис. 3.5. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 3.1

Исходные данные для заданий по сложному движению точки

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$CM = S_r(t)$, см $CM = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
1	1	3	–	$S_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$	$\omega_e = 4t^2$	1
	2	4	30	$y_r = 4t^2$	$x_e = 2\cos(\pi t/6)$	
2	1	2	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/3)$	1
	2	3	60	$y_r = t^2 + t$	$x_e = 1 + \cos(\pi t)$	–
3	1	4	30	$S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\varphi_e = 4t - t^2$	1
	2	6	–	$y_r = \pi\left[2t + \sin\pi t\right]$	$x_e = 5t - t^2$	1
4	1	4	60	$S_r = 2(t^3 - t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	3	–	$y_r = \pi\left[2t + \cos(\pi t/2)\right]$	$x_e = t^3 - 4t$	1
5	1	6	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/3)$	1
	2	2	30	$y_r = t^2 + 2t$	$x_e = t^2 - 4t$	
6	1	6	60	$S_r = t + 10\sin(\pi t/6)$	$\varphi_e = 2t^2 - 5t$	1
	2	3	–	$y_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$	$x_e = \left[1 - \cos(\pi t/4)\right]$	1
7	1	8	30	$S_r = 2(t^3 + 3t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	4	30	$y_r = 2\pi t^2$	$x_e = t^3 - 5t$	1

Продолжение табл. 3.1

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$OM = S_r(t)$, см $OM = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
8	1	8	–	$S_r = 2\pi\left[t^2 + \sin\pi t\right]$	$\varphi_e = t^2 - 5t$	2
	2	6	30	$y_r = t(t+1)$	$x_e = \cos\pi t$	–
9	1	8	30	$S_r = 2t^2$	$\omega_e = \cos(\pi t/8)$	2
	2	3		$y_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$	$x_e = (3-2t)^2$	1
10	1	6	–	$S_r = \pi(2t^3 + \sin\pi t)$	$\omega_e = 5t - 2t^3$	1
	2	4	30	$y_r = t^2 + 2t$	$x_e = 1 + \cos\pi t$	–
11	1	6	–	$S_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$	$\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$	2
	2	6	60	$y_r = 4\sin\pi t$	$x_e = t^2 - 2t$	–
12	1	18	–	$S_r = \pi(2t^2 + 2t)$	$\varphi_e(t) = 3t - t^2$	2
	2	6	30	$y_r = 2t^2 + t$	$x_e = 1 + \cos(\pi t)$	
13	1	10	60	$S_r = t^3 + t$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$	2
	2	6	–	$y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$	$x_e = t(t+1)$	1
14	1	4	30	$S_r = 8\sqrt{3}\sin(\pi t/12)$	$\omega_e = (3-2t)^2$	2
	2	3	–	$y_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$	$x_e = 2t^2 - 5t$	1
15	1	8	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$	$\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$	1
	2	5	60	$y_r = 5t + t^2$	$x_e = \cos(\pi t/6)$	
16	1	12	90	$S_r = 3\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\varphi_e = 2t - 3t^2$	1
	2	15	–	$y_r = \pi(4t + t^2)$	$x_e = 6\sin(\pi t/3)$	1
17	1	6	45	$S_r = 3\sqrt{2}\left[t^2 + 2\sin\pi t\right]$	$\omega_e(t) = 4t^2 - 6$	1
	2	6	60	$y_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$	$x_e = \sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	2
18	1	8	–	$S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	$\varphi_e = 18t - 4t^2$	2
	2	8	60	$y_r = 3t + 2t^2$	$x_e = \sin\pi t$	
19	1	8	60	$S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\omega_e = 5t - t^2$	1
	2	9		$y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$	$x_e = \cos(\pi t/6)$	1
20	1	4	–	$S_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$	$\omega_e = 3t - 5$	1
	2	6	60	$y_r = 3t + 2t^2$	$x_e = \pi\sin\pi t$	
21	1	3	–	$S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	$\omega_e = 6t - 14$	2
	2	8	45	$y_r = 4t^2 + 3t)$	$x_e = t + 2\sin\pi t$	–

Окончание табл. 3.1

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$OM = S_r(t)$, см $OM = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
22	1	**4**	–	$S_r = 2\pi(t^2 + 2t)$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$	**1**
	2	9	60	$y_r = 8\sin\pi t$	$x_e = 5t - t^2$	–
23	1	6	45	$S_r = 12\sin(\pi t/8)$	$\varphi_e = t^2 + \cos(\pi t/4)$	2
	2	6	–	$y_r = 6\pi[t + \sin(\pi t/6)]$	$x_e = 5t - t^2$	**1**
24	1	6	45	$S_r = 12\sin(\pi t/8)$	$\omega_e = t + 4\cos(\pi t/4)$	2
	2	6	–	$y_r = \pi(t^2 + 2t)$	$\varepsilon_e = 6\cos(\pi t/6)$	**1**
25	1	6	–	$S_r = 2\pi t^2$	$\omega_e = 3\sin(\pi t/3)$	**1**
	2	**4**	45	$y_r = 2t(t + 3t)$	$x_e = 2(t^2 - 3t)$	
26	1	6	120	$S_r = t^2 + t$	$\omega_e = 12\cos(\pi t/12)$	2
	2	9		$y_r = \pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$	$x_e = 2(t^2 - 3t)$	**1**
27	1	10	60	$S_r = \sqrt{3}(t^2 + t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	2
	2	9	30	$y_r = \sqrt{3}\pi\sin(\pi t/3)$	$\varepsilon_e = t + 4\cos(\pi t/4)$	**1**
28	1	2	–	$S_r = 6\pi\sin(\pi t/6)$	$\varphi_e = 2t + \cos(\pi t/2)$	**1**
	2	6		$y_r = 2t - 3t^2$	$x_e = t + \sin\pi t$	
29	1	8	30	$S_r = (t^2 + 2t)$	$\omega_e = 6\sin(\pi t/12)$	2
	2	3		$y_r = 2\pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$	$x_e = 5t - t^2$	**1**
30	1	2	–	$\pi(t^2 + 2t)$	$\omega_e(t) = 6\cos(\pi t/6)$	**1**
	2	3	60	$y_r = t - t^2$	$x_e = t + \sin\pi t$	

Пример выполнения задания К4. Сложное движение точки

Задача 1. Фигура, состоящая из половины диска и равнобедренного треугольника (рис. 3.6), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину A треугольника. Вращательное движение задается законом изменения угла поворота фигуры $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад.

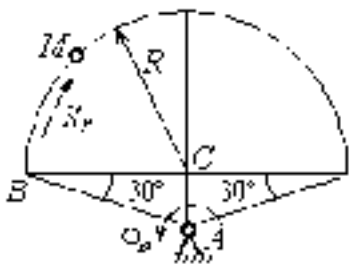


Рис. 3.6. Схема сложного движения точки

Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой φ_e. По ободу диска от точки B движется точка M. Движение точки относительно диска задается законом изменения длины дуги окружности: $\overset{\frown}{BM} = S_r = 9\pi t^2$ см. Положительное направление движения точки M на рис. 3.6 показано дуговой стрелкой S_r. Радиус диска $R = 9$ см.

Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$с.

Решение

Вращение фигуры будет для точки M переносным движением. Относительное движение точки M – её движение по окружности обода диска.

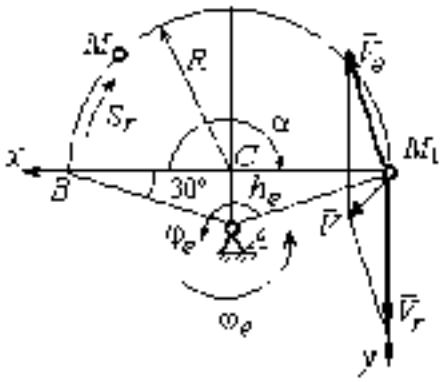


Рис. 3.7. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки при сложном движении

Для определения **положения точки** M на ободе диска вычислим расстояние, которое она прошла на заданный момент времени. Длина дуги окружности, пройденной точкой за 1 с: $S_r(1) = 9\pi$ см. Положение точки M определяется центральным углом $\alpha = \dfrac{S_r(1)}{R} = \dfrac{9\pi}{9} = \pi$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.7 точкой M_1.

Для определения **скорости переносного движения** точки вычисляем значение производной: $\varphi_e' = 5 - 4t$. Угловая скорость вращения фигуры: $\omega_e = \varphi_e'$. При $t_1 = 1$ с $\varphi_e'(1) = 1$ рад/с. Положительная величина производной $\varphi_e'(1)$ показывает,

что вращение фигуры в данный момент происходит в положительном направлении, что отмечено дуговой стрелкой ω_e на рис. 3.7.

В момент времени $t_1 = 1$ с точка M находится в положении M_1. Скорость V_e переносного движения точки в момент времени $t_1 = 1$ с $V_e(1) = \omega_e(1)h_e$, где расстояние от точки M_1 до оси вращения фигуры $h_e = AM_1 - \frac{R}{\cos 30^\circ} = 6\sqrt{3}$ см. Тогда $V_e(1) = 6\sqrt{3}$ см/с.

Вектор скорости переносного движения точки $\bar{V}_e$ перпендикулярен линии AM_1 и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.7).

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги BM. В этом случае **скорость относительного движения** точки $V_r = \dot{S}_r = |18\pi t|$. При $t_1 = 1$ с $V_r(1) = |\dot{S}_r(1)| = 18\pi = 56{,}5$ см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r(1)$ указывает, что относительное движение точки в положении M_1 происходит в положительном направлении, указанном на рис. 3.7 дуговой стрелкой S_r. Вектор $\bar{V}_r$ относительной скорости точки в положении M_1 направлен по касательной к траектории относительного движения в сторону положительного направления движения (см. рис. 3.7).

Абсолютную скорость точки находим по теореме сложения скоростей $\bar{V} = \bar{V}_e + \bar{V}_r$. Направление вектора абсолютной скорости, полученное по правилу сложения векторов, показано на рис. 3.5. Для определения величины абсолютной скорости выбираем прямоугольные оси координат M_1xy (см. рис. 3.7) и проецируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси. Получим:

$$V_x = V_e\cos 60^\circ = 3\sqrt{3} = 5{,}2 \text{ см/с};$$

$$V_y = -V_e\cos 30^\circ + V_r = -6\sqrt{3}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} + 56{,}5 = 29{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{5{,}2^2 + 29{,}5^2} = 29{,}95$ см/с

Абсолютное ускорение точки определяем по теореме Кориолиса, которая при вращательном переносном движении имеет вид:

$$\bar{a} = \bar{a}_r^{\tau} + \bar{a}_r^{n} + \bar{a}_e^{\tau} + \bar{a}_e^{n} + \bar{a}_k .$$

Относительное касательное ускорение a_r^{τ} **вычисляется** по формуле: $a_r^{\tau} = |\ddot{S}_r|$. По условию задачи вторая производная $\ddot{S}_r = 18\pi$ = 56,5 см/с^2 – **постоянная величина**. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\bar{a}_r^{\tau}$ направлен по касательной к траектории относительного движения в точке M_1 в сторону положительного направления относительного движения, отмеченного дуговой стрелкой S_r.

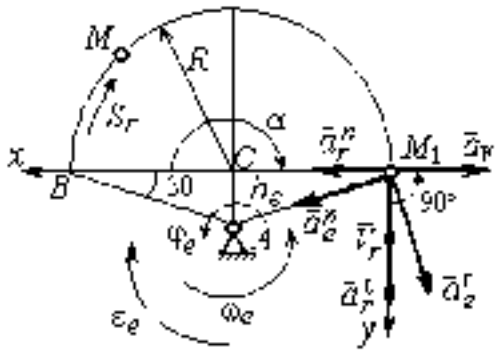


Рис. 3.8. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Относительное нормальное ускорение точки вычисляется по формуле $a_r^n = \frac{v_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно:

$a_r^n(1) = \frac{v_r^2(1)}{R} = \frac{(18\pi)^2}{9} = 355{,}3$ см/с^2. Вектор ускорения $\bar{a}_r^n$ **направлен** по радиусу диска к центру C (см. рис. 3.8).

Переносное касательное ускорение вычисляется по формуле: $a_e^{\tau} = \varepsilon_e h_e$, где угловое ускорение $\varepsilon_e = |\ddot{\varphi}_e|$. Вычислим производную $\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с^2. Угловое ускорение $\varepsilon_e = |\ddot{\varphi}_e| = 4$ рад/с^2 постоянно и не зависит от времени.

Отрицательное значение производной $\ddot{\varphi}_e < 0$ при условии, что расчетная величина угловой скорости положительна: $\dot{\varphi}_e > 0$, означает, что вращательное движение замедленное и переносное угловое ускорение ε_e направлено в сторону, противоположную направлению вращения.

Вектор $\bar{a}_e^{\tau}$ переносного касательного ускорения точки в её положении M_1 перпендикулярен линии AM_1 и направлен противоположно вектору переносной

скорости $\bar{V}_r$ (см. рис. 3.8). Модуль переносного касательного ускорения: $a_e^{\tau} = a_e^{\tau} = \varepsilon_e h_e = 24\sqrt{3} = 41{,}6$ см/с^2.

Переносное нормальное ускорение a_e^n рассчитывается по формуле: $a_e^n = \omega_e^2 h_e$ **и в момент времени** $t_1 = 1$ с $a_e^n(1) = \omega_e^2(1) h_e = 6\sqrt{3} = 10{,}4$ см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\bar{a}_e^n$ направлен по линии AM_1 к оси вращения (см. рис. 3.8)

По условию задачи вектор скорости относительного движения точки $\bar{V}_r$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, то есть перпендикулярен вектору угловой скорости переносного движения $\bar{\omega}_e$. Тогда модуль **ускорения Кориолиса** при $t_1 = 1$ с $a_K = 2\omega_e V_r = 2 \cdot 1 \cdot 18\pi = 113{,}1$ см/с^2.

Так как вектор относительной скорости точки $\bar{V}_r \perp \bar{\omega}_1$, то по правилу Жуковского для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости точки $\bar{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения вокруг оси, параллельной оси вращения и проходящей через точку M_1 (см. рис. 3.8). Для определения абсолютного ускорения спроецируем на прямоугольные оси xM_1y (см. рис. 3.8) векторное равенство $\bar{a} = \bar{a}_e^{\tau} + \bar{a}_e^n + \bar{a}_r^{\tau} + \bar{a}_r^n + \bar{a}_K$. Получим: $a_y = a_e^{\tau}\cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^{\tau} = 97{,}9$ см/с^2,

$a_x = -a_e^{\tau}\cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_K = 228{,}4$ см/с^2.

Модуль абсолютного ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 248{,}5$ см/с^2.

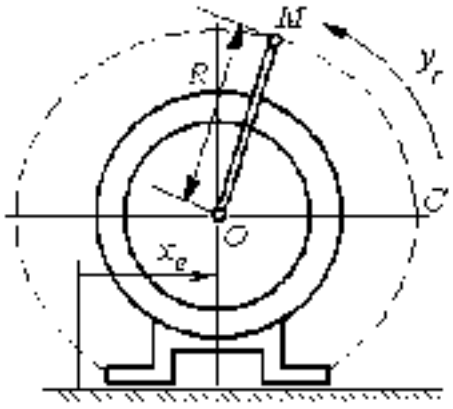


Рис. 3.9. Схема движения точки стержня, укреплённого на электромоторе

Задача 2. К вращающемуся валу электромотора прикреплён стержень OM длины $R = 6$ см. Во время работы электромотора точка M стержня из начального положения C перемещается по дуге окружности согласно уравнению $CM = s_r = \pi t^2$ см.

При этом электромотор, установленный без креплений, совершает горизонтальные гармонические колебания на фундаменте по закону $x_e = 5\sin(\pi t/3)$ см. Определить абсолютное ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$ с.

Решение

Точка M совершает сложное движение – относительно электромотора и вместе с ним. Относительным движением точки будет её движение по дуге окружности радиуса R, переносным – поступательное горизонтальное, прямолинейное движение электромотора.

Найдём положение точки относительно электродвигателя в заданный момент времени. Угол α, отсчитываемый стержнем OM от начального положения OC, в момент времени $t_1 = 1$ с составляет $\alpha = \dfrac{s_r(t_1)}{R} - \dfrac{\pi}{6} = 30°$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.10 буквой M_1.

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги. Относительная скорость $v_r = \dot{s}_r = 2\pi/3$. В момент времени $t_1 = 1$ с $v_r = 6.28$ см/с. Вектор $\bar{v}_r$ относительной скорости направлен перпендикулярно стержню OM_1.

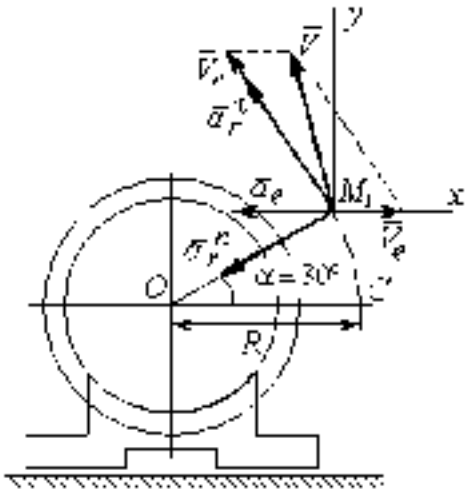


Рис. 3.10. Расчетная схема вычисления абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки

Скорость точки в переносном движении – это скорость горизонтального движения электродвигателя:

$$v_e = \dot{x}_e = \frac{5\pi}{3}\cos(\pi t/3).$$

В момент времени $t_1 = 1$ с $v_e = \dfrac{5\pi}{3}\cos 60° = 2{,}62$ см/с. Вектор $\bar{v}_e$ переносной скорости точки M направлен параллельно линии движения электродвигателя (см. рис. 3.10).

Абсолютная скорость точки определяется на основании теоремы сложения скоростей при сложном движении: $\bar{v} = \bar{v}_e + \bar{v}_r$. Для того чтобы найти величину

абсолютной скорости, выберем оси xAy, как показано на рис. 3.10, и спроецируем векторное равенство сложения скоростей на эти оси. Получим: $V_{Ax} = V_e - V_r \cos 60^\circ$ $-$ 0,52 см/с (проекция направлена в отрицательную сторону оси x). $V_{Ay} = V_r \cos 30^\circ = 5{,}44$ см/с. Модуль абсолютной скорости $V_A = \sqrt{V_{Ax}^2 + V_{Ay}^2} = 5{,}46$ см/с. Вектор абсолютной скорости направлен по диагонали параллелограмма, построенного на векторах $\bar{V}_e$ и $\bar{V}_r$.

При поступательном переносном движении точки ω_e 0 и потому a_e 0. Относительное ускорение точки при движении по окружности раскладывается на две составляющие $\bar{a}_r = \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_r^n$, направленные вдоль стержня OA и перпендикулярно ему. Кроме того, при прямолинейном относительном движении $a_r^n = 0$. В результате, теорема о сложении ускорений принимает вид $\bar{a}_A = \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_e$, где модули векторов вычисляются по формулам $a_r^\tau = V_r'$, $a_r^n = \frac{V_r^2}{R}$, $a_e = a_e^\tau = V_e' =$ $-\frac{5\pi^2}{9}\sin(\pi t - 3)$ и в момент времени $t_1 = 1$с равны $a_r^\tau = 6.28$ см/с^2, $a_r^n = 6.57$ см/с^2, $a_e =$ $4{,}75$ см/с^2. Направления векторов ускорений показаны на рис. 3.10. Для вычисления модуля абсолютного ускорения точки спроецируем векторное равенство сложения ускорений на оси выбранной ранее системы координат xAy. Получим:

$$a_{Ax} = -a_r^\tau \cos 60^\circ - a_r^n \cos 30^\circ - a_e = \quad 4{,}08 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{Ay} = a_r^\tau \cos 30^\circ - a_r^n \cos 60^\circ \quad 2{,}15 \text{ см/с}^2.$$

Величина абсолютного ускорения $a_A = \sqrt{a_{Ax}^2 + a_{Ay}^2} = 4{,}61$ см/с^2.

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение точки под действием системы сил $\bar{F}_1, \bar{F}_2, \ldots, \bar{F}_k$ в прямоугольной декартовой системе координат $Oxyz$ описывается **дифференциальными уравнениями:** $m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}$, $m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}$, $m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}$ или, обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F_{kx}$, $m\ddot{y} = \sum F_{ky}$, $m\ddot{z} = \sum F_{kz}$, где m – масса точки; x, y, z – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций сил на оси координат.

Интегрирование дифференциальных уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

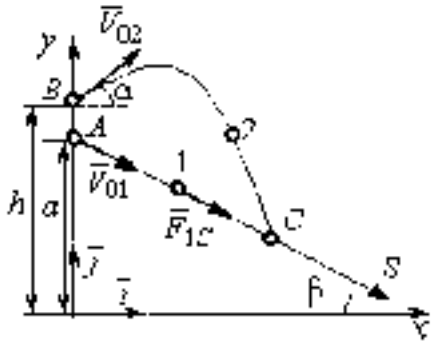
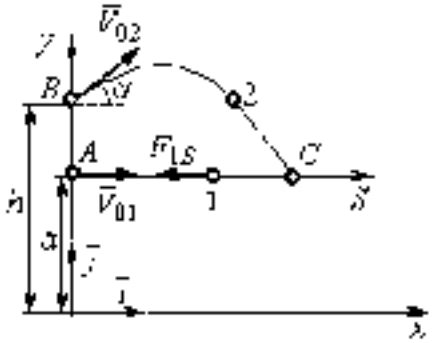
Две материальные точки движутся в вертикальной плоскости xOy. Точка 1 массой m_1, получив в начальном положении A скорость V_{01}, движется вдоль гладкой оси AN, наклоненной под углом β к горизонту. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести и постоянная сила $\bar{F}_1$, направленная вдоль оси AN. Направление вектора проекции силы на ось F_{1x} показано на схеме.

Одновременно с точкой 1 начинает движение точка 2 массой m_2 из положения B на оси y. На точку 2 действуют сила тяжести и постоянная сила $\bar{F}_2$. Направление вектора силы $\bar{F}_2$ определяется его разложением по единичным векторам $\bar{i}$, $\bar{j}$ координатных осей x, y.

Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1 точки 1 и 2 встретились на оси AN в точке C.

Момент времени t_1 задаётся в условиях задачи или определяется по дополнительным условиям встречи

Варианты заданий представлены на рис. 4.1, 4.2. Исходные данные приведены в табл. 4.1

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

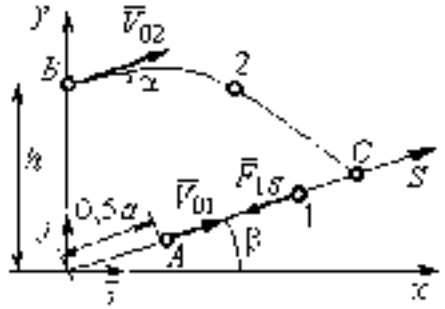
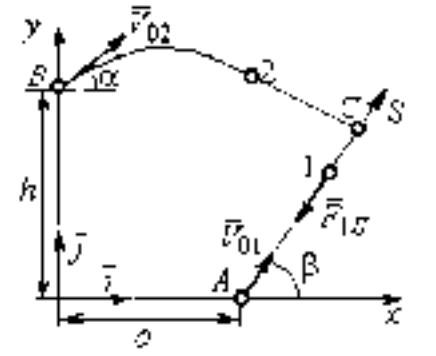
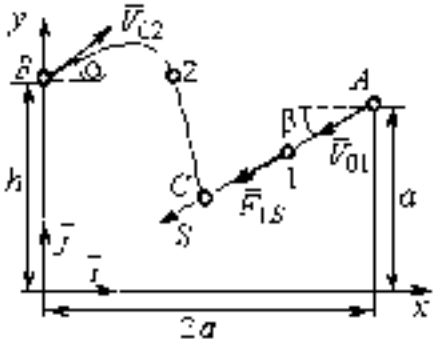
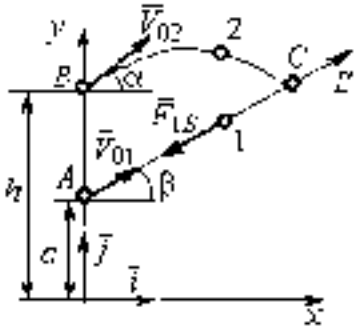
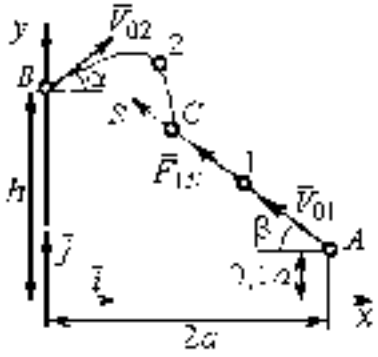
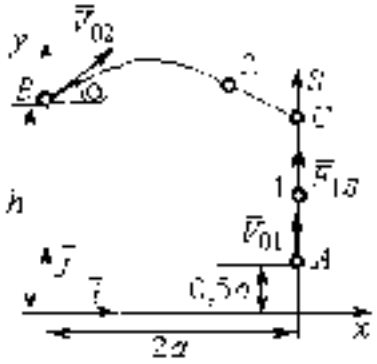
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент времени $t_1 = 0{,}5$ с

Рис. 4.1. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	
Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	Встреча в точке C, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	
Встреча в точке C в момент времени $t_1 = 0{,}4$ с	Встреча в точке C в момент максимального подъёма точки 1

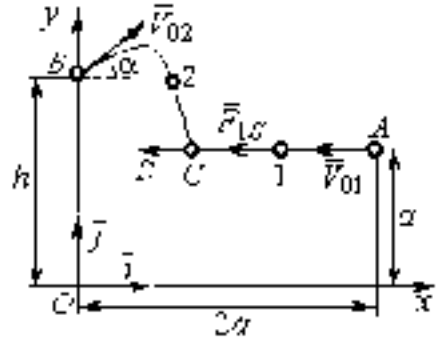
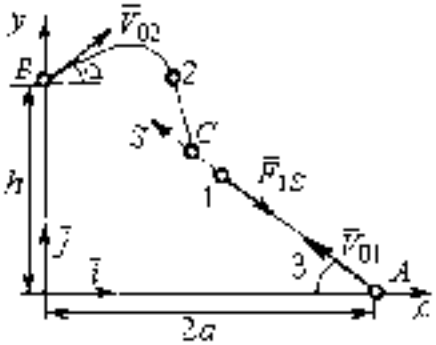
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	
Встреча в точке C в момент времени $t_1 = 0{,}6$ с	Встреча в точке C в момент, когда точка 1 достигла максимальной высоты подъёма

Рис. 4.2. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки
Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 4.1

Исходные данные задания Д1. Интегрирование уравнений движения точки

Номер варианта клапана	m_1, кг	F_{1x}, Н	V_1, м/с	β, град	m_2, кг	$\bar{F}_2$, Н	a, м	h, м
1	1	3	3	30	2	$7\bar{i}$	2	**4**
2	3	6	2	0	2	$4\bar{i}+12\bar{j}$	1.5	1
3	2	5	**4**	35	1.5	$10\bar{i}+14\bar{j}$	2	2,5
4	1	10	2	60	2	$4\bar{i}+8\bar{j}$	2,2	2
5	1	3	3	30	2	$5\bar{i}$	3	**4,5**
6	0.8	6	6	50	3	$3\bar{i}+12\bar{j}$	1.5	**4**
7	2	5	**4,5**	40	**1**	$10\bar{i}+12\bar{j}$	3	2,5
8	1	2	3.5	90	2	$6\bar{i}+8\bar{j}$	1.2	2
9	2	4	**4**	0	**1**	$3\bar{i}+2\bar{j}$	2	2.5
10	1	3	3	55	1.5	$4\bar{i}$	1	1.5
11	0.5	2	3	60	2	$3\bar{i}+8\bar{j}$	1.5	2,5
12	0.2	3	**4**	0	**1**	$5\bar{i}-2\bar{j}$	1	2.5
13	1	2	6	50	1.5	$6\bar{i}-4\bar{j}$	0,8	2
14	0.5	6	**4**	35	**1**	$3\bar{i}-2\bar{j}$	2,5	2
15	0,2	3	3	50	2	$2\bar{i}-2\bar{j}$	3	**4**
16	2	4	6	40	2	$3\bar{i}+12\bar{j}$	1	1.5
17	1	6	5	60	1.5	$5\bar{i}+4\bar{j}$	3	2,5
18	1	2	2	90	2	$4\bar{i}+4\bar{j}$	2	2
19	1	3	2	2	2	$2\bar{i}+10\bar{j}$	1	1.5
20	5	4	2	30	**1**	$3\bar{i}-2\bar{j}$	1.5	1.5
21	0,2	4	**4**	45	**1**	$6\bar{i}-2\bar{j}$	1	3
22	0.4	3	2	0	2	$4\bar{i}+6\bar{j}$	1,5	2.5
23	1	3	8	60	2	$4\bar{i}+2\bar{j}$	1.2	1.5
24	0.5	8	3	30	2	$6\bar{i}+7\bar{j}$	2	1.5
25	2	4	**4**	60	**1**	$2\bar{i}-2\bar{j}$	3,5	**4**
26	1	3	5	50	2	$4\bar{i}+6\bar{j}$	0,5	1.5
27	1.5	3	6	30	2	$4\bar{i}+4\bar{j}$	2	2,5
28	2	5	3	90	2	$6\bar{i}+7\bar{j}$	2	1.5
29	2	4	**4**	0	**1**	$5\bar{i}-2\bar{j}$	1,5	2
30	1	3	2.5	70	2	$4\bar{i}+6\bar{j}$	1	1

Пример выполнения задания Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

На рис. 4.3 представлена схема движения материальных точек в вертикальной плоскости xOy. Точка 1 массой $m_1 = 2$ кг, получив в начальном положении A скорость $V_{01} = 4$ м/с, движется вдоль гладкой оси AN с углом наклона $\beta = 30°$. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести $\bar{P}_1$ и постоянная сила $\bar{F}_1$, проекция которой на ось AN равна $F_{1N} = 4{,}5$ Н. Направление вектора проекции силы $\bar{F}_{1N}$ на ось AN показано на рис. 4.3.

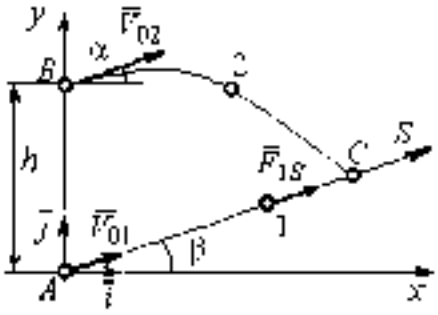


Рис. 4.3. Схема совместного движения точек

Одновременно с началом движения точки 1 из положения B на оси y высотой $h = 1$ м начинает движение точка 2 массой $m_2 = 1{,}2$ кг. На точку 2 действуют сила тяжести $\bar{P}_2$ и сила $\bar{F}_2$, направление которой определяется разложением по единичным векторам $\bar{i}$, $\bar{j}$ осей x, y декартовой системы координат: $\bar{F}_2 = 2{,}4\bar{i} + 4{,}5\bar{j}$, Н. Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальным значением, обе они встретились на оси AS в точке C.

Решение

Рассмотрим движение точки 1. В текущий момент времени на точку 1 действует сила тяжести $\bar{P}_1$, нормальная реакция $\bar{N}_1$ наклонной оси AN и сила $\bar{F}_1$, величина проекции которой на ось AN равна F_{1N} (рис. 4.4). Дифференциальное уравнение движения точки 1 $m_1\ddot{S} = F_{1N} - P_1\sin\beta$, или $m_1\dfrac{dV_{1N}}{dt} = 4{,}5 - m_1 g\sin\beta$. С учетом исходных данных, полагая ускорение свободного падения $g = 9{,}81$ м/с^2, дифференциальное уравнение движения точки 1 приводится к виду: $\dfrac{dV_{1N}}{dt} = -2{,}66$. Разделим

переменные, представив дифференциальное уравнение в виде $dV_{1S} = -2{,}66dt$. Проинтегрировав его, получим зависимость скорости точки 1 от времени: $V_{1S} = -2{,}66t + C_1$. Для того чтобы определить закон движения точки 1, представим скорость точки как производную от координаты $V_{1S} = \frac{dS}{dt}$. Получим дифференциальное уравнение $\frac{dS}{dt} = -2{,}66t + C_1$, проинтегрировав которое, найдём уравнение движения точки 1: $S = -1{,}33t^2 + C_1t - C_2$. Константы интегрирования C_1, C_2 находятся из начальных условий: при $t = 0$, $S = 0$, $\dot{S} = V_{1S} = V_{01} = 4$ м/с. Подставляя первое из условий в уравнение движения точки 1, получим $C_2 = 0$. Подставим начальное значение скорости в уравнение $\dot{S} = -2{,}66t + C_1$, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени. Получим $C_1 = 4$. Таким образом, движение точки 1 вдоль оси AS описывается уравнением: $S = -1{,}33t^2 + 4t$.

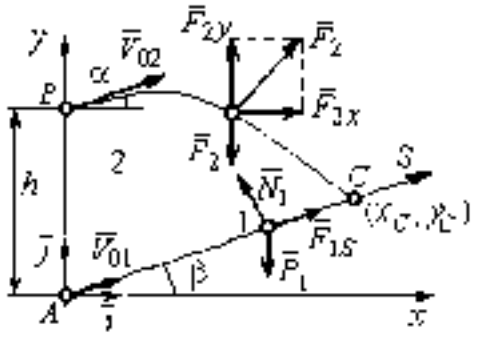


Рис. 4.4. Силы, действующие на точки 1 и 2, во время их движения

По условию задачи встреча двух точек происходит в момент времени t_1, когда скорость первой точки уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальной: $V_{1S}(t_1) = \frac{V_{01}}{2} = 2$ м/с. Подставляя это условие в уравнение, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени, получим: $2 = -2{,}66t_1 + 4$, откуда найдём момент времени встречи $t_1 = 0{,}75$ с. Расстояние AC, пройденное точкой 1 до встречи, определяется как путь, пройденный этой точкой за время $t_1 = 0{,}75$ с. $AC = S(t_1) = -1{,}33 \cdot 0{,}75^2 + 4 \cdot 0{,}75 = 2{,}25$ м. Координаты точки встречи x_C, y_C определяются из равенств: $x_C = S(t_1)\cos 30^\circ = 1{,}95$ м; $y_C = S(t_1)\sin 30^\circ = 1{,}12$ м.

Рассмотрим движение точки 2. В текущий момент времени на нее действует сила тяжести $\bar{P}_2$ и сила $\bar{F}_2 = 2{,}4\bar{i} + 4{,}5\bar{j}$, проекции которой на оси координат

$F_{2x} = 2.4$ Н. $F_{2y} = 4.5$ Н. Дифференциальные уравнения движения точки 2 в проекциях на оси координат x, y имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = F_{2x} = 2.4, \quad m_2\ddot{y} = -F_2 + F_{2y} = m_2 g + 4{,}5,$$

или после подстановки исходных данных: $\ddot{x} = 2$, $\ddot{y} = -6{,}06$.

Представим в первом уравнении проекцию ускорения точки 2 на ось x как производную от соответствующей проекции скорости $\ddot{x} = \frac{dV_{2x}}{dt}$. После разделения переменных получим дифференциальное уравнение $dV_{2x} = 2dt$. Проинтегрируем его и найдем зависимость горизонтальной составляющей скорости точки 2 от времени: $V_{2x} = 2t + C_3$. Заменим в этом уравнении проекцию скорости точки на ось x на производную от координаты $V_{2x} = \frac{dx}{dt}$. После интегрирования получим уравнение, описывающее движение точки 2 вдоль оси x, $x = t^2 + C_3 t + C_4$. Для того чтобы найти постоянные C_3 и C_4, воспользуемся граничными условиями движения точки 2 – известной начальной координатой движения точки и вычисленной координатой точки встречи, то есть при $t = 0$, $x = 0$, а при $t_1 = 0{,}75$ с $x(t_1) = x_C = 1{,}95$ м. Подставляя граничные условия в уравнение движения точки 2, получим $C_4 = 0$, $C_3 = 1{,}85$. Таким образом, уравнение движения точки 2 вдоль оси x: $x = t^2 + 1{,}85t$.

Закон движения точки 2 вдоль оси y находим путем интегрирования второго дифференциального уравнения. Его представим в виде: $\frac{dV_{2y}}{dt} = -6{,}06$. После разделения переменных и первого интегрирования получим зависимость проекции скорости точки 2 на ось y от времени: $V_{2y} = -6{,}06t + C_5$. Заменив проекцию скорости точки 2 на ось y производной от координаты $V_{2y} = \frac{dy}{dt}$, вторично проинтегрируем. В результате движение точки 2 вдоль оси y описывается уравнением: $y = -3{,}03t^2 - C_5 t + C_6$. Для определения констант C_5 и C_6 используем граничные условия: при $t = 0$ $y(0) = h = 1$ м, а при $t_1 = 0{,}75$ с $y(t_1) = y_C = 1{,}12$ м. Получим $C_6 = 1$

, $C_2 = 2{,}43$. Таким образом, точка 2 движется вдоль оси y по закону: $y = -3{,}03t^2 - 2{,}43t + 1$.

Проекции скорости точки 2 на оси координат как функции времени имеют вид: $V_{2x}(t) = \dot{x} = 2t + 1.85$, $V_{2y}(t) = \dot{y} = -6{,}06t - 2{,}43$. Значения проекций при $t = 0$: $V_{02x} = V_{2x}(0) = 1{,}85$ м/с, $V_{02y} = V_{2y}(0) = 2{,}43$ м/с. Величина начальной скорости: $V_{02} = \sqrt{V_{02x}^2 + V_{02y}^2} = 3{,}05$ м/с.

Угол наклона вектора скорости в начальный момент определяется из равенства: $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{V_{02y}}{V_{02x}} = \dfrac{2{,}43}{1{,}85} = 1{,}31$. Откуда $\alpha = 52{,}64^\circ$.

4.3. Колебания материальной точки

Силы, возникающие при отклонении материальной точки от положения равновесия и направленные так, чтобы вернуть точку в это положение, называются **восстанавливающими**. Восстанавливающие силы, линейно зависящие от расстояния от точки до положения её равновесия, называются **линейными восстанавливающими силами**. Так, сила упругости пружины $F = c\Delta l$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины; Δl – удлинение пружины, является линейной восстанавливающей силой.

Дифференциальное уравнение движения материальной точки массой m вдоль оси Ox под действием линейной восстанавливающей силы, представляет собой уравнение гармонических колебаний и имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где x – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало координат; ω – угловая частота колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$. Единица измерения угловой частоты – рад/с.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется суммой $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий. **Амплитуда свободных колебаний** $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Промежуток времени, в течение которого точка совершает одно полное колебание, называется **периодом колебаний**: $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Величина, обратная периоду $\nu = \frac{1}{T}$ определяет число полных колебаний точки за 1 с и называется **частотой колебаний**. Частота колебаний измеряется в герцах (Гц). Частота, равная 1 Гц, соответствует одному полному колебанию в секунду. Угловая частота связана с частотой колебаний соотношением $\omega = 2\pi\nu$.

Если на материальную точку кроме восстанавливающей силы действует сила сопротивления движению, пропорциональная скорости точки, $\bar{R} = -\mu\bar{v}$, где μ – коэффициент сопротивления, то дифференциальное уравнение движения точки с сопротивлением относительно положения равновесия имеет вид $m\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = 0$, или $\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2 x = 0$, где n – коэффициент затухания, $n = \frac{\mu}{2m}$, ω – угловая частота собственных колебаний точки без учёта сопротивления, $\omega^2 = \frac{c}{m}$.

При $n < \omega$ движение точки представляет затухающие колебания. Общее решение дифференциального уравнения колебаний с сопротивлением $x = e^{-nt}(C_1\cos\omega_1 t + C_2\sin\omega_1 t) = Ae^{-nt}\sin(\omega_1 t + \alpha)$, где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования; ω_1 – угловая частота затухающих колебаний, $\omega_1 = \sqrt{\omega^2 - n^2}$; $A_1 = Ae^{-nt}$ – амплитуда затухающих колебаний, $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$; α – начальная фаза колебаний, $\operatorname{tg}\alpha = \frac{C_1}{C_2}$.

При $n > \omega$ движение точки апериодическое, затухающее. Общее решение дифференциального уравнения движения точки с таким сопротивлением имеет вид $x = e^{-nt}(C_1 e^{k_2 t} + C_2 e^{-k_2 t})$, где $\omega_2 = \sqrt{n^2 - \omega^2}$.

При $n = \omega$ движение точки происходит согласно уравнению $x = e^{-nt}(C_1 t + C_2)$.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.**

При действии гармонической возмущающей силы $F = H\sin pt$, где H, p – амплитуда и угловая частота колебаний возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия и при отсутствии сил сопротивления имеет вид

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний. $\omega^2 = \frac{c}{m}$, h – относительная амплитуда возмущающей силы. $h = \frac{H}{m}$.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний представляется как сумма общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного.

При отсутствии резонанса, когда частота собственных колебаний не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$, решение имеет вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$, а в случае резонанса, когда $p = \omega$, – вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t - \frac{ht}{2p}\cos pt$. Значения произвольных постоянных C_1 и C_2 определяются из общего решения неоднородного уравнения с учетом начальных условий движения. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{соб} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Амплитуда вынужденных колебаний при отсутствии резонанса $A_{вын} = \frac{h}{\omega^2 - p^2}$.

При резонансе амплитуда вынужденных колебаний растет как линейная функция времени $A_{\text{вын}} = \frac{bt}{2p}$.

Если возмущающее воздействие заключается в **принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины**, например, по закону $S = a\sin pt$, где a, p – амплитуда и угловая частота колебаний точки подвеса пружины, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия при отсутствии сил сопротивления имеет вид $\ddot{x} + \omega^2 x = b\sin pt$, где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \frac{c}{m}$; b – относительная амплитуда возмущающего колебания, $h = \frac{ca}{m}$. Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины может быть получено аналогично случаю возмущения гармонической силой.

Система пружин заменяется одной с эквивалентной жесткостью. Так, колебания груза на двух параллельных пружинах с коэффициентами жесткости c_1 и c_2 (рис. 4.5, *a*) можно рассматривать как колебания груза на одной пружине эквивалентной жесткости $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$, где $c_{\text{экв}}$ – коэффициент жесткости эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин (рис. 4.5, *b*) коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{\text{экв}} = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$. Если груз расположен между двумя пружинами (рис. 4.5, *c*), тогда $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$. Коэффициент жесткости эквивалентной пружины равен сумме коэффициентов жесткости пружин.

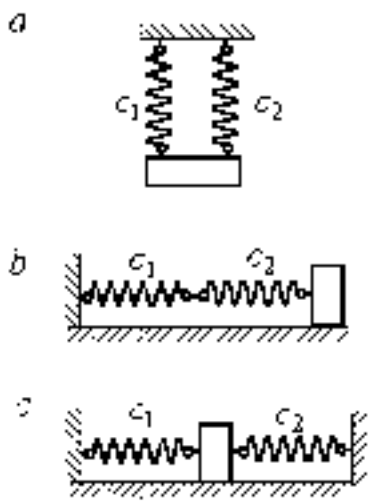


Рис. 4.5. Способы крепления груза на двух пружинах:
a – две параллельные пружины, *b* – последовательно соединённые пружины; *c* – крепление груза между пружинами

4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки

Задание Д2 на исследование колебаний точки включает две задачи

Задача 1. Исследование гармонических колебаний точки.

Найти уравнение движения груза массой m_1 (или одновременно двух грузов массой m_1 и m_2) на пружине жесткостью c_1 (или на двух пружинах жесткостью c_1 и c_2). Расположение грузов на пружине и описание условий, при которых начались колебания, приведено на схемах. Определить амплитуду и частоту колебаний.

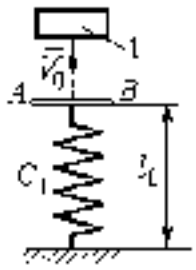
Задача 2. Исследование вынужденных колебаний точки.

Груз движется на пружинах, расположенных вертикально или горизонтально. При движении груза по горизонтальной поверхности трение не учитывается. Жесткость пружин c_1 и c_2. Направление возмущающего усилия $F = F(t)$, приложенного к грузу, или возмущающего движения точки крепления пружин $S = S(t)$, а также описание условий начала колебаний приведено на схемах. В задачах, где на схемах присутствует амортизатор, создающий сопротивление движению груза, сила сопротивления пропорциональна скорости движения груза и находится по формуле: $R = -\mu v$, где μ – коэффициент сопротивления; v – скорость груза. Определить уравнение колебаний груза, амплитуды собственных и вынужденных колебаний.

Варианты заданий даны на рис. 4.6 – 4.9. Исходные данные в табл. 4.2.

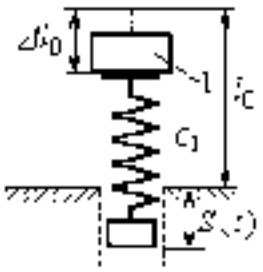
Варианты № 1. 11. 21

Задача 1



Невесомая пластина AB укреплена на нерастянутой пружине. Груз 1, получив начальную скорость $\vec{V}_0$, падает вертикально вниз. Через 1 с после начала падения груз достигает пластины и продолжает движение вместе с ней

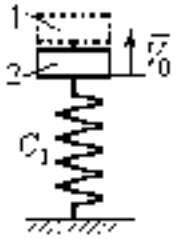
Задача 2



К верхнему концу пружины, сжатой на величину Δl_0, прикрепляют груз 1 и отпускают без начальной скорости. Одновременно нижний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Варианты № 2. 12. 22

Задача 1



В положении статического равновесия двух грузов (1 и 2), установленных на пружине, груз 1 убрали, а грузу 2 сообщили скорость $\vec{V}_0$, направленную вверх

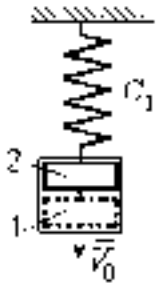
Задача 2



Груз 1 движется по гладкой горизонтальной поверхности с начальной скоростью $\vec{V}_0$. Через 1 с груз упирается в площадку AB, укреплённую на недеформированных пружинах, соединенных параллельно, и продолжает движение вместе с ней. Во время движения (до упора в площадку AB и вместе с ней) груз испытывает сопротивление, создаваемое демпфером D

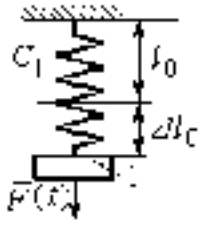
Варианты № 3. 13. 23

Задача 1



В положении статического равновесия груза 2, укрепленного на пружине, к нему присоединили груз 1 и оба груза толкнули вниз со скоростью $\vec{V}_0$

Задача 2

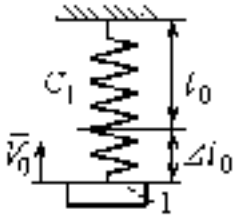


Недеформированную пружину оттянули вниз на расстояние Δl_0, подцепили груз 1 и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.6. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



К недеформированной пружине подвесили груз 1, оттянули его вниз на расстояние M_0 и сообщили скорость V_0, направленную вверх

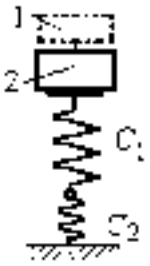
Задача 2



Грузу 1, укрепленному на двух последовательно соединённых пружинах в положении статического равновесия, сообщили начальную скорость V_0, направленную вниз. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\bar{F}(t)$

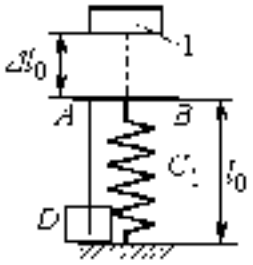
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



В положении статического равновесия грузов 1 и 2, укреплённых на двух вертикальных последовательно соединенных пружинах, убрали груз 1, а груз 2 отпустили без начальной скорости

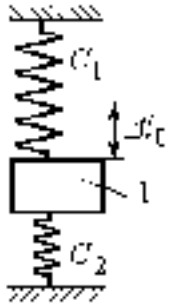
Задача 2



Груз 1 падает с высоты M_0 на площадку AB, установленную на недеформированной пружине, и продолжает движение вместе с ней. Демпфер D создает сопротивление движению груза на пружине

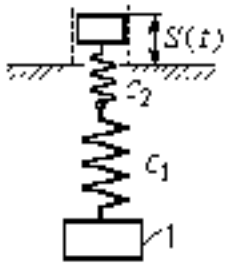
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Груз 1 поместили между двумя недеформированными пружинами, затем оттянули вниз на расстояние M_0 и отпустили без начальной скорости

Задача 2

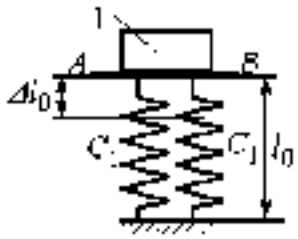


К недеформированным пружинам, соединённым последовательно, подвесили груз 1 и толкнули его вниз со скоростью V_0. Одновременно верхний конец пружины начинает двигаться по закону $N = N(t)$

Рис. 4.7. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

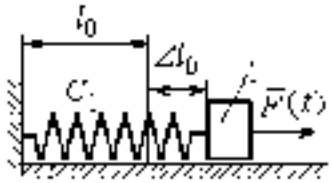
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



К недеформированным пружинам приложили груз 1, переместили его вниз на величину Δl_0 и сообщили скорость V_0, направленную вниз

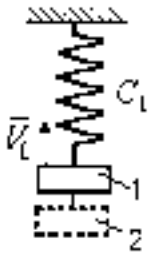
Задача 2



К нерастянутой пружине, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, подцепили груз 1, растянули его на расстояние Δl_0 и отпустили. Одновременно на груз стала действовать горизонтальная возмущающая сила $F(t)$

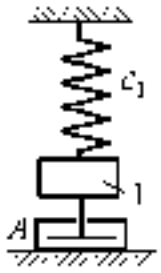
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Грузы 1 и 2 находятся на пружине в положении статического равновесия. Груз 2 удаляют, а грузу 1 сообщают скорость V_0, направленную вверх

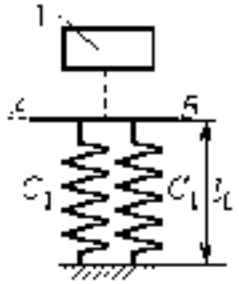
Задача 2



В положении статического равновесия грузу 1 сообщили скорость V_0, направленную вниз. Демпфер A создает сопротивление движению груза

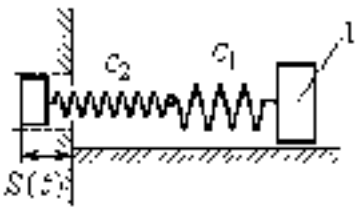
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Груз 1 без начальной скорости падает вниз. Пройдя путь l_0, груз достигает невесомой плиты AB, укреплённой на недеформированных, параллельно соединённых пружинах, и дальше движется вместе с ней

Задача 2



К двум горизонтальным пружинам, соединённым последовательно в положении их нерастянутого состояния прицепили груз 1 и сообщили ему горизонтальную скорость V_0, направленную в сторону сжатия пружин. Одновременно левый конец пружинной системы начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.8. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

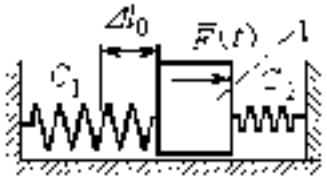
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



В положении статического равновесия груза 1, укрепленного на двух последовательно соединенных пружинах, сообщили скорость V_0, направленную вниз по наклонной плоскости

Задача 2



Между двумя горизонтальными недеформированными пружинами на гладкую поверхность поместили груз 1, оттянули его вправо на расстояние Δ_0 и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $F(t)$

Рис. 4.9. Задание Д2. Исследование колебаний точки. Варианты задания 10, 20, 30

Таблица 4.2

Исходные данные задания Д2. Исследование колебаний точки

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	Δ_0, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$M(t)$, м
1	1	2.5	–	2.0	200	–	–	–	–	–
	2	2.0	–	–	210	–	0.1	–	–	0.02sin12t
2	1	1.5	2.0	4	250	–	–	–	–	–
	2	2.0	–	4	220	–	–	1.0	–	–
3	1	2.0	1.5	3	250					
	2	1.2			200		0.14		12sin5t	
4	1	2.0	–	3	180	–	0.1	–	–	–
	2	1.5		2	150	120			8sin12t	
5	1	1.0	2.0		120	100				
	2	1.0			50		0.5	18		
6	1	1.2	–	–	120	180	0.12	–	–	–
	2	1.4		2.4	120	180				0.03sin14t
7	1	1.6		3.2	140		0.15			
	2	1.5	–	–	120	–	0.12	–	12sin6t	–
8	1	1.0	2.0	3.0	150	–	–	–	–	–
	2	2.0	–	3.5	120	–	–	15	–	–

Продолжение табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер звена	m_1, кг	m_2, кг	v_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	x_{0c}, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
9	1	1,5			100					
	2	1,4		2,0	100	110				0,015sin8t
10	1	2,5	–	2,5	110	100	–	–	–	–
	2	2,0			110	52	0,08		5sin9t	
11	1	2,0		4,0	300					
	2	1,0	–	–	200	–	0,12	–	–	0,01sin4t
12	1	1,8	2,4	4	220	–	–	–	–	–
	2	1,0	–	5	240	–	–	0,6	–	–
13	1	1,5	1,5	2	200					
	2	1,8	–	–	180	–	0,08	–	10sin10t	–
14	1	2,0		2	200		0,12			
	2	2,0	–	2	150	120	–	–	10sin8t	–
15	1	1,5	2,0		120	250				
	2	1,5	–	–	120	–	0,4	4	–	–
16	1	2,0	–	–	150	75	0,1	–	–	–
	2	2,0	–	2,5	150	75	–	–	–	0,01sin5t
17	1	1,5		2,1	160		0,11			
	2	1,8			150		0,1		8sin12t	
18	1	2,0	1,0	2,5	80	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	2,5	50	–	–	21	–	–
19	1	1,6	–	–	120	–	–	–	–	–
	2	1,2		2,0	85	120				0,015sin7t
20	1	2,0	–	2,0	90	100	–	–	–	–
	2	2,5			100	90	0,12		6sin10t	
21	1	2,0	–	1,6	220	–	–	–	–	–
	2	2,5			250		0,14			0,01sin10t
22	1	2,2	1,5	3	180	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	4	280	–	–	0,8	–	–
23	1	2,2	1,2	2	220	–	–	–	–	–
	2	1,6	–	–	200	–	0,12	–	5sin7t	–

Окончание табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	v_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	λ/c, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
24	1	1,6		2,4	160		0,13			
	2	1,0		3	150	300			$6\sin 10t$	
25	1	0,8	1,2	–	120	80	–	–	–	–
	2	0,8			180		0,4	12		
26	1	1,4			100	120	0,15			
	2	1,8	–	2,2	150	120	–	–	–	$0,015\sin 8t$
27	1	2	–	4,0	150	–	0,12	–	–	–
	2	2	–	–	162	–	0,13	–	$5\sin 9t$	–
28	1	1,5	2,0	2,0	140					
	2	1,5	–	3,1	180	–	–	12	–	–
29	1	1,0			140					
	2	2,0	–	2,4	75	150	–	–	–	$0,08\sin 5t$
30	1	1,6		3	75	150				
	2	1,5	–	3	80	70	0,15	–	$8\sin 10t$	–

Пример выполнения задания Д2. Исследование колебаний точки

Задача 1. Груз 1 весом $P = 20$ Н, лежащий на гладкой наклонной плоскости, прикреплён к нелеформированной пружине, расположенной параллельно плоскости (рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 30°, коэффициент жесткости пружины $c = 400$ Н/м. В начальный момент груз переместили вверх по наклонной плоскости (сжали пружину) на расстояние $\lambda_0 = 0,1$ м относительно нерастянутой пружины и отпустили без начальной скорости.

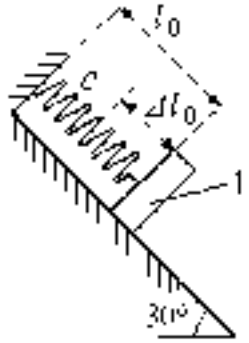


Рис. 4.10. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.11. Направим ось Ox, вдоль которой происходят колебания груза, вниз вдоль наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты x выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.11). В произвольном положении груза, обозначенном координатой x, к нему приложены три силы: сила тяжести $\bar{P}$, реакция опоры наклонной плоскости $\bar{N}$ и сила упругости пружины $\bar{F}_{упр}$. Проекция силы упругости пружины на ось Ox: $F_{упр\,x} = -c\Delta l$, где Δl – удлинение пружины относительно её нерастянутого положения, включающее ее растяжение x относительно выбранного начала координат и растяжение $\lambda_{ст}$ при статическом равновесии груза на наклонной плоскости.

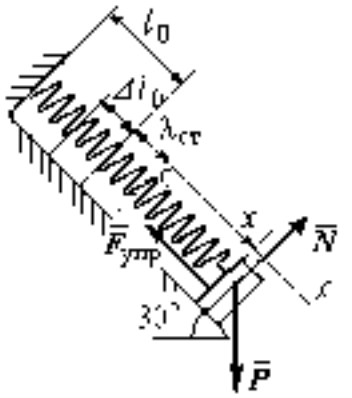


Рис. 4.11. Расчётная схема колебаний груза

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось Ox:

$$m\ddot{x} = P\sin 30^\circ - c(x + \lambda_{ст}).$$

В положении статического равновесия сила упругости уравновешивается силой, равной проекции силы тяжести на ось x: $P\sin 30^\circ - c\lambda_{ст} = 0$. Подставляя это выражение условия статического равновесия груза в уравнение движения, получим дифференциальное уравнение колебаний груза:

$$m\ddot{x} = -cx, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где ω – угловая частота колебаний; $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}01$ рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим координату x_0 начального положения груза на оси Ox.

Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \frac{P\sin 30^\circ}{c}$ – 0,025 м. Координата начального положения груза определяется величиной сжатия пружины и, поскольку начало отсчёта координаты x выбрано в положении статического равновесия груза, равна (со знаком!): $x_0 = -(\Delta l_0 + \lambda_{ст}) = -0{,}125$ м (см. рис. 4.11)

Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим $C_1 = -0{,}125$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt$. Подставим сюда начальное значение скорости груза при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического растяжения пружины:

$$x(t) = -0{,}125\cos 14{,}01t \text{ м}.$$

Амплитуда колебаний груза $A = 0{,}125$ м.

Задача 2. Груз 1 весом $P = 20$ Н подвешен на недеформированной вертикальной пружине (рис. 4.12). Жесткость пружины $c = 800$ Н/м. В начальный момент груз был оттянут вниз в положение, при котором пружина растянулась на расстояние $\Delta l_0 = 0{,}1$ м, и в этом положении ему сообщена начальная скорость $V_0 = 2$ м/с, направленная вверх.

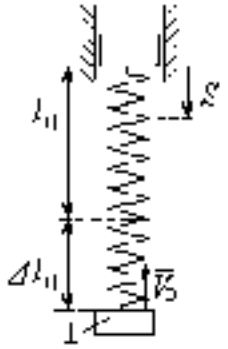


Рис. 4.12. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Одновременно с началом движения груза верхний конец пружины стал совершать гармонические колебания по закону $N = a\sin 10t$, где $a = 0{,}02$ м.

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду собственных колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.13. Направим ось Ox, вдоль которой происходят колебания груза, вертикально вниз. Начало отсчёта координаты x выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.13, *c*, *d*). В произвольном положении груза, обозначенном координатой x, к нему приложены две силы: сила тяжести $\bar{P}$ и сила упругости пружины $\bar{F}_{\text{упр}}$.

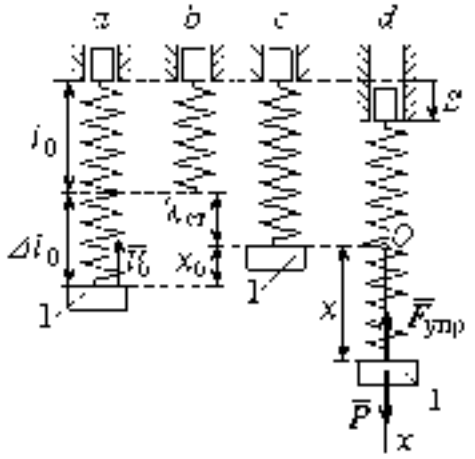


Рис. 4.13. Расчётная схема вынужденных колебаний груза: *a* – положение груза на начало колебаний; *b* – недеформированная пружина; *c* – статическое растяжение пружины под действием веса груза; *d* – положение груза в произвольный момент времени и перемещение точки подвеса пружины

Проекция силы упругости пружины на ось Ox

$$F_{\text{упр}x} = -c\Delta l = -c(x + \lambda_{ст} - S),$$

где Δl – удлинение пружины, включающее ее растяжение λ относительно начала координат, растяжение $\lambda_{ст}$ при статическом равновесии груза и уменьшение растяжения при смещении верхнего конца, $\Delta l = (x + \lambda_{ст} - S)$.

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось Ox:

$$m\ddot{x} = P - c(x + \lambda_{ст} - S).$$

В положении статического равновесия выполняется условие равенства сил: $P - c\lambda_{ст} = 0$.

После подстановки его в уравнение движения груза получаем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

$$m\ddot{x} = -cx + cS, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin\gamma t,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний. $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$. $\omega = 19{,}81$ рад/с;

h – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h = \frac{Q}{m} = 7{,}85$ м/с^2; p – угловая частота вынужденных колебаний. $p = 10$ рад/с.

При отсутствии резонанса (здесь $\omega \neq p$) общее решение уравнения вынужденных колебаний имеет вид $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим координату x_0 начального положения груза на оси Ox. Координата начального положения груза (см. рис. 4.13, *b*) $x_0 = \lambda_0 - \lambda_{ст}$. Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \frac{P}{c} = 0{,}02$ м, тогда $x_0 = 0{,}08$ м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при $t = 0$, получим: $C_1 = x_0 = 0{,}08$ м.

Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t + \frac{hp}{\omega^2 - p^2}\cos pt$. Проекция скорости груза в начальный момент на ось Ox: $V_{0x} = -V_0$. Подставив начальное значение скорости груза при $t = 0$: $\dot{x} = V_{0x} = -V_0$, получим: $C_2 = -\frac{V_0}{\omega} - \frac{hp^2}{\omega(\omega^2 - p^2)} = -0{,}11$ м.

Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического равновесия, м.

$$x(t) = 0{,}08\cos 19{,}82t - 0{,}11\sin 19{,}82t - 0{,}03\sin 10t.$$

Амплитуда вынужденных колебаний $A_{вын} = \frac{h}{\omega^2 - p^2} = 0{,}03$ м. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{соб} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = 0{,}14$ м.

4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки

Работой $A(\bar{F})$ силы $\bar{F}$, постоянной по модулю и направлению, на конечном прямолинейном перемещении S_1 точки приложения силы называется величина $A(\bar{F}) = FS_1\cos\alpha$. Если угол α острый, работа силы положительна. Если угол α тупой, – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

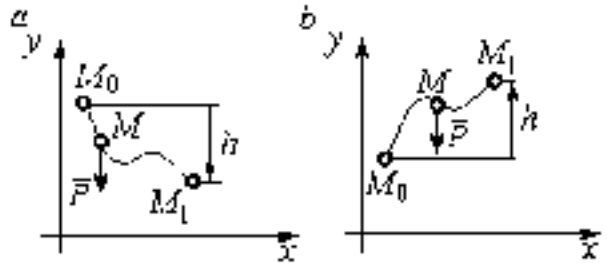


Рис. 4.14. Схема для вычисления работы силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

Работа силы тяжести материальной точки (вертикальной силы) при перемещении точки из положения M_0 в положение M_1 равна произведению модуля силы тяжести на вертикальное перемещение точки $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где P – величина силы тяжести точки; h – величина вертикального перемещения точки (рис. 4.14). Работа силы тяжести положительная, если начальная точка движения выше конечной, и отрицательная, – если ниже.

Работа силы упругости пружины на прямолинейном перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние h определяется формулой $A(F_{\text{упр}}) = -\frac{ch^2}{2}$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины.

Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина $T = \frac{1}{2}mV^2$, где m – масса точки; V – её скорость. **Теорема об изменении кинетической энергии точки** заключается в том, что изменение кинетической энергии точки за конечный промежуток времени равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где V_0, V_1 – скорость точки в начальном положении M_0 и в положении M_1; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ

всех сил, действующих на точку, при её перемещении из положения M_0 в положение M_1.

При несвободном движении точки сумма работ сил включает работу реакций связи. Если движение происходит без трения по неподвижной гладкой поверхности, то реакция связи направлена по нормали к поверхности и её работа при любом перемещении точки равна нулю.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения точки в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат; ρ – радиус кривизны траектории точки.

4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

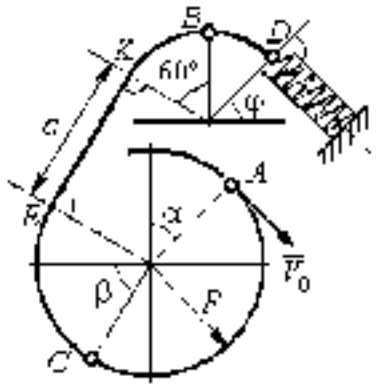
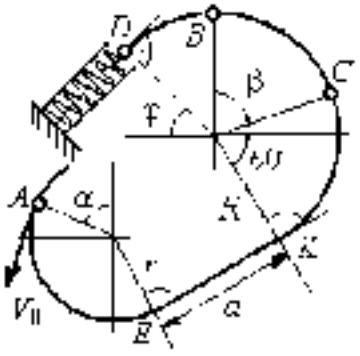
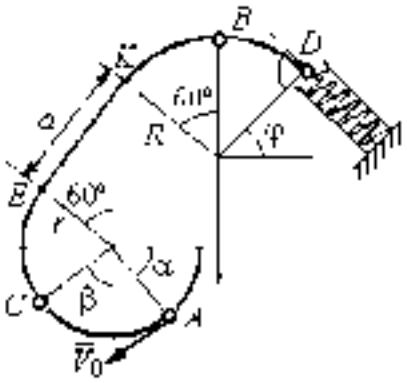
Тонкий стержень с надетым на него шариком массой m расположен в вертикальной плоскости и состоит из дуг окружностей радиусами r и $R = 2r$, соединённых прямолинейным отрезком EK, сопряжённым с дугами окружностей в точках E и K. В этих точках шарик переходит с одного участка стержня на другой, не изменяя величины и направления скорости. Длина отрезка $EK = a$.

В точке A, положение которой на дуге окружности определяется углом α, шарику сообщают начальную скорость V_0. По дугам окружностей шарик скользит без трения, а при движении по прямолинейному отрезку EK на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения f. На участках с вертикальным отрезком EK считать, что шарик прижимается к стержню силой, равной половине веса шарика.

Достигнув на дуге окружности точки D, шарик упирается в недеформированную пружину жёсткостью c и, продолжая движение по сопряженной прямой, сжимает её. Положение точки D определяется углом φ.

Определить величину максимального сжатия пружины, если шарик проходит наивысшее положении траектории – точку B со скоростью $V_B = kV_0$. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке C, положение которой на дуге определяется углом β.

Варианты заданий приведены на рис. 4.15, 4.16. Исходные данные задания в табл. 4.3.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22	Варианты № 3, 13, 23
		

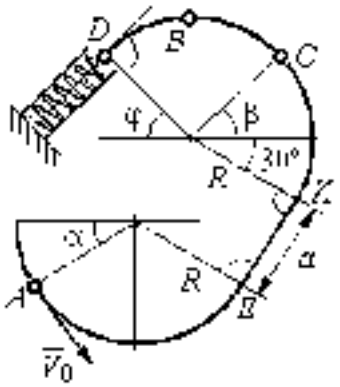
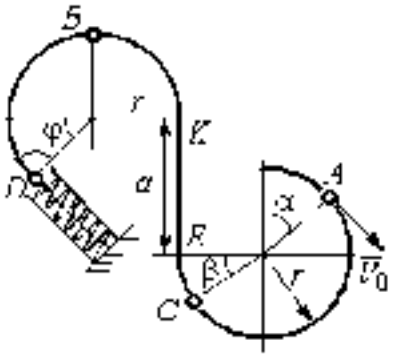
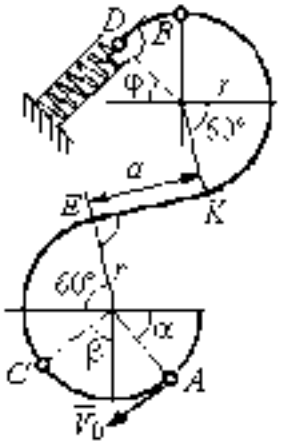
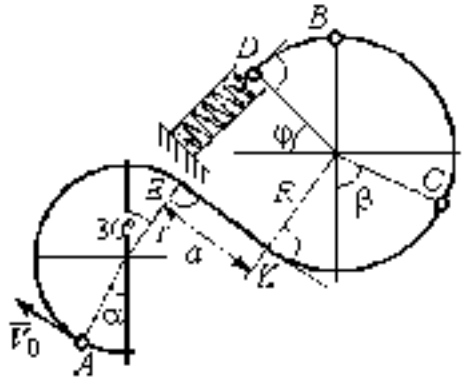
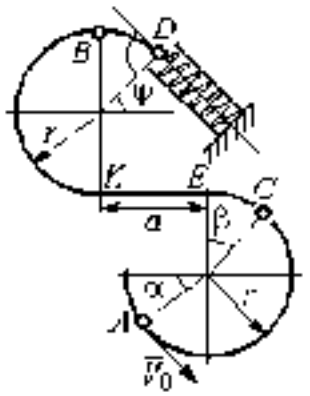
Варианты № 4, 14, 24	Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
		

Рис. 4.15. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

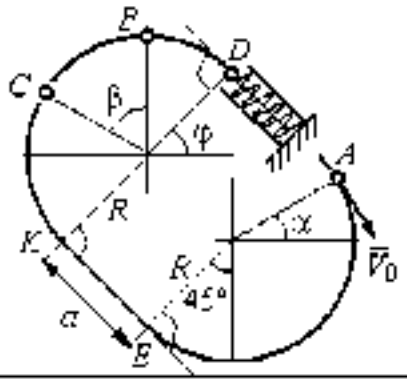
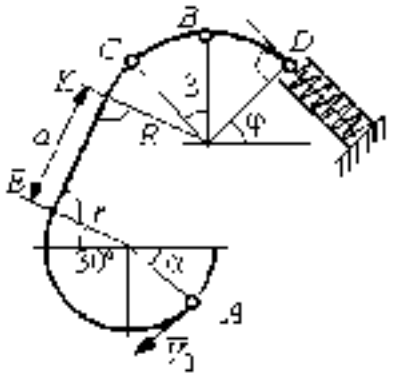
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	

Рис. 4.16. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 4.3

Исходные данные задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
m, кг	0,8	0,5	0,6	0,4	1,0	0,6	0,9	0,5	0,3	0,4	0,8	0,6	0,5	0,3	1,0
α, град	30	45	0	30	30	0	0	45	30	0	60	30	30	45	60
β, град	60	30	60	0	60	30	60	60	30	45	30	60	60	30	30
φ, град	0	60	30	0	0	30	45	0	30	45	30	30	0	30	45
r, м	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,8
a, м	0,5	0,6	0,9	1,4	0,8	1,2	0,5	0,5	1,4	0,5	0,8	0,5	0,8	0,6	0,6
f	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3
k	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
c, Н/м	100	80	90	80	120	100	90	80	60	80	90	60	80	60	110

Окончание табл. 4.3

Номер варианта задания	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
m, кг	0,6	0,5	0,6	0,4	0,8	0,5	0,4	1,0	0,6	0,5	0,4	0,8	0,4	0,6	0,8
α, град	60	30	0	45	60	90	90	60	60	90	30	60	60	45	90
β, град	60	30	45	90	60	45	90	60	60	30	30	60	60	0	60
φ, град	45	60	60	60	30	90	0	90	45	60	60	90	30	60	0
l, м	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4
a, м	0,4	1,2	0,9	1,2	1,2	0,9	0,6	1,5	1,4	0,8	1,2	0,9	0,6	0,8	0,5
f	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
k	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
c, Н/м	80	60	90	60	100	90	80	110	80	60	60	80	60	80	100

Пример выполнения задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг окружностей, сопряженных в точках E и K с прямолинейным отрезком EK длиной a = 0,6 м (рис. 4.17). Радиусы окружностей R = 1 м и r = 0,5 м. Диаметры дуг окружностей, проведённые в точках E и K, составляют с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик массой m = 0,5 кг. В точке A, положение которой на дуге радиуса R определяется углом α = 60° (см. рис. 4.17), шарику сообщают начальную скорость V_0, после чего он начинает движение. По дугам окружностей шарик скользит без трения. При движении по прямой EK на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения f = 0,2. Достигнув точки D на верхней дуге, шарик упирается в пружину жесткостью c = 100 Н/м и, двигаясь по сопряжённой прямой без трения, сжимает ее. Найти величину максимального сжатия пружины, если наивысшее положение на траектории (точку B) шарик проходит со скоростью $V_B = kV_0$ при k = 0,3. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке C, положение которой на дуге определяется углом β = 90°.

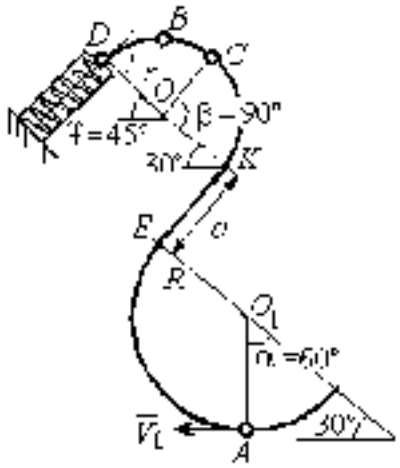


Рис. 4.17. Схема движения шарика

Решение

Рассмотрим движение шарика по стержню из начального положения A в наивысшее положение – точку B.

При движении шарика по дугам окружностей работу совершает только сила тяжести. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня, и потому ее работа при перемещении шарика равна нулю.

На участке движении шарика по прямой EK на него действуют сила тяжести $\bar{P}$, нормальная реакция опоры $\bar{N}_{EK}$ и сила трения $\bar{F}_{тр}$ (рис. 4.18, *b*). Работу совершают сила тяжести и сила трения. Работа реакции опоры стержня равна нулю.

Обозначим $h_{(AB)}$ – перепад высот точек A и B на траектории; V_1 – начальная скорость шарика в точке A, $V_1 = V_0$; V_B – его скорость в точке B, $V_B = 0{,}3V_0$. Для вычисления перепада высот точек A и B имеем выражение (рис. 4.18, *a*):

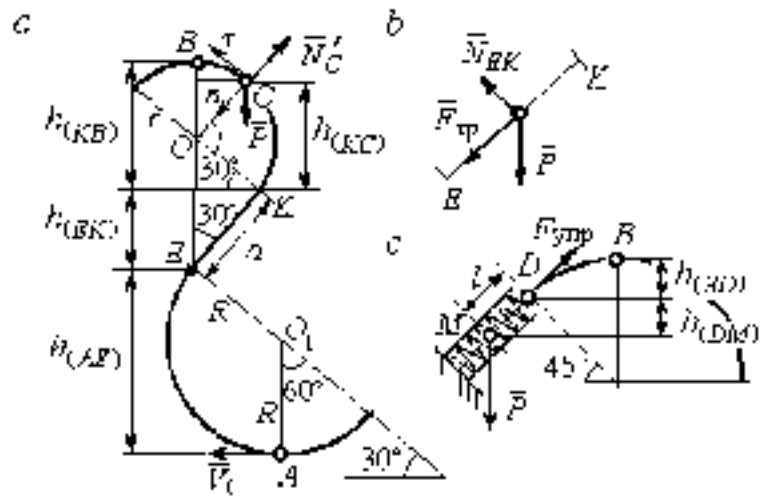


Рис. 4.18. Силы, действующие на шарик во время движения и перепады высот

$$h_{(AB)} = h_{(AE)} + h_{(EK)} + h_{(KB)} =$$

$$R(1 - \sin 30^\circ) + a\cos 30^\circ + r(1 + \sin 30^\circ).$$

Будем считать шарик материальной точкой. Применяя теорему об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения A в положение B, получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = A(\bar{P}) + A(\bar{F}_{тр})$, где $A(\bar{P}) = -Ph_{(AB)}$, $A(\bar{F}_{тр}) = -F_{тр}a$ – работы, соответственно, силы тяжести на участке движения AB и силы трения на отрезке EK. Сила трения равна $F_{тр} = f \cdot N_{EK} = f \cdot mg\cos 60^\circ$ (рис. 4.18, *a*, *b*).

В результате, теорема об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения A в конечное положение B принимает

вид: $\frac{m(0{,}3V_0)^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -mg\left[(R + r)(1 - \sin 30^\circ) + a(\cos 30^\circ + f \cdot \cos 60^\circ)\right]$. После подстановки данных задачи, получим: $0{,}91V_0^2 = 55{,}517$, откуда находим необходимое значение начальной скорости шарика: $V_0 = 7{,}81$ м/с

Найдём давление шарика на стержень в точке C

Проведём в точке C оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn (рис. 4.18, *а*). Уравнение движения шарика в точке C в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\frac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N_C'$, где V_C – скорость шарика в точке C, N_C' – реакция стержня, приложенная к шарику. Направление реакции на рис. 4.18, *а* соответствует предположению, что шарик давит на стержень в направлении центра дуги окружности.

Для определения скорости шарика в точке C воспользуемся тем, что скорость шарика в точке B уже известна, и применим теорему об изменении кинетической энергии при движении шарика из начального положения C в конечное положение B. На этом участке движения работу совершает только сила тяжести шарика. Получим $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(C)(B)}$, где V_C, V_B – значения скорости шарика в точках C и B; $h_{(C)(B)}$ – перепад высот точек C и B; $h_{(C)(B)} = r(1 - \sin 30^\circ) = 0{,}5r$ (см. рис. 4.18, *а*). В результате теорема об изменении кинетической энергии принимает вид: $mV_C^2 = mV_B^2 + 2mgh_{(C)(B)}$ или $V_C^2 = V_B^2 + gr$. Отсюда, при условии $V_B = 0{,}3V_0 = 2{,}34$ м/с, найдём $V_C = 3{,}22$ м/с.

Реакция опоры шарика: $N_C' = P\cos 30^\circ - m\frac{V_C^2}{r} = -6{,}12$ Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика означает, что вектор реакции N_C' в точке C (см. рис. 4.18, *а*) направлен в противоположную сторону. Давление шарика на стержень в точке C равно модулю реакции опоры.

Найдём величину максимального сжатия пружины.

Рассмотрим движение шарика на участке от точки B до положения максимально сжатой пружины – точки M. Движение на этом участке происходит по дуге окружности BD и по прямой DM. При этом сила тяжести совершает работу на всём участке движения, а сила упругости – на отрезке сжатия пружины. Обозначим величину максимального сжатия пружины $MD = l$.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения B в M получим: $\frac{mV_M^2}{2} - \frac{mV_B^2}{2} = A(\bar{P}) + A(\bar{F}_{упр})$, где V_M, V_B – скорость шарика в точках M и B. Работа силы тяжести $A(\bar{P}) = PH_{(BM)} = $ $= P\left[h_{(BD)} + h_{(DM)}\right] = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right]$. Работа силы упругости на прямолинейном участке DM длиной l: $A(\bar{F}_{упр}) = -\frac{cl^2}{2}$. Условие максимального сжатия пружины означает, что в точке M скорость шарика обращается в нуль: $V_M = 0$, тогда теорема об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\frac{mV_B^2}{2} = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right] - \frac{cl^2}{2}$. Подставляя данные задачи и с учётом того, что скорость шарика в наивысшей точке B найдена из предыдущих рассуждений $V_B = 2{,}34$ м/с, получим квадратное уравнение для определения величины максимального сжатия пружины $50l^2 - 3{,}468l - 2{,}085 = 0$. В качестве ответа принимается положительный корень уравнения $l = 0{,}24$ м.

. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы

Поступательное движение твердого тела описывается теоремой о движении центра масс механической системы. В проекциях на координатные оси дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела имеют вид: $m\ddot{x}_C = \sum F_{kx}^e$, $m\ddot{y}_C = \sum F_{ky}^e$, $m\ddot{z}_C = \sum F_{kz}^e$, где m – масса тела; x_C, y_C, z_C – координаты центра масс тела; F_{kx}^e, F_{ky}^e, F_{kz}^e – проекции на оси координат внешних сил, действующих на твердое тело.

Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси z описывается теоремой об изменении кинетического момента.

Дифференциальное уравнения вращательного движения тела имеет вид:

$$J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\bar{F}_k^e) \quad \text{или} \quad J_z\ddot{\varphi} = \sum M_z(\bar{F}_k^e),$$

где ω – угловая скорость тела; $\omega = \dot{\varphi}$; φ – угол поворота тела; $\sum M_z(\bar{F}_k^e)$ – моменты внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z

Уравнение вращательного движения можно представить в алгебраической форме: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\bar{F}_k^e)$, где ε – угловое ускорение тела: $\varepsilon = \ddot{\varphi}$.

Плоскопараллельное движение твердого тела описывается на основании теорем о движении центра масс и изменении кинетического момента относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F_{kx}^e, \quad ma_{Cy} = \sum F_{ky}^e, \quad J_C\varepsilon = \sum M_C(\bar{F}_k^e),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F_{kx}^e,

F_{kx}^{e} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(F_k^e)$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение тел системы в отдельности, предварительно освободив их от связей и заменив действие связей реакциями. Далее на основании общих теорем динамики системы следует составить уравнения движения каждого тела.

5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы

Механизм состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3, соединенных нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями.

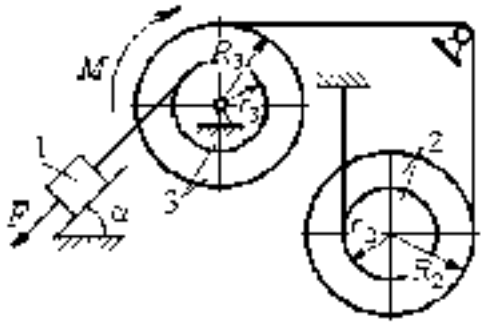
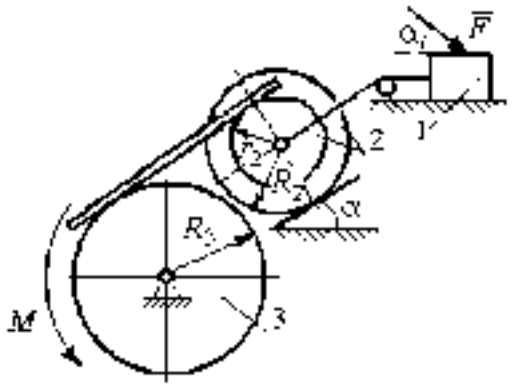
Движение механизма происходит в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\bar{P}_1$, $\bar{P}_2$, $\bar{P}_3$, силы $\bar{F}$ и пары сил с моментом M. Направление действия силы $\bar{F}$ определяется углом α. Качение катка 2 происходит без скольжения. Проскальзывание между дисками и соединяющими их невесомыми стержнями или нитями отсутствует.

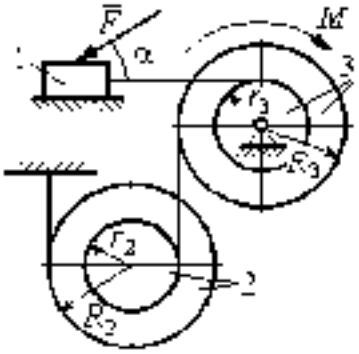
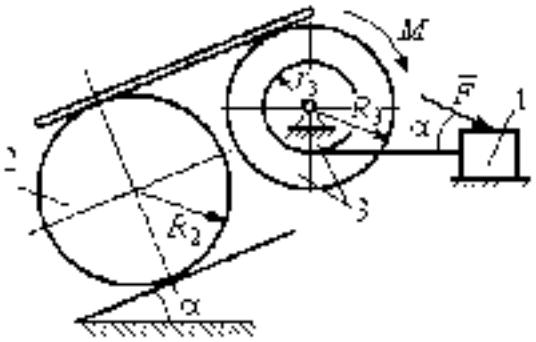
Радиусы ступеней катка 2 и блока 3 на схемах обозначены R_2, r_2 и R_3, r_3.

Сплошные диски считать однородными. Радиусы инерции неоднородных (ступенчатых) дисков относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости движения, равны i_{z2}, i_{z3}.

Найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось блока 3.

Варианты заданий представлены на рис. 5.1, 5.2. Исходные данные приведены в табл. 5.1.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

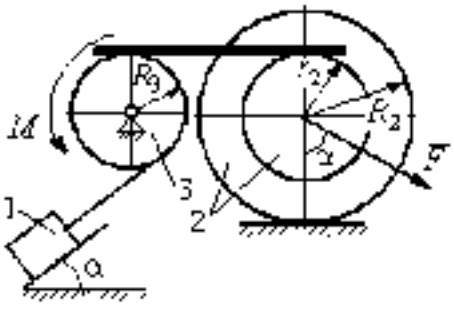
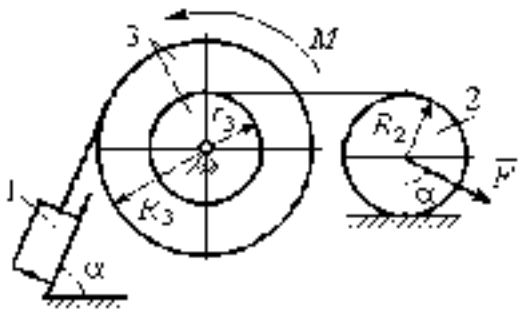
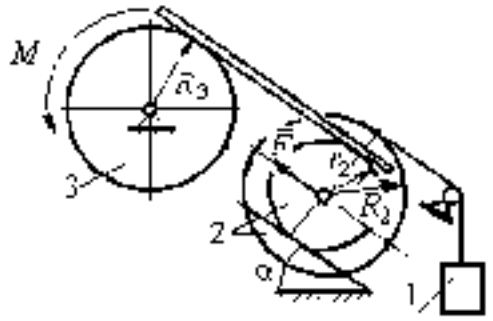
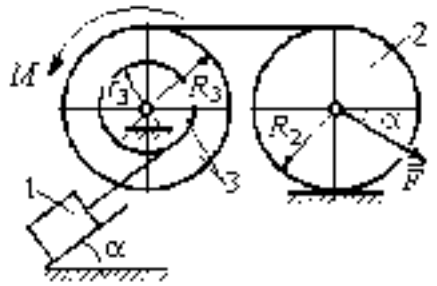
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.1. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

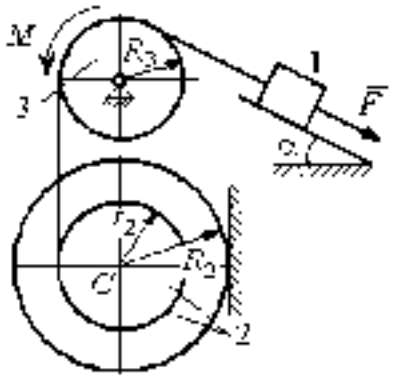
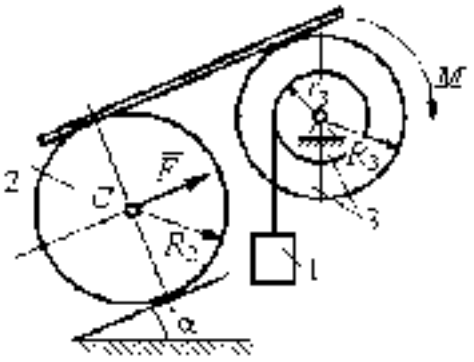
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	

Рис. 5.2. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.1

Исходные данные задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	P_4, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{x2}, м	i_{x3}, м
1	P	P	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
2	$3P$	P	$3P$	$3P$	Pr	30	$2r$	r	$2r$		$2r$	
3	$4P$	$3P$	$4P$	$2P$	$2Pr$	60	$2r$	r	$2r$	r	$2r$	$2r$
4	$2P$	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$		$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
5	P	$3P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	r	r		$2r$	–
6	P	$2P$	$4P$	$4P$	$6Pr$	60	$3r$		$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
7	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	45	$3r$	r	r	•	$r\sqrt{3}$	–

Окончание табл. 5.1

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{x2}, м	i_{x3}, м
8	$2P$	$3P$	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$		$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
9	$3P$	P	$3P$	P	$2Pr$	30	$2r$	r	$2r$		$r\sqrt{2}$	
10	P	P	$3P$	P	$2Pr$	60	$3r$		$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
11	P	P	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$r\sqrt{2}$	$r\sqrt{2}$
12	$2P$	P	$2P$	$4P$	Pr	60	$3r$	r	$3r$		$r\sqrt{3}$	
13	$3P$	P	$3P$	$3P$	$2Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
14	$2P$	P	$3P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$		$3r$	$2r$		$2r$
15	P	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$		$r\sqrt{3}$	
16	P	$3P$	$4P$	$2P$	$3Pr$	30	$2r$		$2r$	r	–	$r\sqrt{2}$
17	P	P	$3P$	$2P$	$6Pr$	60	$3r$	r	$3r$	•	$r\sqrt{3}$	
18	$2P$	$2P$	$3P$	P	$3Pr$	60	$2r$		$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
19	$2P$	P	$2P$	$3P$	$4Pr$	30	$3r$	r	$3r$		$2r$	
20	P	P	$3P$	P	$2Pr$	45	$2r$		$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
21	$2P$	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	r	$3r$	r	$r\sqrt{2}$	$2r$
22	P	P	$2P$	$5P$	$2Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$		$2r$	
23	$2P$	$2P$	$3P$	$3P$	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
24	$4P$	P	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$		$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
25	P	$3P$	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	r		$r\sqrt{3}$	–
26	P	$3P$	$4P$	$3P$	$3Pr$	45	$2r$		$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$
27	P	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	30	$2r$	r	$2r$	•	$r\sqrt{3}$	
28	$2P$	$3P$	$3P$	P	$6Pr$	30	$2r$		$3r$	$2r$		$r\sqrt{2}$
29	$2P$	P	$2P$	$2P$	$2Pr$	45	$2r$	r	r		$2r$	
30	P	P	$4P$	P	$4Pr$	60	$3r$		$3r$	$2r$	–	$2r$

Пример выполнения задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Механизм (рис. 5.3) состоит из груза 1, однородного диска – катка 2 и неоднородного диска – блока 3, соединённых друг с другом нерастяжимыми нитями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя.

Движение происходит под действием сил тяжести $\bar{P}_1$, $\bar{P}_2$, $\bar{P}_3$, равных по модулю: $P_1 = 2P$, $P_2 = 2P$, $P_3 = 3P$, силы $\bar{F}$, приложенной в центре масс катка 2, равной по величине: $F = 3P$, и пары сил с моментом $M = Pr$, приложенных

к блоку 3. Механизм является неизменяемой механической системой. Радиус катка 2 $R_2 = 2r$. Качение катка по наклонной плоскости происходит без проскальзывания. Радиусы ступенчатого блока 3: $R_3 = 3r$, $r_3 = r$. Радиус инерции блока 3 $r_3 = r\sqrt{3}$.

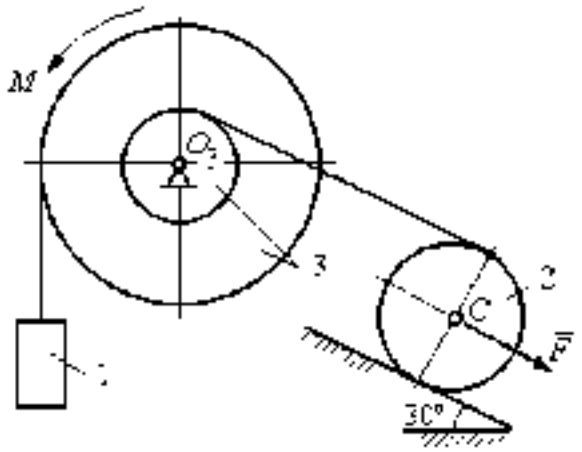


Рис. 5.3. Схема механической системы

Применяя метод динамического расчета механической системы найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось вращающегося блока 3.

Решение

Освобождаем систему от связей. На рис. 5.4 изображены внешние силы, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей.

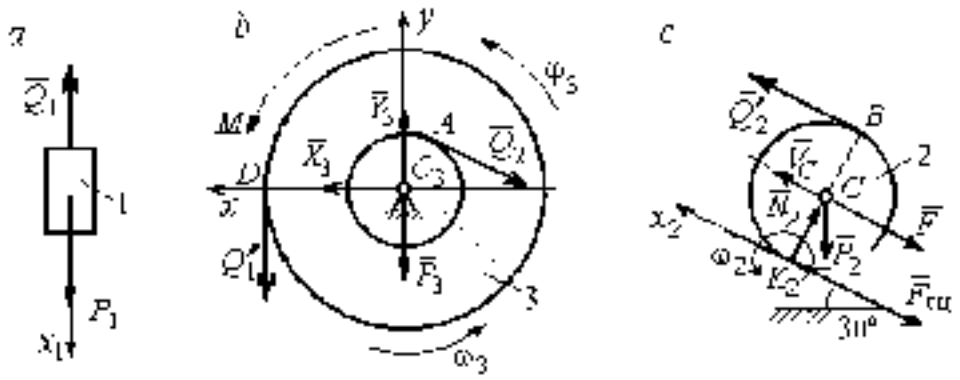


Рис. 5.4. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему:
a – поступательное движение груза 1; *b* – вращательное движение блока 3;
c – плоское движение катка 2

Груз 1 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\bar{P}_1$ и реакция нити $\bar{Q}_1$ (рис. 5.4, *a*). Предположим, груз 1 движется вниз, и направим ось x_1 в сторону движения груза.

Уравнение движения груза в проекции на ось x_1 в соответствии с теоремой о движении центра масс механической системы имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 - 2P - Q_1,$$

где m_1, a_1 – соответственно, масса груза 1 и его ускорение, $m_1 = \frac{P_1}{g} = \frac{2P}{g}$.

Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси z, проходящей через его центр масс O_3, перпендикулярно плоскости диска. Направление вращения блока, соответствующее выбранному движению вниз груза 1, показано на рис. 5.4, *b* дуговой стрелкой ω_3.

На блок действуют сила тяжести $\bar{P}_3$, силы реакции подшипника $\bar{X}_3$, $\bar{Y}_3$, момент M и реакции нитей $\bar{Q}_1'$ и $\bar{Q}_2$ (см. рис. 5.4, *b*). При составлении уравнения вращательного движения блока 3 моменты сил считаем положительными, если они поворачивают блок в сторону его вращения.

Уравнение вращения блока 3 имеет вид:

$$J_{zO_3}\varepsilon_3 - \sum M_{zO_3}(\bar{F}_k) - Q_1'R_3 + M - Q_2r_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r.$$

где J_{zO_3} – момент инерции блока 3 относительно оси z; ε_3 – угловое ускорение диска 3, $J_{zO_3} = m_3\rho_3^2 = \frac{P_3}{g}(r\sqrt{3})^2 = \frac{9Pr^2}{g}$.

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложены сила тяжести $\bar{P}_2$, сила $\bar{F}$, реакция нити $\bar{Q}_2'$ и реакция наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции опоры $\bar{N}_2$ и силы сцепления катка с поверхностью $\bar{F}_{сц}$. Согласно принципу равенства действия и противодействия, модули сил $\bar{Q}_2$ и $\bar{Q}_2'$ равны. На рис. 5.4, *c* показаны направления действия сил, приложенных к диску 2. В соответствии с направлением движения груза 1, центр масс катка 2 движется вверх параллельно наклонной плоскости. Направление движения центра масс катка 2 показано направлением оси x_2. Направление вращения катка 2 показано дуговой стрелкой угловой скорости ω_2 (см. рис 5.4, *c*).

Плоскопараллельное движение катка 2 описывается уравнением движения его центра масс и уравнением вращения вокруг оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска. Составляя уравнение движения, получим:

$$m_2a_{C_2} = Q_2' - F - F_{сц} - P_2\cos 60^\circ = Q_2 - 3P - F_{сц} - P.$$

$$J_C \cdot \varepsilon_2 = Q_2 R_2 + F_{2u} R_2 - Q_2 2r + F_{2u} 2r.$$

где m_2 – масса катка 2, $m_2 = \frac{P_2}{g} = \frac{2P}{g}$; a_C, ε_2 – ускорение центра масс и угловое ускорение катка 2; J_C – момент инерции однородного катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} = \frac{P R_2^2}{g} = \frac{4 P r^2}{g}$. В уравнении вращательного движения диска момент силы считается положительным, если создаваемый им поворот направлен в сторону вращения диска.

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей. Если предположить, что скорость центра масс катка 2 равна V_C, то угловая скорость катка определится по формуле: $\omega_2 = \frac{V_C}{CK_2} = \frac{V_C}{R_2}$, где CK_2 – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей (см. рис. 5.4, *c*). Продифференцировав по времени последнее равенство, получим уравнение связи между ускорением центра масс катка 2 и его угловым ускорением: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{R_2} = \frac{a_C}{R_2} = \frac{a_C}{2r}$.

Скорость точки B катка 2 (см. рис. 5.4, *c*) $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = \frac{V_C}{R_2} 2R_2 = 2V_C$.

Точка B катка 2 и точка A блока 3 соединены нитью (см. рис. 5.3), поэтому их скорости равны. Приравняв скорости точек A и B, получим равенство: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \frac{2V_C}{r}$. После дифференцирования последнего выражения найдём соотношение между ускорениями: $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс диска 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \frac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда $a_1 = 6a_C$.

В результате получены четыре уравнения, описывающие движение тел в системе:

$$\frac{2P}{g}a_1 = 2P - Q_1, \quad \frac{9Pr^2}{g}\varepsilon_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r;$$

$$\frac{2P}{g}a_2 = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P, \quad \frac{4Pr^2}{g}\varepsilon_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r$$

и три уравнения связей: $\varepsilon_2 = \frac{a_1}{2r}$, $\varepsilon_3 = \frac{2a_2}{r}$, $a_1 = 6a_2$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения тел получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\frac{12P}{g}a_2 = 2P - Q_1, \quad \frac{18P}{g}a_2 = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g}a_2 = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}, \quad \frac{P}{g}a_2 = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

которая может быть решена любым известным из курса математики способом.

Например, исключив из первых двух уравнений величину Q_1, а из третьего и четвёртого уравнений – величину $F_{\text{сц}}$, получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\frac{54P}{g}a_2 = 7P - Q_2, \quad \frac{3P}{g}a_2 = 2Q_2 - 4P.$$

откуда $a_2 = \frac{10}{111}g$, $Q_2 = \frac{79}{37}P$. Величину натяжения нити Q_1 находим из первого уравнения исходной системы: $Q_1 = \frac{34}{37}P$.

Для вычисления динамической реакции R_3 оси блока 3 заметим, что центр масс блока 3 неподвижен и его ускорение равно нулю, $a_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения центра масс блока 3 в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2\cos 30^\circ = 0, \quad m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2\cos 60^\circ = 0,$$

где X_3, Y_3 – проекции реакции R_3 оси вращающегося блока 3 на оси x, y (см. рис 5.4, *b*). Отсюда, с учетом значений $Q_1 = 0{,}919P$ и $Q_2 = 2{,}135P$, проекции динамической реакции оси блока 3: $X_3 = Q_2\cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2\cos 60^\circ =$

4.98P. Полная величина динамической реакции оси блока 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2}$ = 5,31P.

5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

Кинетическая энергия тела при поступательном движении: $T = \frac{1}{2} m V_C^2$, где m – масса тела, V_C – скорость центра масс тела. **Кинетическая энергия тела при вращательном движении** вокруг неподвижной оси z: $T = \frac{1}{2} J_z \omega^2$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ω – угловая скорость тела. Для дисков с равномерно распределённой массой момент инерции относительно оси z, проходящей через центр масс: $J_z = \frac{1}{2} m R^2$, где R – радиус диска. Для тел с неравномерно распределённой массой $J_z = m \rho_z^2$, где ρ_z – радиус инерции. **Кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении:** $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \cdot \omega^2$, где m – масса тела; V_C, ω – скорость центра масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной по модулю и направлению силы F на конечном прямолинейном перемещении S точки приложения силы: $A(F) = FS\cos\alpha$, где α – угол между вектором силы и перемещением. Если угол α острый, работа положительна. Если тупой – отрицательна. При $\alpha = 90^\circ$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

Работа пары сил с постоянным моментом M при повороте тела на конечный угол φ: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы $\bar{F}$ называют величину $N(\bar{F})$, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N(\bar{F}) = \bar{F} \cdot \bar{V} = = F \cdot V \cos\alpha$, где V – скорость точки приложения силы; α – угол между вектором силы и вектором скорости точки приложения силы.

При плоском движении тела мощность силы выражается суммой скалярных произведений векторов: $N = \bar{F} \cdot \bar{V}_O + \bar{M}_O(\bar{F}) \cdot \bar{\omega} = F \cdot V_O \cos\alpha \pm F \cdot h_O \omega$, где $\bar{V}_O$ – вектор скорости точки, выбранной полюсом; $\bar{\omega}$ – вектор угловой скорости тела; $\bar{M}_O$ – вектор момента силы $\bar{F}$ относительно полюса; h_O – плечо силы $\bar{F}$ относительно полюса O.

Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\bar{F}_k^e) + \sum N(\bar{F}_k^i)$, где T – кинетическая энергия системы; $\sum N(\bar{F}_k^e)$, $\sum N(\bar{F}_k^i)$ – сумма мощностей, соответственно, внешних и внутренних сил.

Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении. Изменение кинетической энергии системы на её конечном перемещении равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему $T - T_0 = \sum A(\bar{F}_k^e) + \sum A(\bar{F}_k^i)$, где T, T_0 – кинетическая энергия системы, соответственно, в текущем и начальном состояниях; $\sum A(\bar{F}_k^e)$, $\sum A(\bar{F}_k^i)$ – сумма работ внешних и внутренних сил при перемещении системы из начального состояния в текущее.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ внутренних сил и, следовательно, сумма мощностей этих сил равны нулю. Поэтому для таких систем в теореме об изменении кинетической энергии достаточно учитывать только внешние силы.

5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Неизменяемая механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых нерастяжимой нитью или невесомым стержнем. Нити и стержни, соединяющие диски, параллельны плоскостям качения дисков. Качение дисков без скольжения. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует.

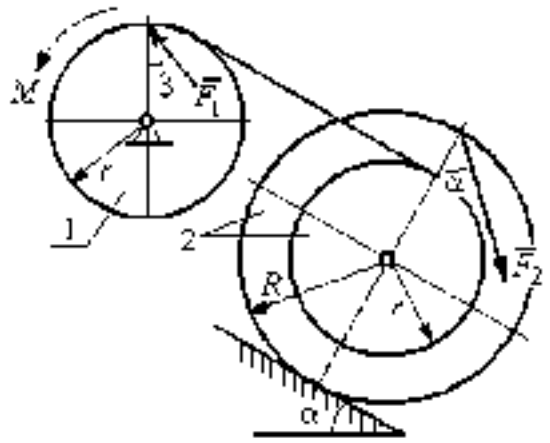
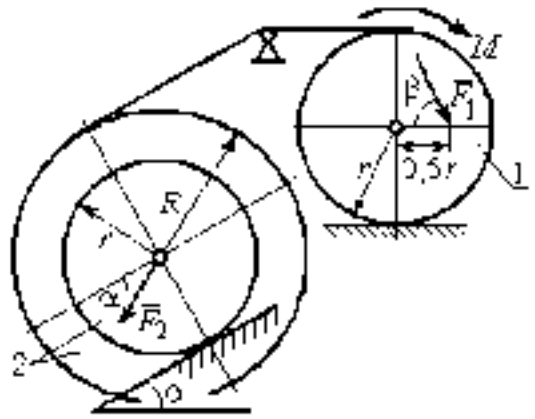
Вес дисков P_1 и P_2. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\bar{P}_1$, $\bar{P}_2$, сил $\bar{F}_1$, $\bar{F}_2$ и пары сил с моментом M. Направления действия сил $\bar{F}_1$, $\bar{F}_2$ и наклон плоскости (если он есть) определяются углами α или β, показанными на схемах механизмов.

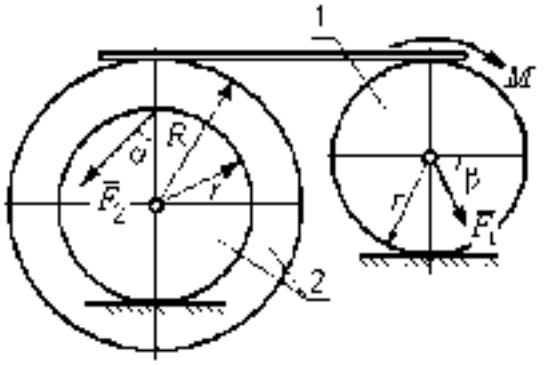
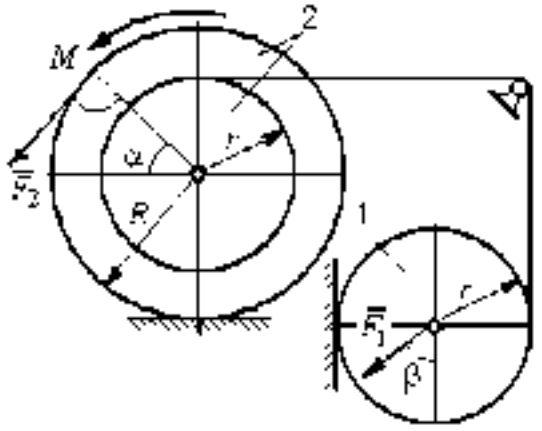
Радиус однородного диска r. Радиусы ступеней ступенчатого диска R и r. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен ρ_2.

1. Найти ускорение центра масс диска 2.

2. Найти реакцию опоры диска 2 на плоскость (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с плоскостью).

Варианты задания приведены на рис. 5.5, 5.6, исходные данные представлены в табл. 5.2

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

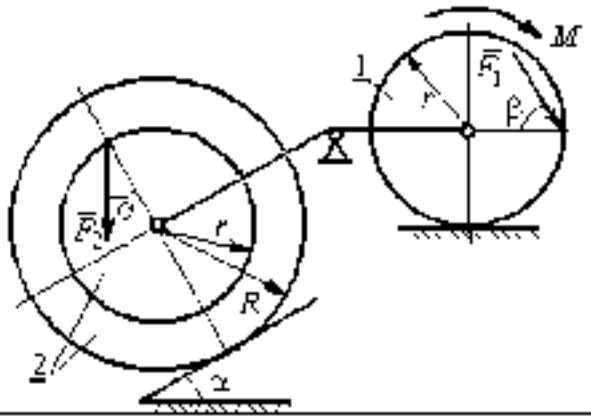
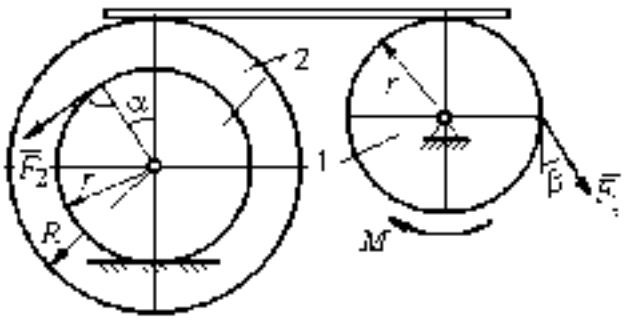
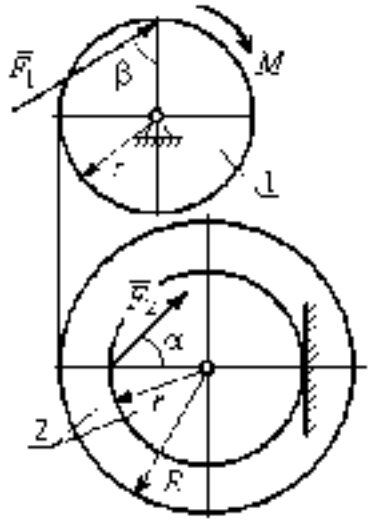
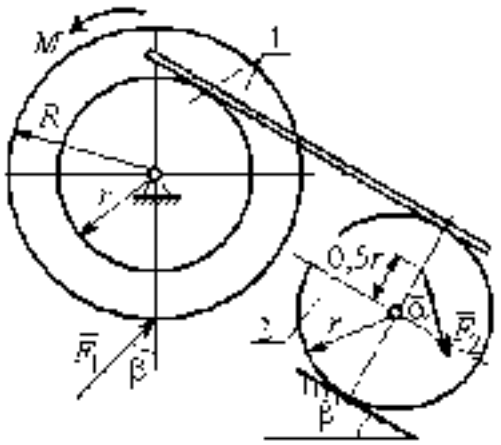
Вариант № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.5. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

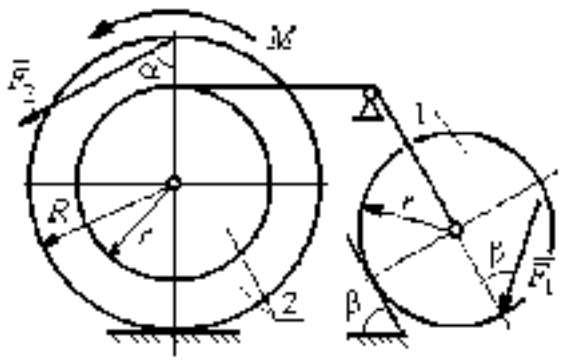
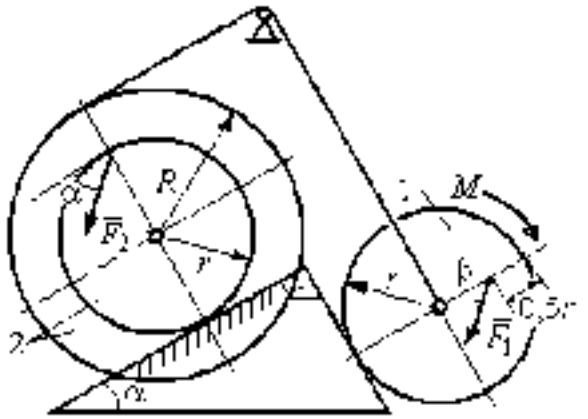
Варианты № 9, 19, 29	Варианты 10, 20, 30
	

Рис. 5.6 Задание Д5 Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии
Варианты задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.2

Исходные данные задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	r_1, м
1	10	20	**15**	20	25	30	60	0.4	0.3	0.3
2	20	30	**10**	20	20	60	30	0.6	0.3	0.4
3	10	15	**12**	20	25	60	60	**1.2**	0.6	0.8
4	12	25	20	25	35	30	30	**1.5**	0.5	1.2

Окончание табл. 5.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	ρ, м
5	15	20	10	20	30	60	30	0.8	0,4	0,7
6	18	20	18	22	22	45	60	1.2	0.4	0.9
7	15	25	10	8	20	45	45	0.9	0.6	0,7
8	25	22	10	12	30	45	60	1.0	0,8	0,9
9	12	25	18	10	32	30	30	0.8	0.6	0,7
10	10	15	8	10	28	60	30	1.4	0,7	1,2
11	15	22	20	25	30	60	45	0.6	0.4	0.5
12	20	25	15	40	30	30	60	0.8	0,4	0,6
13	10	20	10	25	30	45	30	1.0	0.5	0.9
14	12	15	18	15	25	30	30	0.9	0,3	0,8
15	20	25	20	20	30	45	60	1.0	0.5	0.8
16	10	15	10	15	16	60	45	1.2	0.4	1,1
17	18	25	12	10	30	30	30	1.5	0,9	1,3
18	25	20	10	15	20	60	60	0.8	0.5	0.7
19	12	25	10	10	32	60	60	1.2	0,9	1,1
20	15	20	8	20	25	30	45	0.8	0.4	0.7
21	10	25	25	15	30	45	30	0.7	0,5	0,6
22	18	20	20	20	35	60	45	1.4	0.7	0.9
23	10	15	10	30	30	30	30	1.4	0.7	0,8
24	10	15	12	20	20	30	30	1.2	0.4	0.8
25	12	18	20	18	30	60	30	1.2	0.6	1,1
26	10	12	12	15	15	30	30	0.9	0,3	0,8
27	15	22	10	12	20	45	60	0.8	0.6	0,7
28	22	20	8	16	8	30	45	0.6	0,2	0,4
29	18	25	10	8	32	60	60	1.2	0.8	1,1
30	20	25	8	20	28	30	30	0.8	0,4	0,6

Пример выполнения задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.7). Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, сил P_1, P_2 и пары сил с моментом M. Направления действия сил P_1, P_2 определяются углами α и β.

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси O_1. Диск 2 катится прямолинейно по горизонтальной поверхности. Качение диска 2 без проскальзывания. Невесомый стержень, соединяющий диски, расположен горизонтально. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует.

Определить ускорение центра масс диска 2, угловое ускорение дисков, усилие в стержне, динамическую реакцию шарнира O_1, реакцию опоры диска 2 (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с поверхностью качения), если модули сил тяжести $P_1 = 40$ Н, $P_2 = 60$ Н, модули сил $F_1 = 80$ Н, $F_2 = 30$ Н, величина момента $M = 35$ Н·м, углы наклона сил $\alpha = 30°$, $\beta = 45°$, радиусы дисков $R = 0{,}8$ м, $r = 0{,}6$ м, радиус инерции диска 2 $i_2 = 0.4$ м.

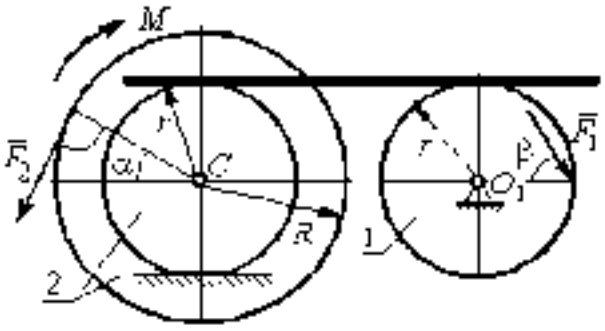


Рис. 5.7. Схема движения механической системы

Решение

Предположим, что во время движения системы диск 1 вращается по ходу часовой стрелки. Угловые скорости ω_1 и ω_2 дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 показаны на рис. 5.8.

На диск 1 действуют силы: $\bar{F}_1$, сила тяжести $\bar{P}_1$ и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\bar{X}_1$, $\bar{Y}_1$. На диск 2: сила $\bar{F}_2$, сила тяжести $\bar{P}_2$, пара сил с моментом M, нормальная реакция опоры $\bar{N}$ и сила сцепления диска 2 с поверхностью $\bar{F}_{сц}$. Направления действия сил показаны на рис. 5.8.

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. По условию задачи рассматриваемая система неизменяемая и, следовательно, сумма мощностей внутренних сил равна нулю. В этом случае теорема об изменении кинетической энергии системы принимает вид $\frac{dT}{dt} = \sum N(F_i^e)$, где T – энергия системы в текущем положении: $\sum N(F_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

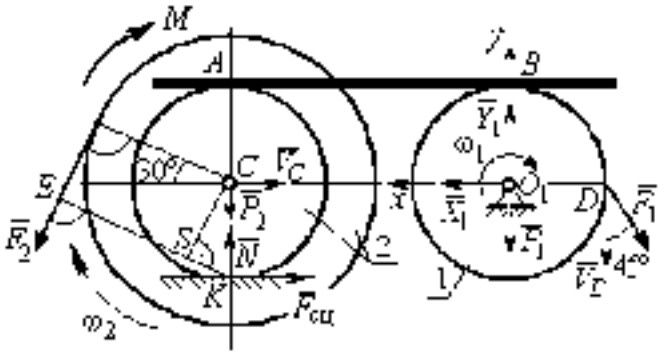


Рис. 5.8. Расчетная схема для исследования движения системы

Найдём кинетическую энергию системы и выразим её через скорость центра масс диска 2.

Кинетическая энергия вращательного движения диска 1: $T_1 = \frac{1}{2} J_{z0_1} \omega_1^2$, где ω_1 – угловая скорость диска 1; J_{z0_1} – осевой момент инерции диска 1, $J_{z0_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$. Диск 2 движется плоскопараллельно. Его кинетическая энергия определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \cdot \omega_2^2$, где V_C, ω_2 – скорость центра масс и угловая скорость диска 2; J_{zC} – момент инерции ступенчатого диска 2 относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m_2 i_z^2$.

У диска 2 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка K на рис. 5.8). Тогда скорость точки C определяется по формуле $V_C = \omega_2 \cdot CK = \omega_2 r$, откуда $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки A $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 2r$, или $V_A = 2V_C$.

Так как нет проскальзывания между стержнем и дисками, скорость точки A на диске 2 равна скорости точки B на диске 1, причём $V_B = \omega_1 r$. Приравнивая скорости $V_B = V_A$, найдем $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

С учетом найденных зависимостей кинетические энергии дисков 1 и 2 и суммарная энергия системы имеют вид

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{z0_1} \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 r^2}{2g} \left(\frac{2V_C}{r} \right)^2 = \frac{P_1}{g} V_C^2;$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \cdot \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} i_z^2 \left(\frac{V_C}{r} \right)^2;$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) V_C^2.$$

Производная по времени от кинетической энергии системы

$$\frac{dT}{dt} = 2\Gamma_C \cdot \frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{r^2}{r^2}\right)\right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил. Отметим, что мощности силы тяжести $\bar{P}$ и сил реакции $\bar{X}_1$, $\bar{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Мощности сил $\bar{N}$ и $\bar{F}_{сц}$ – нормальной реакции опоры диска 2 и силы сцепления диска с плоскостью также равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого равна нулю. Мощность силы $\bar{F}_2$ равна нулю, так как угол между вектором силы и скоростью точки приложения силы – точки C – равен 90° (см. рис. 5.8). Для определения мощности силы $\bar{F}_2$, приложенной к диску 2, воспользуемся формулой расчета мощности силы при плоскопараллельном движении тела. Выберем в качестве полюса точку K – мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого $V_K = 0$ (см. рис. 5.8). В этом случае мощность силы $\bar{F}_2$ равна: $N(\bar{F}_2) = \bar{M}_K \cdot \bar{\omega}_2 = -F_2 h_K \omega_2$, где $\bar{M}_K = M_K(\bar{F}_2)$ – вектор момента силы $\bar{F}_2$ относительно центра K; $\bar{\omega}_2$, ω_2 – вектор и модуль угловой скорости диска 2; h_K – плечо силы $\bar{F}_2$ относительно центра K. Мощность силы $\bar{F}_2$ отрицательная, так как направление момента силы $\bar{F}_2$ относительно точки K противоположно направлению угловой скорости диска 2.

В результате, мощность силы $\bar{F}_2$.

$$N(\bar{F}_2) = -F_2 h_K \omega_2 = -F_2(R + r\cos 60^\circ)\omega_2 = -F_2\Gamma_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Здесь $h_K = EK = ES + SK = R - r\cos 60^\circ$ (см. рис. 5.8).

Заметим, что для вычисления мощности силы F_2 можно использовать в качестве полюса центр масс диска – точку C. Имеем:

$$N(\bar{F}_2) = \bar{F}_2 \cdot \bar{V}_C + \bar{M}_C(\bar{F}_2) \cdot \bar{\omega}_2 = F_2\Gamma_C \cdot \cos 120^\circ - F_2 R\omega_2 = -F_2\Gamma_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Момент M направлен в сторону вращения диска 2. Его мощность положительная: $N(M) = M\omega_2 = M\dfrac{V_C}{r}$. Мощность силы $\bar{F}_1$, приложенной в точке D, $N(\bar{F}_1) = F_1 V_D \cos 45^\circ = F_1 V_C \cdot \sqrt{2}$. Здесь учтено очевидное равенство $V_D = V_A = 2V_C$ (см. рис. 5.8)

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -F_2 V_C \left(\frac{1}{2} - \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} - F_1 V_C \cdot \sqrt{2}.$$

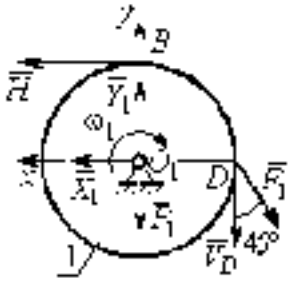


Рис. 5.9. Силы, действующие на диск 1 во время движения

В результате теорема об изменении кинетической энергии системы приводится к виду

$$2I_C \frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{i_\xi^2}{r^2}\right)\right] = -F_2 V_C \left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C \cdot \sqrt{2},$$

откуда ускорение центра масс диска 2

$$a_C = \frac{dV_C}{dt} = \frac{\left[-F_2\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + \frac{M}{r} + F_1\sqrt{2}\right]g}{2P_1 + P_2\left(1 + \frac{i_\xi^2}{r^2}\right)}.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим: $a_C = 6.85$ м/с^2.

Для определения углового ускорения диска 2 продифференцируем по времени равенство $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r}$. Дифференцирование здесь допустимо, так как во время движения диска 2 расстояние от точки C до мгновенного центра скоростей диска 2 — точки K — не меняется.

Найдем $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \dfrac{\dot{V}_C}{r} = \dfrac{a_C}{r} = 11.42$ рад/с^2. Угловое ускорение диска 1 находится путём дифференцирования равенства $\omega_1 = 2\omega_2$. Имеем: $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2 = 22.84$ рад/с^2.

Для того чтобы определить реакцию стержня, освобождаемся от стержня, заменяем его реакцией $\bar{R}$ и составляем уравнения движения дисков 1 и 2.

Силы, действующие на диск 1 во время движения, показаны на рис. 5.9. Уравнение вращательного движения диска 1 в алгебраической форме: $J_{zO_1}\varepsilon_1 = \sum M_z(\bar{F}_k^e)$, где ε_1 – угловое ускорение диска; J_{zO_1} – момент инерции диска 1 относительно оси z, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости диска, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; $\sum M_{zO_1}(\bar{F}_k^e)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси z.

Считая моменты сил положительными, если они создают поворот диска в сторону его вращения, составим сумму моментов внешних сил относительно оси z: $\sum M_{zO_1}(\bar{F}_k^e) = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$. В результате уравнение вращательного движения диска 1 принимает вид: $\frac{P_1 r^2}{2g}\varepsilon_1 = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$.

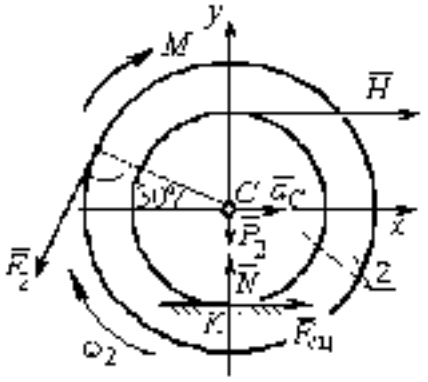


Рис. 5.10. Силы, действующие на диск 2 во время движения

Подставляя в уравнение исходные данные задачи с учетом найденного значения углового ускорения диска 1 $\varepsilon_1 = 22{,}84$ рад/с^2, найдем реакцию стержня $H = 28{,}63$ Н.

Для определения динамической реакции шарнира O_1 диска 1 применим теорему о движении центра масс. Выберем оси координат O_1x и O_1y, как показано на рис. 5.9, и составим уравнение движения центра масс диска 1 в проекциях на оси координат с учётом того, что сам центр масс неподвижен и его ускорение равно нулю.

Получим систему:

$$H - X_1 - F_1\sin 45^\circ = 0,\quad Y_1 - P_1 - F_1\cos 45^\circ = 0.$$

Отсюда, с учётом найденной величины усилия в стержне $H = 28{,}63$ Н, находим составляющие динамической реакции шарнира: $X_1 = 27{,}94$ Н, $Y_1 = 96{,}57$ Н. Полная реакция шарнира $R_{O_1} = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} = 100{,}53$ Н.

Для определения величины силы сцепления диска 2 с поверхностью качения

и нормальной составляющей реакции опоры диска используем теорему о движении центра масс. Силы, приложенные к диску 2, и выбранная система координат xOy показаны на рис. 5.10. Уравнения движения центра масс диска 2 в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_2 a_{C_2} = H + F_{сц} - F_2 \cos 60^\circ;$$

$$0 = -F_2 \cos 30^\circ - P_2 + N.$$

С учетом найденных значений реакции стержня $H = 28{,}63$ Н и ускорения центра масс диска 2 $a_{C_2} = 6{,}85$ м/с^2, находим силу сцепления и нормальную реакцию опоры: $F_{сц} = 28{,}27$ Н, $N = 85{,}98$ Н.

Полная реакция опоры $R_K = \sqrt{N^2 + F_{сц}^2} = 90{,}51$ Н.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики

Силой инерции материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль ее ускорения, направленную противоположно этому ускорению $\bar{R}^{и} = -m\bar{a}$, где m – масса точки; $\bar{a}$ – вектор ускорения точки.

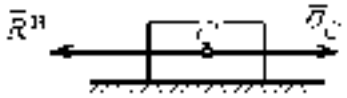


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\bar{a}_C$ система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к главному вектору сил инерции $\bar{R}^{и}$, равному по величине $R^{и} = ma_C$, приложенному в центре масс тела и направленному в сторону, противоположную ускорению $\bar{a}_C$ (рис. 6.1).

При вращении тела вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции, приведенный к центру масс тела, обращается в нуль (так как ускорение центра масс равно нулю). Таким образом, система сил инерции приводится к паре сил с моментом $\bar{M}^{и}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси вращения. Величина главного момента сил инерции $M^{и} = J_z\varepsilon$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ε – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2)

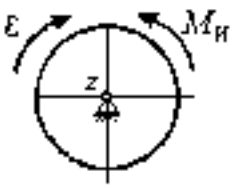


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\bar{a}_C$ и угловым ускорением ε система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к силе $\bar{R}^{и}$, равной главному вектору сил инерции, и паре сил с моментом $\bar{M}^{и}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения (рис. 6.3). Главный

вектор сил инерции равен по модулю произведению массы тела на ускорение его центра масс: $R^{и} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению a_C центра масс. Главный момент сил инерции равен по величине произведению момента инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, на угловое ускорение тела: $M^{и} = J_C\varepsilon$, где J_C – момент инерции тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (см. рис. 6.3).

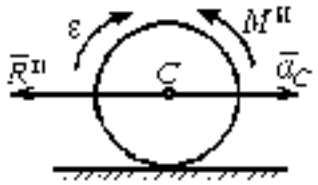


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

Принцип Даламбера для системы. Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних и внутренних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной. Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия:

$$\sum \bar{F}_k^{e} + \bar{R}^{и} = 0, \quad \sum \bar{M}_O(\bar{F}_k^{e}) + \bar{M}_O^{и} = 0,$$

где $\bar{F}_k^{e}$ – внешние силы, приложенные к системе; $\bar{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\bar{M}_O(\bar{F}_k^{e})$ – момент внешних сил, приложенных к системе, относительно произвольного центра O; $\bar{M}_O^{и}$ – главный момент сил инерции относительно центра O.

Силы, действующие на систему, можно подразделить на активные и реакции связей. **Идеальными связями** в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

Принцип возможных перемещений. Для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма элементарных работ всех активных сил, приложенных к точкам системы, была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\bar{F}_k^{акт}) = 0$, где $\delta A(\bar{F}_k^{акт})$ – элементарная работа активных сил на возможном перемещении.

Совместное применение принципа Даламбера и принципа возможных перемещений приводит к формулировке общего уравнения динамики.

Общее уравнение динамики. При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ всех приложенных активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю: $\sum \delta A(\bar{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\bar{R}_k^{\text{и}}) = 0$, где $\delta A(\bar{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\bar{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к системе, на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения. При этом переменные силы на элементарном перемещении точек их приложения считаются постоянными.

6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система с идеальными связями включает груз и два диска – однородного радиусом R или r и ступенчатого. Ступенчатый диск состоит из двух одноосных цилиндров радиусом R и r. Радиусы дисков указаны на схеме. Тела соединены нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя под действием сил тяжести, постоянной силы F, а также пары сил с переменным моментом M. Направление действия силы F и наклон плоскости движущихся тел определяются углами α и β. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен ρ_c.

Качение дисков без проскальзывания. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует. Движение грузов по плоскости без трения. Нити и стержни, соединяющие груз и диски, параллельны соответствующим плоскостям, по которым двигаются тела.

Найти уравнение движения центра масс диска 3. Определить реакцию шарнира диска 2 в момент времени $t = 1$ с

Варианты задания приведены на рис. 6.4, 6.5. Исходные данные выбираются из табл. 6.1.

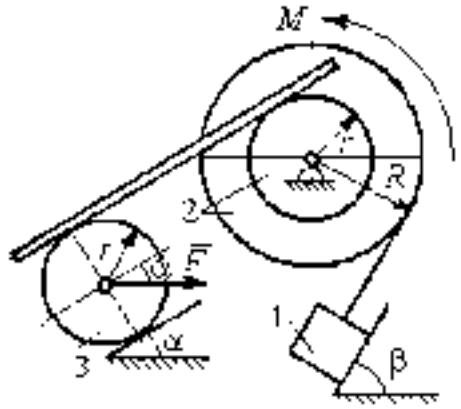
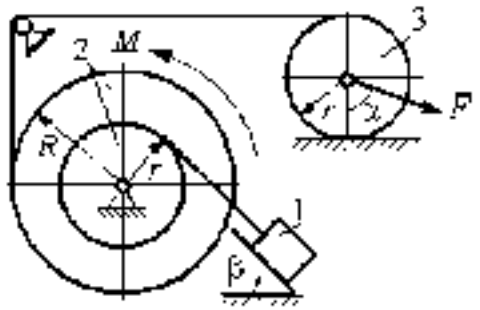
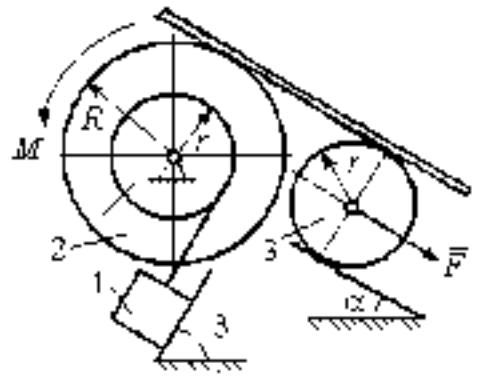
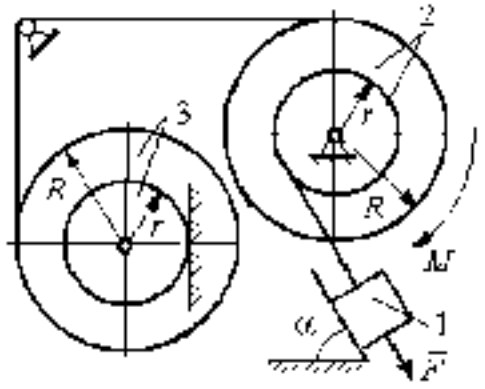
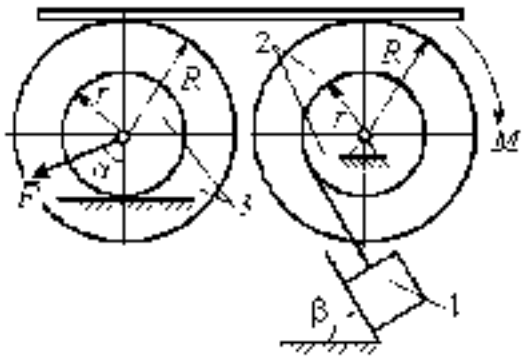
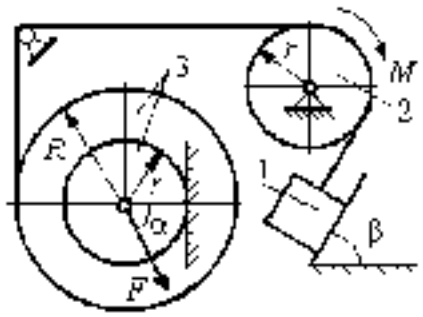
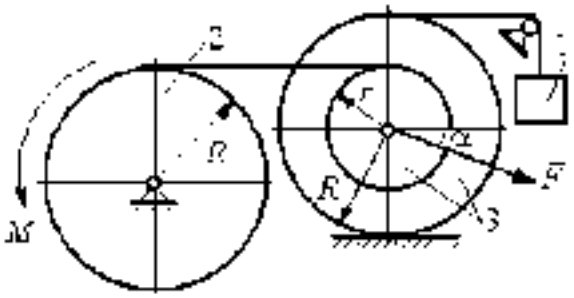
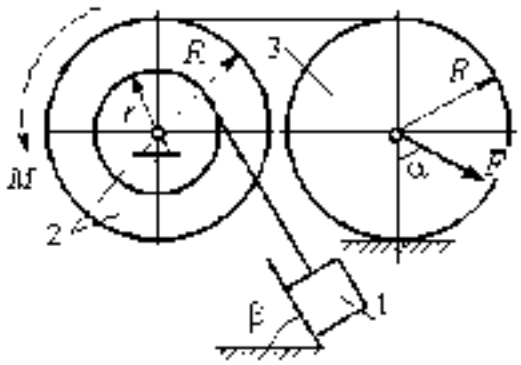
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Варианты 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	

Рис. 6.4. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

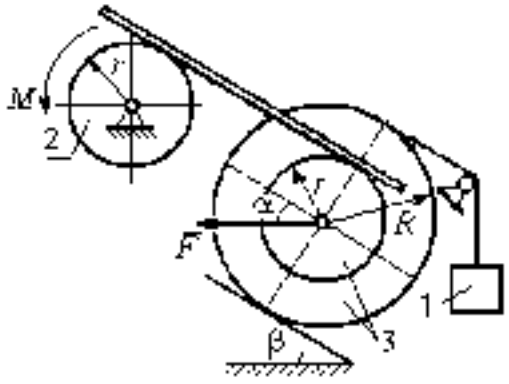
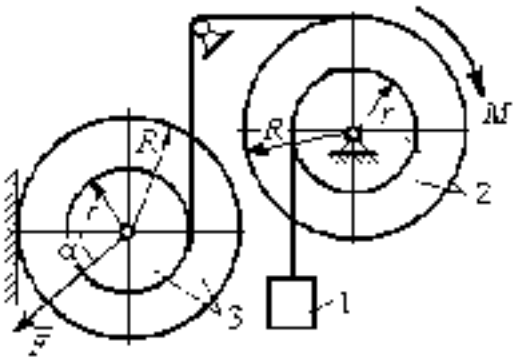
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	

Рис. 6.5. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики.
Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 6.1

Исходные данные задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	ρ, м
1	10	20	8	20	$3(2+t^2)$	30	60	0,6	0,3	0,4
2	10	22	15	15	$4(t+3)$	30	30	0,8	0,4	0,6
3	5	18	10	6	$8(t^2+1)$	90	30	0,4	0,3	0,3
4	5	22	10	5	$14(t^2+t+1)$	30	–	0,6	0,5	0,6
5	5	20	16	9	$3(t^2+4)$	45	60	0,6	0,3	0,5
6	10	16	14	15	$4(5+t)$	60	30	1,0	0,6	0,8
7	6	20	20	8	$9(3t^2-2)$	45	–	0,8	0,6	0,8
8	16	25	15	12	$5(t^2+4)$	30	60	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	$4(3-5t)$	60	30	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	10	$5(3t+6)$	30		1,0	0,8	0,9
11	4	22	8	15	$2+t^2$	45	45	0,8	0,4	0,6
12	15	18	15	10	$5(t+3)$	30	60	1,0	0,5	0,7
13	6	20	10	4	$5(t^2+2)$	30	60	0,6	0,3	0,4
14	10	25	15	8	$16(t+2)$	60	–	0,8	0,6	0,7
15	8	18	20	10	$6(t+2)$	30	90	1,2	0,6	1,0
16	8	18	12	12	$5(3+t^2)$	90	60	0,8	0,6	0,7
17	5	20	10	10	$2t^2+20$	60		0,9	0,6	0,8
18	20	15	20	15	$3(t+4)$	60	30	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	10	$4(3+t)$	45	45	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	6	$6(3t+4)$	45	–	1,0	0,6	0,9
21	15	25	12	12	$6+t^2$	60	60	0,6	0,3	0,5
22	20	22	18	15	$2(2t+9)$	45	45	0,8	0,4	0,6
23	8	24	12	8	$7(3t^2-2)$	30	45	0,8	0,5	0,6
24	12	20	18	10	$6(t+4)$	90		0,5	0,3	0,4
25	5	20	12	12	$9(2+t^2)$	60	30	1,4	0,7	1,2
26	10	12	10	8	$6(2+t)$	30	45	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	14	$8(2t^2-3)$	30	–	0,8	0,2	0,6
28	10	20	20	20	$3(t^2+3)$	45	30	0,6	0,3	0,5
29	10	18	8	12	$5(4-t-t^2)$	30	60	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	15	$8(t^2+5)$	60		1,0	0,8	0,9

Пример выполнения задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система состоит из груза 1, движущегося поступательно, ступенчатого диска 2 (каток), катящегося по неподвижной поверхности цилиндрической ступенькой, и однородного диска 3 (блок), вращающегося вокруг неподвиж-

ной оси, проходящей через центр масс блока (рис. 6.6). Качение катка 2 без проскальзывания, скольжение груза 1 без трения. Движение системы происходит под действием сил тяжести, силы $\bar{F}$, приложенной к грузу 1 и пары сил с моментом M, приложенной к диску 3.

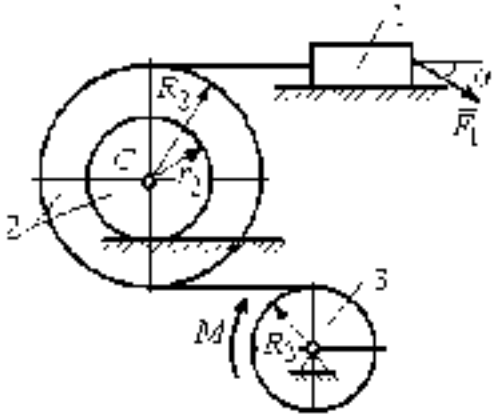


Рис. 6.6. Схема движения механической системы

Найти уравнение движения центра масс катка 2 если движение системы началось из состояния покоя. Определить реакцию шарнира диска 3 в момент $t = 1$ с, если: P_1 10 Н; $P_2 = 20$ Н; $P_3 = 15$ Н; $F = 5(t-1)$ Н; $M = 6(1 + 2t)$ Н·м; R_2 0,8 м; r_2 0,2 м; R_3 0,4 м; r_3 0,6 м.

Решение

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\bar{P}_1$, $\bar{P}_2$, $\bar{P}_3$, сила $\bar{F}$ и пара сил с моментом M (рис. 6.7). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности без трения, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

Предположим, направление движения в системе задаёт пара сил с моментом M, приложенная к блоку 3. Обозначим ω_3, ε_3 – угловая скорость и угловое ускорение блока 3, V_C, a_C – скорость и ускорение центра масс катка 2, V_1, a_1 – скорость и ускорение груза 1. Направления векторов скоростей и ускорений точек и угловых скоростей и ускорений тел в соответствии с выбранным направлением движения системы показаны на рис. 6.7.

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\bar{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\bar{R}_k^{\text{п}}) = 0.$$

Присоединим к телам системы силы инерции. Груз 1 движется поступательно. Главный вектор сил инерции груза 1 $\bar{R}_1^{и}$ приложен в центре масс груза и направлен в сторону, противоположную ускорению $\bar{a}_1$ груза 1. Модуль главного вектора сил инерции груза 1 $R_1^{и} = m_1 a_1$, где m_1 – масса груза 1; a_1 – величина ускорения груза 1.

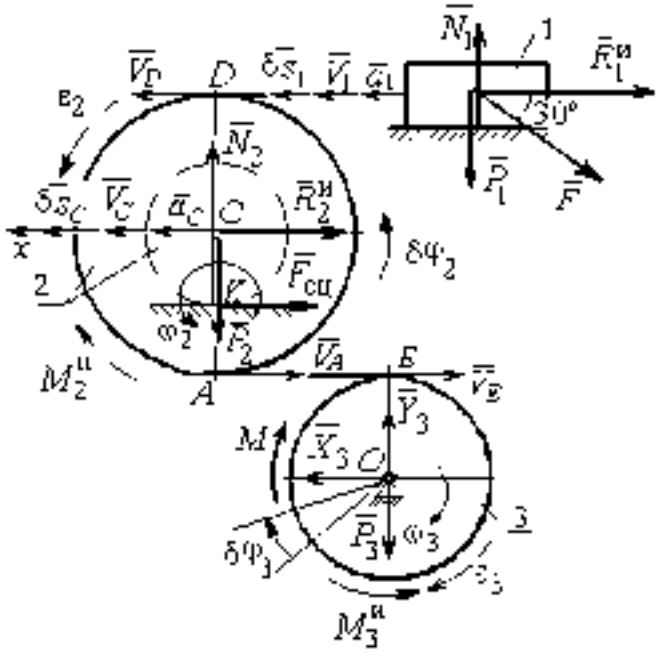


Рис. 6.7. Расчётная схема исследования движения механической системы

Система сил инерции катка 2, приводятся к силе, равной главному вектору сил инерции $\bar{R}_2^{и}$, приложенному в центре масс катка 2, и паре сил с моментом, равным главному моменту сил инерции $\bar{M}_2^{и}$ относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. Главный вектор сил инерции направлен в сторону, противоположную ускорению $\bar{a}_C$, и составляет $R_2^{и} = m_2 a_C$, где m_2 – масса катка 2; a_C – величина ускорения центра масс. Главный момент сил инерции: $M_2^{и} = J_{2C} \cdot \varepsilon_2$, где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; ε_2 – угловое ускорение катка 2. Направлен главный момент сил инерции $M_2^{и}$ в сторону, противоположную угловому ускорению ε_2.

Главный вектор сил инерции, приложенных к блоку 3 и приведённых к центру масс блока, равен нулю, так как блок вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс, и ускорение центра масс блока равно нулю. В результате силы инерции блока 3 приводятся к паре сил, момент которой равен главному

моменту сил инерции $\bar{M}_3^{\text{и}}$ относительно оси вращения. Главный момент сил инерции блока 3 равен по величине $M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3$, где J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения; ε_3 – угловое ускорение блока 3, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению ε_3. Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.8.

Определим кинематические соотношения между скоростями точек системы и выразим их через скорость V_C центра масс катка 2. Каток 2 катится по неподвижной поверхности без скольжения. Мгновенный центр скоростей катка находится в точке K касания катка с поверхностью (см. рис. 6.7). Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Скорость точки A катка 2: $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2(R_2 - r_2) = V_C\dfrac{R_2 - r_2}{r_2}$. Скорость точки E блока 3 равна скорости точки A катка 2. $V_E = V_A$. Тогда угловая скорость блока 3

$$\omega_3 = \frac{V_E}{R_3} = \frac{V_A}{R_3} = V_C\frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Скорость груза 1 равна скорости точки D катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2(R_2 + r_2) = V_C\frac{(R_2 + r_2)}{r_2}.$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C\cdot\frac{(R_2 + r_2)}{r_2},\quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2},\quad \varepsilon_3 = a_C\cdot\frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Для того чтобы найти соотношения между перемещениями, выразим кинематические равенства между скоростями в дифференциальном виде и, полагая, что действительное перемещение является возможным, т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$, получим соотношения между возможными перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C\cdot\frac{(R_2 + r_2)}{r_2},\quad \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2},\quad \delta\varphi_3 = \delta s_C\cdot\frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Сообщим системе возможное перемещение, совпадающее с действительным. Элементарная работа реакций связи на любом возможном перемещении системы равна нулю, так как связи в системе идеальные.

Найдем элементарные работы активных сил и выразим их через перемещение центра масс катка 2. Прежде заметим, что элементарные работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как направления перемещений точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил:

$$\delta A(\bar{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0,\ \delta A(\bar{P}_2) = P_2 \delta s_C \cdot \cos 90^\circ = 0.$$

Элементарная работа силы тяжести блока 3 равна нулю, так как точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается: $\delta A(\bar{P}_3) = 0$.

Элементарная работа пары сил с моментом M, приложенных к блоку 3:

$$\delta A(\bar{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_1 \cdot \frac{(R_3 - r_3)}{R_3 r_3}.$$

Элементарная работа силы $\bar{F}$:

$$\delta A(\bar{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \cdot \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ.$$

Сумма элементарных работ всех активных сил:

$$\sum \delta A(\bar{F}_k^{(a)}) = \delta A(\bar{M}) - \delta A(\bar{F}) = M\delta s_C \cdot \frac{(R_3 - r_3)}{R_3 r_3} - F\delta s_C \cdot \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ =$$

$$= \left[6(1+2)\left(\frac{0{,}8 - 0{,}2}{0{,}4 \cdot 0{,}2}\right) \quad 5(1+1)\left(\frac{0{,}8 + 0{,}2}{0{,}2}\right) 0{,}866\right]\delta s_C = (23{,}35 + 68{,}35)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции в зависимости от ускорения a_C центра масс катка 2.

$$R_1^{(u)} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g} a_1 = \frac{P_1 (R_2 + r_2)}{g r_2} a_C, \quad R_2^{(u)} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g},$$

$$M_2^{(u)} = J_{2C} \cdot \varepsilon_2 = m_2 i_{2C}^2 \cdot \varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \cdot \frac{a_C}{r_2},$$

$$M_3^{(u)} = J_{3z}\varepsilon_3 = \frac{m_3 R_3^2}{2}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3^2}{2g}\frac{(R_3 - r_3)}{R_3 r_3} a_C = \frac{P_3 R_3 (R_3 - r_3)}{2 g r_3} a_C,$$

где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения. $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; i_{2C} – радиус инерции катка 2; J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения, проходящей через его центр масс. $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции на возможном перемещении системы и выразим их в зависимости от перемещения δs_C центра масс катка 2:

$$\delta A(\bar{R}_1^{\text{И}}) = R_1^{\text{И}} \delta s_1 \cos 180^\circ = -\frac{P_1 (R_2 - r_2)^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C;$$

$$\delta A(\bar{R}_2^{\text{И}}) = R_2^{\text{И}} \delta s_C \cos 180^\circ = -\frac{P_2 a_C}{g} \delta s_C, \quad \delta A(\bar{M}_3^{\text{И}}) = -M_3^{\text{И}} \delta \varphi_3 = -\frac{P_3 r_3^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C;$$

$$\delta A(\bar{M}_4^{\text{И}}) = -M_4^{\text{И}} \delta \varphi_4 = -\frac{P_4 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2} \delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum \delta A(\bar{R}_k^{\text{И}}) = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g} \delta s_C - \frac{P_3 r_3^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C - \frac{P_4 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2} \delta s_C -$$

$$- \frac{a_C \delta s_C}{g} \left[\frac{10(0{,}8 + 0{,}2)^2}{0{,}2^2} + 20 + \frac{20 \cdot 0{,}6^2}{0{,}2^2} - \frac{15(0{,}8 - 0{,}2)^2}{2 \cdot 0{,}2^2} \right] = -52{,}75 a_C \delta s_C,$$

где $g = 9{,}81$ м/с^2.

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид:

$$\sum \delta A(\bar{F}_k^{(a)}) + \sum \delta A(\bar{R}_k^{\text{И}}) = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C - 52{,}75 a_C \delta s_C = 0,$$

откуда ускорение центра масс катка 2:

$$a_C = 0{,}44 + 1{,}29t.$$

Выберем ось x по направлению движения центра масс катка 2 (см. рис. 6.7). Проектируя вектор a_{C_2} ускорения точки C_2 на ось x, получим дифференциальное уравнение $a_{C_2} = \ddot{x}_{C_2} = 0{,}44 + 1{,}29t$. Интегрируя дважды это уравнение, найдем закон движения: $x_{C_2} = 0{,}44\dfrac{t^2}{2} + 1{,}29\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$. Подставляя сюда начальные условия: $t = 0$, $V_{C_2} = 0$, $x_{C_2} = 0$, найдём константы интегрирования: $C_1 = C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения центра масс диска 2 представим в виде:

$$x_{C_2} = 0{,}22t^2 + 0{,}21t^3.$$

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\bar{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\bar{X}_3$, $\bar{Y}_3$, пара сил с моментом M и реакция нити $\bar{H}_3$ (см. рис. 6.8). Реакция нити, равная силе натяжения нити, приложена к блоку 3, направлена вдоль нити, связывающей каток 2 и блок 3. Присоединим к блоку 3 силы инерции. Направления сил, моментов пар сил и главного момента сил инерции, действующих на блок 3, показаны на рис. 6.8.

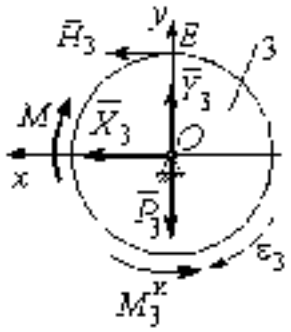


Рис. 6.8. Расчётная схема определения натяжения нити и реакции шарнира блока 3

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил (включая силы инерции) относительно оси вращения. Получим $M - H_3 R_3 - M_3^u = 0$, где $M_3^u = J_{3z}\varepsilon_3 = \dfrac{P_3 R_3 (R_2 - r_2) a_{C_2}}{2gr_2}$.

Из уравнения находим величину натяжения нити:

$$H_3 = \frac{M}{R_3} - \frac{P_3(R_2 - r_2)a_{C_2}}{2gr_2} = \frac{6(1 + 2t)}{R_3} - \frac{P_3(R_2 - r_2)}{2gr_2}(0{,}44 + 1{,}29t) = 13{,}99 + 27{,}04t.$$

В момент времени $t = 1$ с натяжение нити: $H_3 = 41{,}04$ Н.

Так как главный вектор сил инерции блока 3 равен нулю, то составленные по принципу Даламбера уравнения равновесия блока 3 в виде проекций сил на

вертикальную и горизонтальную оси содержат только внешние силы. Имеем: $X_3 + H_3 = 0$. $Y_3 \quad P_3 = 0$ (см. рис. 6.8). Отсюда находим составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени $t = 1$ с: $X_3 = -H_3 = -41{,}04$ Н, $Y_3 = P_3 = 15$ Н. Отрицательное значение горизонтальной составляющей реакции шарнира X_3 означает ее противоположное направление.

Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 43{,}69$ Н.

6.3. Уравнения Лагранжа II рода

Обобщенными координатами механической системы называется совокупность любых s независимых параметров $q_1, q_2, \ldots q_s$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменяются на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots \delta q_s$, называемые вариациями обобщенных координат, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_s$. Величина Q_k, равная коэффициенту при вариации δq_k обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах **уравнения Лагранжа II рода** имеют вид:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k, \quad k = 1, 2, \ldots, s,$$

где T – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, \ldots q_s$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots \dot{q}_s$ – обобщенные скорости; s – число степеней свободы системы.

6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус 1, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3. Радиусы ступеней ступенчатого диска и радиус однородного диска указаны на схеме.

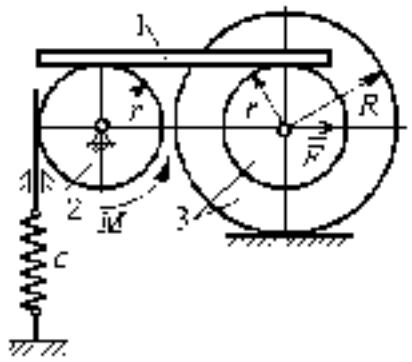
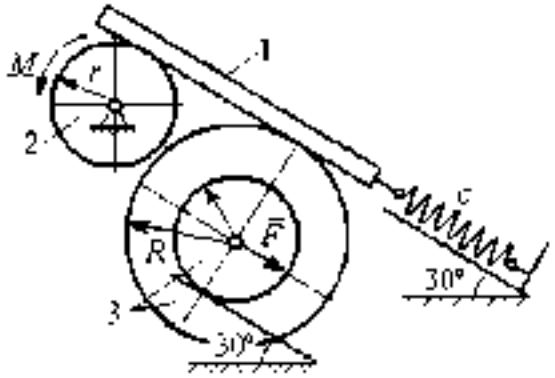
Качение катка 3 происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует. В задачах, где пружина соединяется с блоком 2, передача движения блоку 2 производится посредством невесомого стержня без скольжения.

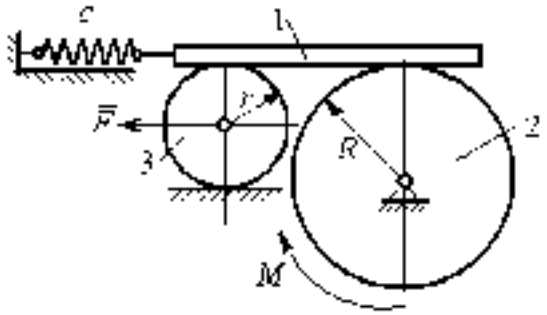
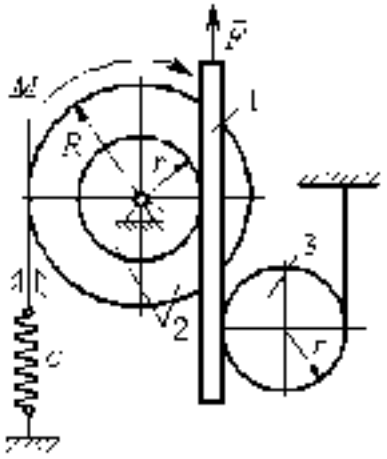
Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен ρ_2.

Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести P_1, P_2, P_3, силы F и пары сил с моментом M.

Определить закон движения бруса 1 и закон угловых колебаний блока 2, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость ω_{20}, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Варианты заданий даны на рис. 6.9, 6.10. Варианты исходных данных в табл. 6.2. Отрицательные значения величин F или M в табл. 6.2 означают, что при заданных модулях силы или момента направление вектора силы F или момента M на схеме следует изменить на противоположные.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

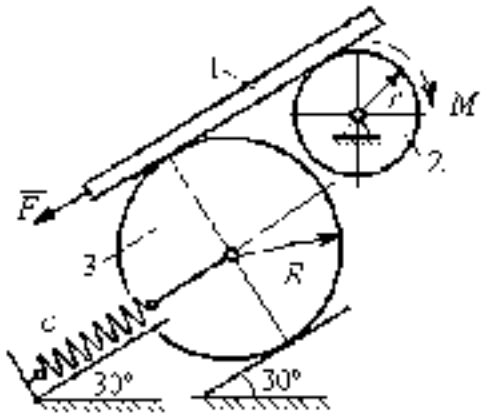
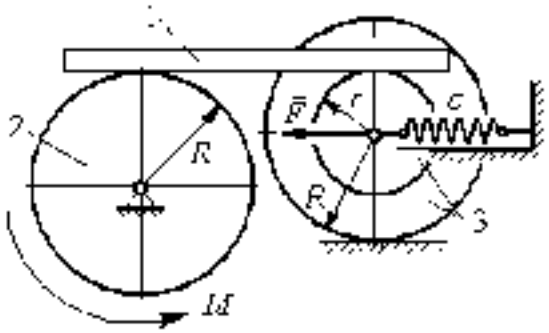
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 6.9. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

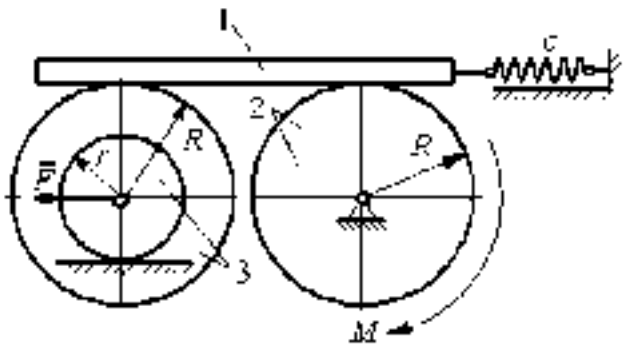
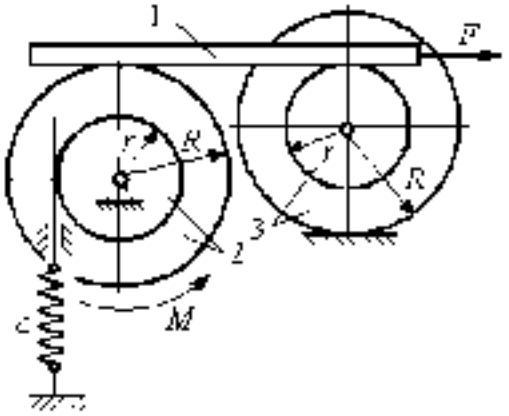
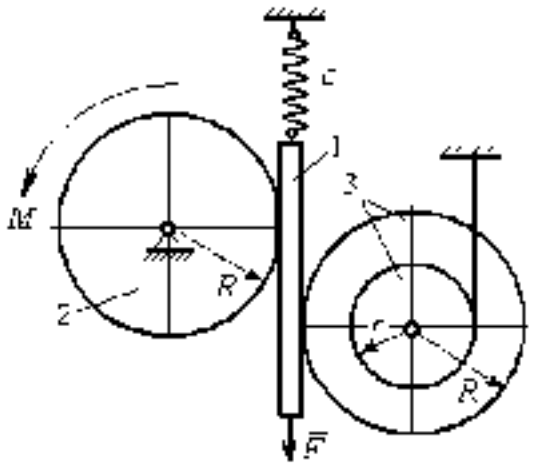
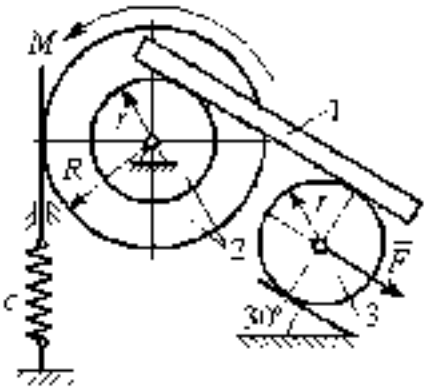
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.10. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.2

Исходные данные задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{0z}, рад/с	R, м	r, м	i_z, м
1	8	12	18	15	3	50	0,3	0,6	0,3	0,4
2	10	8	15	12	5	55	0,4	0,8	0,5	0,6
3	5	18	10	8	4	60	0,2	0,5	0,3	–
4	5	20	12	10	6	70	0,5	0,6	0,5	0,6
5	5	8	16	8	8	65	0,2	0,6	0,3	–

Окончание табл. 6.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{20}, рад/с	R, м	r, м	i_2, м
6	8	10	14	6	2	50	0.1	1,0	0.6	0.8
7	10	12	15	12	3	65	0.2	0.8	0.6	0,7
8	12	15	15	6	2	50	0,3	1,2	0.6	0,8
9	5	20	12	8	4	75	0.1	0.6	0.4	0.5
10	6	25	8	5	12	60	0,4	1,0	0.8	0,9
11	4	10	12	–10	–2	60	0.2	0.8	0.4	0.6
12	5	8	15	8	3	50	0,5	1,0	0.5	0,7
13	6	15	8	–12	–4	65	0.4	0.6	0.5	–
14	10	25	10	6	10	55	0.1	0.8	0.6	0,7
15	8	6	20	10	2	70	0.2	1.2	0.6	
16	10	12	12	–5	6	60	0.3	0.8	0.6	0,7
17	12	16	12	–6	–2	55	0.4	0.9	0.6	0.8
18	10	20	20	10	4	60	0.1	0.8	0.4	0.7
19	8	20	12	10	6	65	0,2	1,2	0.4	0,8
20	12	20	10	–3	6	50	0.24	1.0	0.6	0.9
21	5	12	15	12	3	55	0.3	0,6	0.5	0,55
22	10	15	18	6	2	65	0.1	0.8	0.4	0.6
23	8	20	12	8	2	45	0.2	0.8	0.6	
24	12	20	18	–4	–8	70	0.4	0,5	0.3	0.4
25	6	10	15	6	2	60	0.1	1.4	0.7	
26	8	12	10	10	–3	65	0.2	1.2	0.8	0.9
27	6	18	16	5	–3	70	0.2	0.8	0.2	0.6
28	8	12	12	–6	2	65	0.3	0,6	0.3	0,5
29	10	18	20	–10	4	60	0.2	1.2	0.8	0.9
30	8	18	10	8	6	75	0.1	1,0	0.8	0.9

Пример выполнения задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3 (рис. 6.11). Радиусы ступеней ступенчатого диска R и r, радиус однородного диска r. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\bar{P}_1$, $\bar{P}_2$, $\bar{P}_3$, силы $\bar{F}$ и пары сил с моментом M. Движение катка 3 по неподвижной поверхности происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует. Передача движения от пружины блоку 2 производится посредством невесомого вертикального стержня

без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, i_z.

Исходные данные задачи: $P_1 = P$ Н, $P_2 = 2P$ Н, $P_3 = P$ Н, $F = 2P$ Н, $M = Pr$ Н·м, $R = 1{,}5r$ м, $i_z = r\sqrt{2}$ м, $c = P / r$ Н/м.

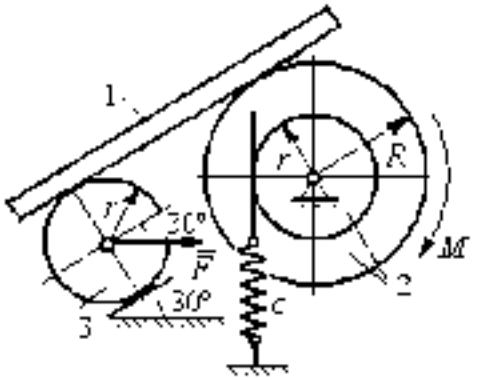


Рис. 6.11. Механическая система с одной степенью свободы

Определить законы движения блока 2 и бруса 1 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в растянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_{20} = 0{,}5$ рад/с, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Решение

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.11) имеет одну степень свободы, так как в системе не допускается независимое друг от друга движение тел. В качестве обобщённой координаты q выберем перемещение x верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня, при котором пружина длиной l_0 находилась в нерастянутом состоянии (рис. 6.12). Обобщенная скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

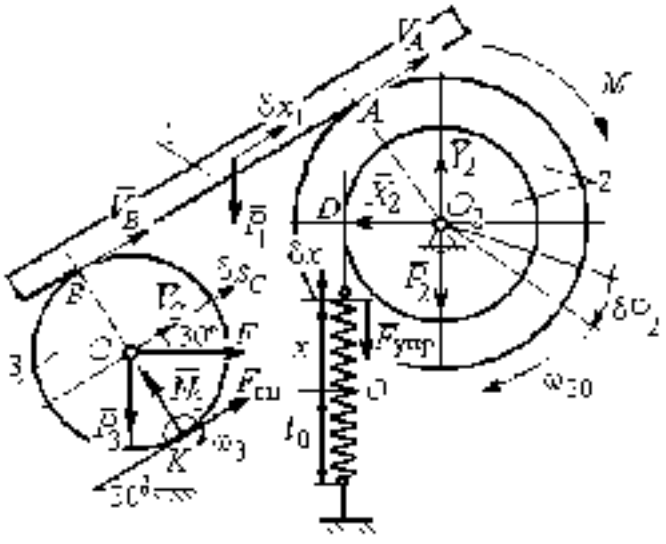


Рис. 6.12. Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы с одной степенью свободы, имеет вид $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где T – кинетическая энергия системы, Q_x – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате x.

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий бруса, блока и катка: $T = T_1 + T_2 + T_3$. Кинетическая энергия поступательного движения бруса 1: $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где m_1, V_1 – масса и скорость бруса. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где ω_2 – угловая скорость блока, J_{2z} – момент инерции блока 2 относительно оси z, $J_{2z} = m_2 i_2^2$.

Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где V_C – скорость центра масс катка 3; J_{zC} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; r – радиус катка; ω_3 – угловая скорость катка.

Выразим скорость V_1 бруса 1, угловые скорости ω_2, ω_3 блока 2 и катка 3, а также скорость V_C центра масс катка 3 через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки D блока 2 равна скорости верхнего края пружины $V_D = \dot{x}$. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \frac{V_D}{r} = \frac{\dot{x}}{r}$. Скорость бруса 1 равна скорости точки A блока 2 и вычисляется по формуле $V_1 = V_A = \omega_2 R = \frac{\dot{x}R}{r}$. Так как брус совершает поступательное движение, то $V_B = V_1$. Угловая скорость катка 3 $\omega_3 = \frac{V_B}{2r} = \frac{V_1}{2r} = \frac{\dot{x}R}{2r^2}$. Здесь при определении угловой скорости катка 3 учтено, что точка K касания катка 3 с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей катка. Скорость центра катка 3 $V_C = \frac{V_B}{2} = \frac{\dot{x}R}{2r}$.

Подставляя исходные данные задачи с учётом найденных кинематических соотношений, получим кинетическую энергию тел системы

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2 = \frac{P}{2g}\left(\frac{\dot{x}R}{r}\right)^2 = 1{,}125\frac{P}{g}\dot{x}^2, \quad T_2 = \frac{1}{2} J_{2z}\omega_2^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(r\sqrt{2}\right)^2\left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2 = 2\frac{P}{g}\dot{x}^2,$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 v_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r} \right)^2 + \frac{1}{2} \frac{Pr^2}{2g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r^2} \right)^2 = 0.422 \frac{P}{g} \dot{x}^2.$$

Тогда полная кинетическая энергия системы

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = 3.547 \frac{P}{g} \dot{x}^2.$$

Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой x, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине, находящейся в произвольном положении, возможное (бесконечно малое) перемещение δx в положительном направлении оси x (см. рис. 6.12). При этом блок 2 повернется на угол $\delta\varphi_2$: $\delta\varphi_2 = \frac{\delta x}{r}$, брус 1 переместится на расстояние δx_1: $\delta x_1 = \frac{\delta x R}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние δS_C: $\delta S_C = \frac{\delta x R}{2r}$. Все перемещения получены из установленных ранее кинематических соотношений и показаны на рис. 6.12.

При заданном возможном перемещении системы работу совершают силы тяжести P_1, P_3 бруса 1 и катка 3, пара сил с моментом M, сила F и сила упругости пружины (см. рис. 6.12). Элементарная работа вращающего момента M, приложенного к блоку 2, будет $\delta A(M) = M\delta\varphi_2 = M\frac{\delta x}{r}$. Работа силы тяжести бруса 1 определяется равенством $\delta A(P_1) = P_1 \delta x_1 \cos 120^\circ = -P_1 \delta x_1 \cos 60^\circ = -\frac{P_1 \delta x R}{2r}$. Работы силы тяжести катка 3 и силы F: $\delta A(P_3) = P_3 \delta x_C \cdot \cos 120^\circ = -P_3 \frac{\delta x R}{4r}$, $\delta A(F) = F \cdot \frac{\delta x R}{2r} \cos 30^\circ$. Модуль силы упругости пружины, растянутой из недеформированного положения на расстояние x, $F_{\text{упр}} = cx$. Сила $\bar{F}_{\text{упр}}$ упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.12). Работа силы упругости при перемещении вдоль линии действия на расстояние δx вычисляется по формуле $\delta A(\bar{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}} \delta x \cos 180^\circ = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи составляет

$$\delta A = \delta A(M) + \delta A(P_1) + \delta A(P_2) + \delta A(F) + \delta A(P_{3\text{гр}}) =$$

$$= M\frac{\delta x}{r} - \frac{P_1 \delta x R}{2r} - P_2\frac{\delta x R}{4r} + F\frac{\delta x R}{2r}\cos 30^\circ - cx\delta x - P(1{,}174 - 5x)\delta x,$$

откуда обобщенная сила $Q_x = P(1{,}174 - 5x)$.

Составим уравнения Лагранжа. Вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенной скорости $\dot{x}$ и координате x: $\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = 7{,}094\frac{P}{g}\dot{x}$, $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$. Определим полную производную по времени. $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x}$. Результаты расчетов подставим в уравнения Лагранжа II рода и получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x} = P(1{,}174 - 5x), \text{ или при } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2,\ \ddot{x} + 6{,}91x = 1{,}62.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные, k – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{6{,}91} = 2{,}63$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{частн}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим $b = 0{,}23$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1 \sin 2{,}63t + C_2 \cos 2{,}63t + 0{,}23$.

Произвольные постоянные C_1, C_2 находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки D блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость ω_{20}, то $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}23$.

Вычисляем скорость движения пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 2{,}63C_1\cos 2{,}63t - 2{,}63C_2\sin 2{,}63t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}038$. Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}038\sin 2{,}63t - 0{,}23\cos 2{,}63t + 0{,}23$ м.

Уравнения колебательных движений бруса 1 и блока 2 найдём из ранее полученных кинематических соотношений:

$$x_1 = \frac{xR}{r} = 1{,}5\,x(t) = 0{,}057\sin 2{,}63t - 0{,}34\cos 2{,}63t + 0{,}34 \text{ м};$$

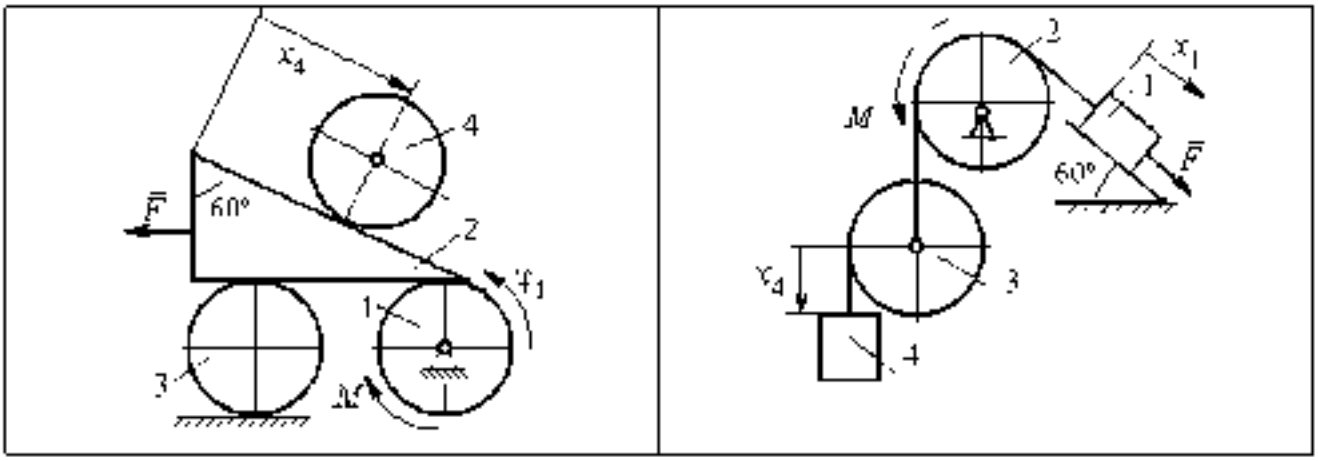
$$\varphi_2 = \frac{x}{r} = 5\,x(t) = 0{,}19\sin 2{,}63t - 1{,}15\cos 2{,}63t + 1{,}15 \text{ рад}.$$

Амплитуда колебаний бруса $A = \sqrt{0{,}057^2 + 0{,}34^2} = 0{,}35$ м.

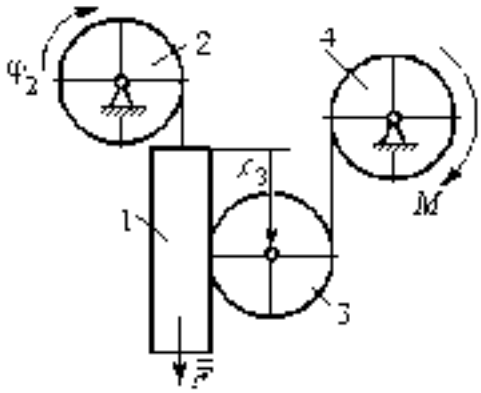
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы

Механическая система, состоящая из четырёх тел, из состояния покоя движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести P_1, P_2, P_3, P_4, силы F и пары сил с моментом M. Качение тел во всех случаях происходит без проскальзывания, скольжение грузов по поверхностям – без трения. Радиусы дисков одинаковы и равны R. Найти уравнения движения системы в обобщённых координатах. Варианты заданий и рекомендуемые обобщённые координаты даны на рис. 6.13, 6.14, варианты исходных данных – в табл. 6.3.

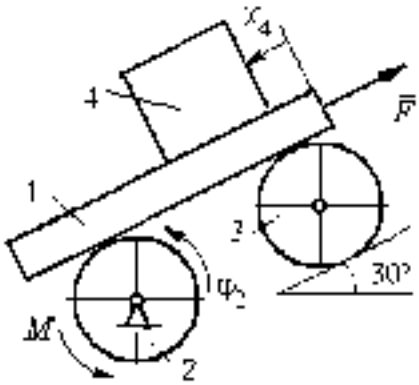
Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22



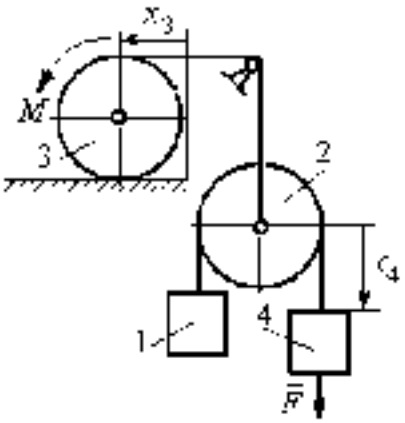
Варианты № 3, 13, 23



Варианты № 4, 14, 24



Варианты № 5, 15, 25



Варианты № 6, 16, 26

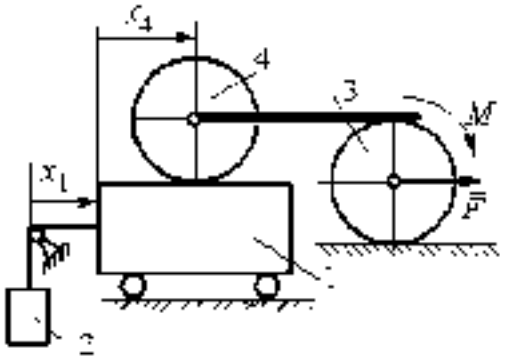
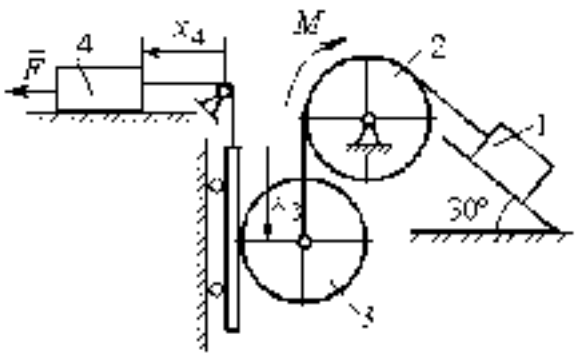
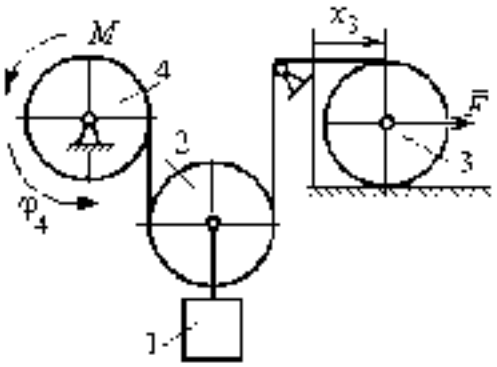


Рис. 6.13. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

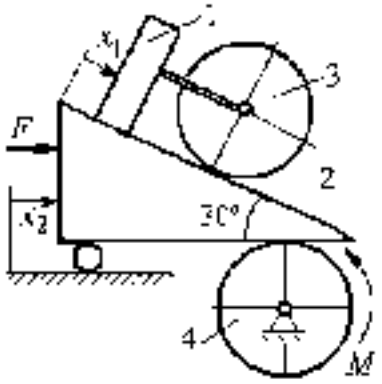
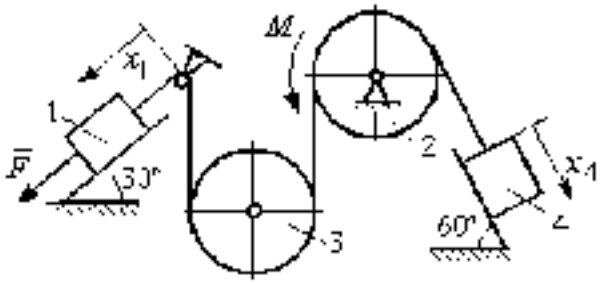
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	

Рис. 6.14. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.3

Исходные данные задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Номер варианта задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
P_1, Н	P	$2P$	P	$1.5P$	P	$3P$	P	$1.2P$	$3P$	P	$2P$	P	P	$2P$	P
P_2, Н	$3P$	$3P$	$4P$	$3P$	$2P$	P	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3P$	$4P$	$3P$
P_3, Н	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	P	$2P$
P_4, Н	$2P$	P	P	$2P$	$3P$	$3P$	P	P	$2P$	P	P	P	$2P$	$2P$	$2P$
R, м	$2r$	$1,5r$	$2,5r$	$1,2r$	$2r$	r	$1,5r$	r	$2r$	r	$1,5r$	$1,2r$	$2r$	$2r$	$2r$
F, Н	P	$2P$	P	$3P$	P	P	$2P$	$4P$	P	$2P$	P	$2P$	$1,5P$	$4P$	$3P$
M, Н м	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	Pr	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	Pr	$3Pr$	$2Pr$

Окончание табл. 6.3

Номер варианта задания	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P_1, Н	$4P$	$1{,}5P$	P	$2P$	P	P	$1.5P$	$1.5P$	$2P$	P	P	$2P$	$1{,}2P$	$3P$	$1.2P$
P_2, Н	$2P$	$2P$	$2P$	$4P$	$3P$	$4P$	$3P$	$4P$	$3P$	$2P$	$2P$	$1{,}2P$	$2P$	$3P$	$2P$
P_3, Н	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	P	P	$3P$
P_4, Н	$1{,}5P$	$2P$	$3P$	P	$2P$	$2P$	$2P$	P	$2P$	$3P$	P	P	$2P$	P	$2P$
R, м	$1.5r$	r	$1.5r$	$2r$	r	$1{,}2r$	$2r$	$1{,}5r$	$2r$	r	$1{,}5r$	$2r$	r	$1{,}2r$	$2r$
F, Н	$2P$	$2P$	P	$3P$	$4P$	$2P$	$3P$	$2P$	$3P$	P	$3P$	$1.5P$	$4P$	$2P$	$3P$
M, Н м	$3Pr$	$2Pr$	$4Pr$	Pr	$4Pr$	$4Pr$	$2Pr$	Pr	$4Pr$	$2Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$

Пример выполнения задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Платформа 3 лежит горизонтально на катке 5 и блоке 4 одинакового радиуса R (рис. 6.15). На платформу действует горизонтальная сила F. К блоку 4, вращающемуся вокруг неподвижной оси, приложена пара сил с моментом M. Каток 5 катится по горизонтальной поверхности. К краю платформы одним концом прикреплена горизонтальная нить, а к другому концу, переброшенному через невесомый блок, прикреплён груз 6, движущийся вертикально. На платформе 3 установлен каток 2 радиуса R. К центру катка прикреплена нить, расположенная параллельно платформе и натянутая грузом 1, движущимся вертикально (см. рис. 6.15). Движение системы началось из состояния покоя. Качение тел без проскальзывания. Определить уравнения движения системы в обобщённых координатах, если R $2r$, веса тел $P_1 = P_5 = P$, $P_2 = 3P$, $P_4 = P_3 = P_6 = 2P$, F P, $M = 3Pr$.

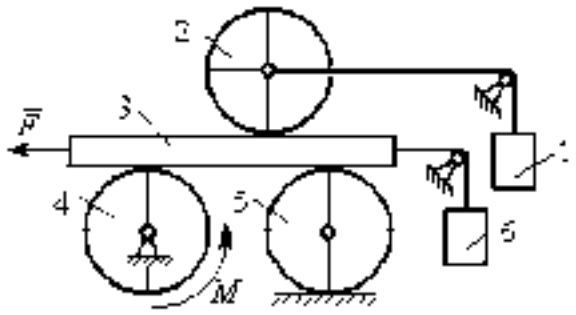


Рис. 6.15. Механическая система с двумя степенями свободы

Решение

Рассматриваемая механическая система, включающая катки 2, 5, платформу 3, блок 4 и грузы 1, 6, имеет две степени свободы, так как перемещение катка 2 относительно платформы 3 не зависит от перемещения самой платформы. За обобщенные координаты выберем перемещение x_2 центра масс катка 2 относительно

края платформы и перемещение x_3 платформы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.16). Обобщенные скорости – скорость $\dot{x}_2$ центра масс катка 2 относительно края платформы и скорость платформы $\dot{x}_3$ относительно неподвижной вертикали. Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_2}=Q_{x_2},\quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_3}=Q_{x_3},$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_{x_2}, Q_{x_3} – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий тел.

Платформа 3 совершает поступательное движение. Кинетическая энергия платформы $T_3=\frac{P_3}{2g}V_3^2$, где V_3 – скорость платформы, причем, в соответствии с выбором обобщённых координат и скоростей, $V_3=\dot{x}_3$.

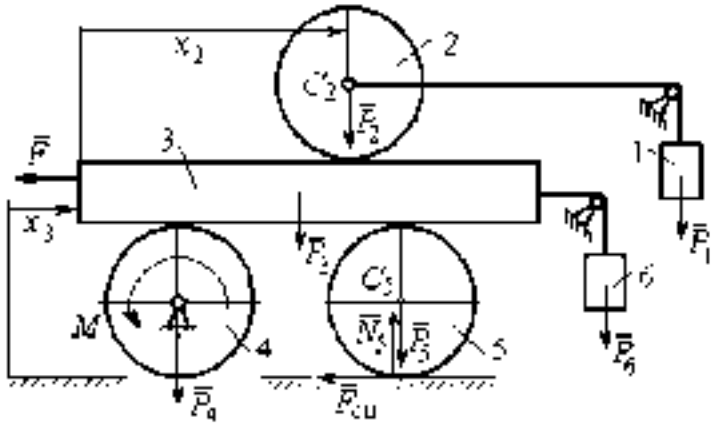


Рис. 6.16. Действующие силы и обобщённые координаты механической системы

Блок 4 вращается вокруг неподвижной оси. Энергия вращательного движения блока $T_4=\frac{1}{2}J_4\omega_4^2$, где J_4, ω_4 – осевой момент инерции блока 4 и его угловая скорость. Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_3}{R_4}=\frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Каток 5 совершает плоскопараллельное движение, его кинетическая энергия вычисляется по формуле: $T_5=\frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2+\frac{1}{2}J_5\omega_5^2$, где J_5 – момент инерции катка относительно оси вращения, проходящей через его центр масс; ω_5, V_{C_5} – угловая скорость и скорость центра масс катка 5. Для определения скорости центра масс

катка 5 заметим, что точка касания катка с платформой имеет скорость, равную скорости платформы, а точка K касания катка с неподвижной горизонтальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Следовательно, скорость центра катка равна половине скорости платформы: $V_{C_5} = \frac{1}{2}V_3 = \frac{1}{2}\dot{x}_3$. Угловая скорость катка 5 $\omega_5 = \frac{V_3}{2R_5} = \frac{\dot{x}_3}{4r}$ (рис. 6.17, *a*).

При расчёте кинетической энергии катка 2 необходимо учитывать, что каток совершает сложное движение. Качение катка по поверхности платформы является относительным движением, перемещение его вместе с платформой – переносным. Абсолютная скорость V_{C_2} центра масс катка 2 представляется в виде векторной суммы $\bar{V}_{C_2} = \bar{V}_{C_2r} + \bar{V}_{C_2e}$ (рис. 6.17, *b*), где $\bar{V}_{C_2e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости платформы, $V_{C_2e} = V_3 = \dot{x}_3$; $\bar{V}_{C_2r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине скорости центра масс катка 2 относительно края платформы, $V_{C_2r} = \dot{x}_2$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 2 равен сумме $V_{C_2} = V_{C_2r} + V_{C_2e} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$ (рис. 6.17, *b*).

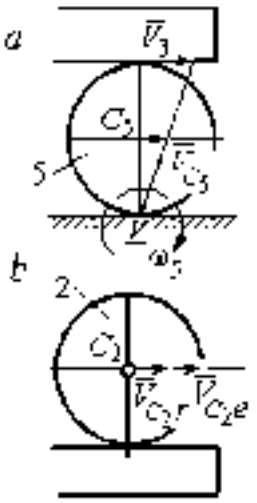


Рис. 6.17. Скорости центров катков 2 и 5

Угловая скорость переносного движения катка 2 равна нулю, поскольку переносное движение катка – это поступательное движение платформы. В результате угловая скорость катка 2 равна его угловой скорости в относительном движении: $\omega_2 = \frac{V_{C_2r}}{R_2} = \frac{\dot{x}_2}{2r}$. Кинетическая энергия катка 2 рассчитывается по формуле: $T_2 = \frac{1}{2}\frac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \frac{1}{2}J_2\omega_2^2$, где J_2 – осевой момент инерции катка 2; ω_2 – угловая скорость катка; V_{C_2} – абсолютная скорость центра масс катка 2.

Движение грузов 1 и 6 поступательное, их кинетические энергии вычисляются по формулам: $T_1 = \frac{P_1}{2g} V_1^2$, $T_6 = \frac{P_6}{2g} V_6^2$. При этом скорость груза 1 равна абсолютной скорости центра катка 2: $V_1 = V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, а скорость груза 6 равна скорости платформы: $V_6 = V_3 = \dot{x}_3$.

Выразим кинетическую энергию системы через обобщённые скорости. Кинетическая энергия:

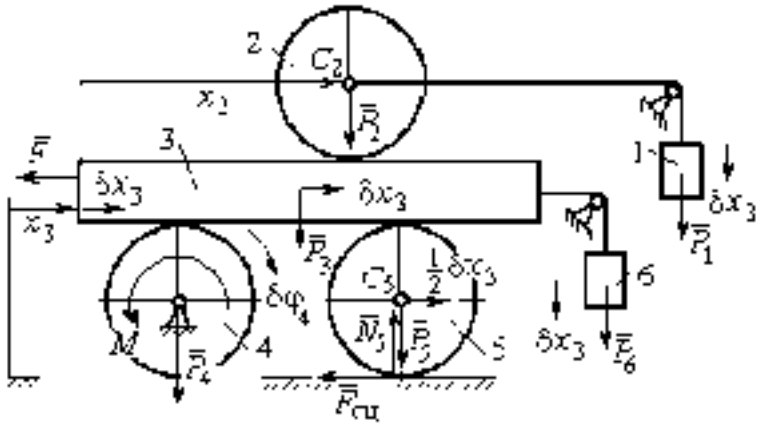


Рис. 6.18. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_3 > 0$, $\delta x_2 = 0$

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6$$

$$= \frac{P_1}{2g} V_1^2 + \frac{1}{2}\frac{P_2}{g} V_{C_2}^2 + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 +$$

$$\frac{P_3}{2g} V_3^2 + \frac{1}{2} J_4 \omega_4^2$$

$$\frac{1}{2}\frac{P_5}{g} V_{C_5}^2 + \frac{1}{2} J_5 \omega_5^2 + \frac{P_6}{2g} V_6^2,$$

где значения скоростей: $V_1 = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $\omega_2 = \frac{\dot{x}_2}{2r}$, $V_3 = \dot{x}_3$, $\omega_4 = \frac{\dot{x}_3}{2r}$, $V_{C_5} = \frac{1}{2}\dot{x}_3$, $\omega_5 = \frac{\dot{x}_3}{4r}$, $V_6 = \dot{x}_3$. Значения осевых моментов инерции катков: $J_2 = \frac{P_2 R_2^2}{2g} = \frac{4Pr^2}{g}$, $J_4 = \frac{P_4 R_4^2}{2g} = \frac{4Pr^2}{g}$, $J_5 = \frac{P_5 R_5^2}{2g} = \frac{4Pr^2}{g}$. Подставляя значения скоростей, моментов инерции и данные задачи, получим выражение кинетической энергии системы в виде

$$T = \frac{P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_2}{2r}\right)^2 + \frac{3P}{2g}\dot{x}_3^2 -$$

$$+\frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2r}\right)^2 - \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2}\right)^2 - \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{4r}\right)^2 + \frac{P}{2g}\dot{x}_3^2 -$$

$$-\frac{1}{2}\frac{P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 - \frac{23P}{8g}\dot{x}_3^2 - \frac{2P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_2\dot{x}_3 - \frac{35P}{8g}\dot{x}_3^2.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_3, оставляя координату x_2 без изменения: $\delta x_3 > 0$, $\delta x_2 = 0$ (рис. 6.18). При таком перемещении каток 2

стоит на платформе и движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести $\bar{P}_2$, $\bar{P}_3$, $\bar{P}_4$ катков 2, 5 и платформы 3 равна нулю, так как перемещения точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил (см. рис. 6.18). Работа силы тяжести $\bar{P}_4$ равна нулю, так как точка приложения силы лежит на неподвижной оси вращения блока 4

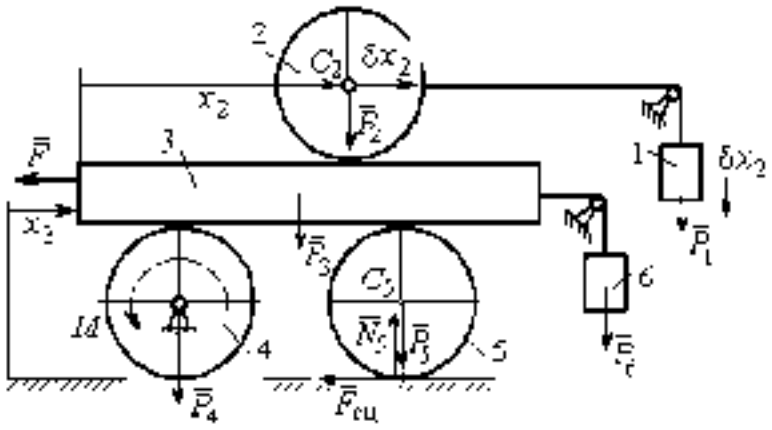


Рис. 6.19. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_2 \neq 0$, $\delta x_3 = 0$

Работу будут производить сила $\bar{F}$, пара сил с моментом M и силы тяжести грузов $\bar{P}_1$ и $\bar{P}_6$. Суммарная работа сил на перемещении δx_3: $\delta A = -F\delta x_3 - M\delta\varphi_4 + P_1\delta x_3 + P_6\delta x_3$.

Представим полученное ранее соотношение $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$ в дифференциальном виде: $d\varphi_4 = \dfrac{dx_3}{2r}$. Поскольку дифференциалы координат также являются возможными перемещениями, получим нужное соотношение $\delta\varphi_4 = \dfrac{\delta x_3}{2r}$. Теперь элементарную работу сил на возможном перемещении δx_3 с учётом значений сил можно представить в виде:

$$\delta A = -F\delta x_3 - M\frac{\delta x_3}{2r} + P\delta x_3 + P\delta x_3 = \frac{1}{2}P\delta x_3.$$

отсюда обобщённая сила, соответствующая координате x_3: $Q_{x_3} = -\dfrac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение — по координате x_2, оставляя координату x_3 без изменения: $\delta x_2 > 0$, $\delta x_3 = 0$ (рис. 6.19).

При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 2, который катится по поверхности неподвижной платформы, и груза 1, который опускается вертикально вниз. Работу совершает только сила тяжести груза 1. Выражая

работу в виде $\delta A = P\delta x_2 - P\delta x_3$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате x_2: $Q_{x_2} = P$

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям $\dot{x}_3$ и $\dot{x}_2$:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} = \frac{3P}{g}\dot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\dot{x}_3, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = \frac{4P}{g}\dot{x}_2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_3$$

и по обобщённым координатам: $\frac{\partial T}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_1} = 0.$

Определим полные производные по времени от частных производных кинетической энергии по скоростям.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{3P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\ddot{x}_3, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right) = \frac{4P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{3P}{g}\ddot{x}_3.$$

Подставляя результаты расчётов в уравнения Лагранжа с учётом вычисленных значений обобщённых сил, получим систему дифференциальных уравнений, описывающих движение системы в обобщённых координатах:

$$12\ddot{x}_2 + 35\ddot{x}_3 = -2g, \quad 4\ddot{x}_2 + 3\ddot{x}_3 = g.$$

Алгебраическим решением системы служат значения ускорений:

$$\ddot{x}_3 = -\frac{5}{26}g = -0{,}19g \text{ и } \ddot{x}_2 = \frac{41}{104}g = 0{,}39g.$$

Полученные выражения представляют собой дифференциальные уравнения, проинтегрировав которые дважды с нулевыми начальными условиями (движение началось из состояния покоя), найдём уравнения абсолютного движения платформы и относительного движения центра масс катка 2:

$$x_3 = -0{,}095gt^2, \quad x_2 = 0{,}195gt^2.$$

Отрицательное значение координаты x_3 означает, что движение платформы происходит в отрицательном направлении оси x_3 (см. рис. 6.16).

Абсолютное движение центра катка 2 представляется суммой относительного и переносного движений: $x_{C_2} = x_2 + x_3 = 0{,}1gt^2$.

Уравнение вращательного движения катка 2 находится на основании выражения $\varphi_2 = \frac{1}{R_2} x_2 - \frac{1}{2r} x_3 - 0{,}097 \frac{gt^2}{r}$. Вращение блока 4 описывается уравнением $\varphi_1 = \frac{1}{R_1} x_3 - \frac{1}{2r} x_4 = -0{,}047 \frac{gt^2}{r}$.

Движение катка 5 описывается двумя уравнениями: уравнением движения центра масс катка $x_{C_5} = \frac{1}{2} x_5 = -0{,}047 gt^2$ и уравнением вращательного движения катка $\varphi_5 = \frac{x_5}{2R_5} = -0{.}024 \frac{gt^2}{r}$.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 1, 2. СПб.: Лань. 2010.

Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики в 2-х томах.– М.: Наука. 2009.

Вебер Г. Э., Зимцев С. А. Лекции по теоретической механике. Екатеринбург: Изд-во УГТУ. 2008.

Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики учебн. для втузов – М.: Высшая школа. 2010.

Учебное издание

Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

сборник заданий для расчетно-графических работ

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов, выполнению практических и контрольных работ

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие
и контрольные задания для выполнения РГР и самостоятельной работы студентов специальности
21.05.04 Горное дело

Екатеринбург
2019

А 94
Рецензент: *Н.М.Суслов*, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики 04 апреля 2019г. (протокол № 7) и рекомендовано для издания в УГГУ

А. А. Чиркова, А. П. Золкин, Д. Н. Суслов, А. И. Афанасьев
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ: учебно-методическое пособие и контрольные задания для выполнения РГР и самостоятельной работы студентов специальности *21.05.04 Горное дело.*– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 84 с.

Учебно-методическое пособие содержит краткие методические указания, контрольные задания и примеры выполнения заданий по темам: «Осевое нагружение стержней переменного сечения. Определение деформаций при осевом нагружении», «Расчет вала на прочность при кручении. Определение углов закручивания вала – расчет на жесткость», «Расчет на прочность балки при изгибе. Подбор сечения балки», «Расчет на жесткость балки при изгибе. Определение формы изогнутой оси балки», «Расчет стержней на устойчивость», «Расчет статически неопределимых балок», «Расчет статически неопределимых рам».

© Чиркова А. А., Золкин А. П.,
Суслов Д.Н.,Афанасьев А. И. 2019
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Задача №1. Осевое нагружение стержней 4
Задача №2. Расчёт вала на кручение и жёсткость….....11
Задача №3. Расчёт балки на прочность при изгибе 17
Задача №4. Расчёт балки на жёсткость 23
Задача №5. Геометрические характеристики плоского симметричного сечения……..……30
Задача № 6. Расчёт статически неопределемых стержневых систем. ……36
Задача 7.Расчет статически неопределимых балок ……..……...43
Задача №8. Расчет стержней на устойчивость……..67
Задача №9. Расчет статически неопределимых рам……..……...70
Оформление расчетно-графической работы.....84
Список рекомендуемой литературы 84

Задача № 1. Осевое нагружение стержней

Для стального стержня из условия прочности подобрать площади поперечных сечений при условии, что отношение площади большего участка к меньшему равно $k = S_m/S_x$. Построить эпюры: осевой силы N; нормальных напряжений σ и продольных перемещений Δ. Модуль упругости стали $E = 200000$ МПа. Предел текучести стали σ_m. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести – n_m. Исходные данные сведены в табл. 1, расчетные схемы даны на рис. 1.

Таблица 1

Исходные данные к задаче № 1

№ п/п	Сила, кН				Длина участка, м				$\sigma_т$, МПа	$n_т$	$k = S_m/S_x$	Номер схемы
	P_1	P_2	P_3	P_4	L_1	L_2	L_3	L_4				
1	150	660	440	990	2,0	1,4	1,3	2,3	200	1,5	1,5	1
2	620	700	920	130	3,1	2,2	1,5	1,9	240	2,0	2,0	2
3	600	880	170	200	2,4	3,0	2,3	1,6	280	2,5	2,5	3
4	80	130	600	610	1,6	2,9	1,7	2,4	320	3,0	3,0	4
5	990	380	630	390	2,8	1,8	2,5	1,7	360	1,5	3,5	5
6	290	570	170	900	1,9	2,6	2,7	1,3	400	2,0	1,5	6
7	920	630	160	740	2,7	2,0	2,6	1,4	440	2,5	2,0	7
8	840	500	490	550	1,5	2,8	2,1	2,5	480	3,0	2,5	8
9	990	110	90	470	1,6	2,4	2,9	2,2	520	1,5	3,0	9
10	340	390	890	330	1,7	2,3	2,3	3,0	560	2,0	3,5	10
11	820	290	800	90	2,2	2,4	3,1	1,8	600	2,5	1,5	11
12	380	720	720	850	2,5	3,2	2,1	1,9	200	3,0	2,0	12
13	960	630	580	800	3,3	2,6	2,0	1,3	240	1,5	2,5	13
14	360	940	300	530	1,4	1,4	2,7	1,9	280	2,0	3,0	14
15	70	590	790	800	1,5	1,8	1,5	2,8	320	2,5	3,5	15
16	460	510	960	840	1,6	1,7	2,9	1,6	360	3,0	1,5	16
17	680	630	740	680	1,6	3,0	1,7	1,7	400	1,5	2,0	17
18	670	880	30	270	3,1	1,8	1,5	1,8	440	2,0	2,5	18
19	380	200	760	370	1,9	3,2	1,4	1,9	480	2,5	3,0	19
20	770	510	830	260	2,0	2,0	3,3	1,3	520	3,0	3,5	20
21	760	750	160	190	2,2	3,3	2,1	1,4	560	1,5	1,5	21
22	320	840	670	440	2,2	3,2	1,5	2,2	600	2,0	2,0	22
23	390	720	270	960	2,3	1,6	2,3	3,1	200	2,5	2,5	23
24	910	310	870	470	1,7	2,4	3,0	2,4	240	3,0	3,0	24
25	840	540	380	810	2,5	1,8	2,9	2,5	280	1,5	3,5	25
26	160	350	720	470	2,5	2,6	1,9	2,8	320	2,0	1,5	26
27	660	660	800	510	2,6	2,7	2,7	2,0	360	2,5	2,0	1
28	450	410	540	420	1,5	2,4	3,6	1,8	400	1,5	1,5	1
29	430	510	840	350	1,9	2,8	3,5	1,7	440	2,0	2,0	2

Окончание табл. 1

№ п/п	Сила, кН				Длина участка, м				$\sigma_т$, МПа	$n_т$	$k = S_m/S_x$	Номер схемы
	P_1	P_2	P_3	P_4	L_1	L_2	L_3	L_4				
30	520	900	620	820	2,3	2,4	3,0	2,2	480	2,5	2,5	3
31	690	500	790	740	2,7	2,0	2,6	2,6	520	3,0	3,0	4
32	860	240	260	490	3,1	1,6	2,3	2,4	560	1,5	3,5	5
33	990	60	930	580	3,5	2,1	2,7	1,8	600	2,0	1,5	6
34	30	870	740	280	2,9	2,7	1,9	2,3	200	2,5	2,0	7
35	900	610	570	60	2,3	2,1	1,3	1,7	240	3,0	2,5	8
36	360	200	350	470	2,5	1,6	2,9	2,3	280	1,5	3,0	9
37	940	560	980	660	1,8	2,5	1,9	2,0	320	2,0	3,5	10
38	990	620	370	840	2,7	2,4	3,2	1,6	360	2,5	1,5	11
39	650	310	430	890	3,0	1,7	1,8	2,4	400	3,0	2,0	12
40	870	560	80	360	1,6	1,6	2,2	2,2	440	1,5	2,5	13
41	580	280	210	540	2,8	2,1	2,0	3,3	480	2,0	3,0	14
42	720	410	750	290	1,5	2,4	2,7	1,8	520	2,5	3,5	15
43	240	860	590	420	1,9	2,4	2,3	2,6	560	3,0	1,5	16
44	70	570	650	450	2,0	3,1	2,5	1,9	600	1,5	2,0	17
45	160	450	830	680	1,4	2,1	2,3	2,5	200	2,0	2,5	18
46	450	430	400	470	3,2	2,2	2,6	2,1	240	2,5	3,0	19
47	870	440	190	330	3,0	1,4	2,3	2,2	280	3,0	3,5	20
48	370	390	190	740	2,2	1,7	1,8	2,4	320	1,5	1,5	21
49	890	210	920	260	2,2	2,4	2,5	1,6	360	2,0	2,0	22
50	350	820	330	210	2,7	2,3	2,3	2,6	200	2,5	2,5	23
51	710	150	300	570	1,5	2,6	2,4	2,2	240	3,0	3,0	24
52	900	110	730	680	2,4	2,7	2,1	2,5	280	1,5	3,5	25
53	860	630	550	730	2,8	2,0	2,6	2,3	320	2,0	1,5	26
54	520	40	640	600	1,9	2,7	2,9	2,2	360	2,5	2,0	13
55	830	760	920	820	2,8	1,8	3,0	2,1	400	3,0	2,5	14
56	720	730	300	250	2,0	2,9	1,7	3,1	440	1,5	3,0	1
57	120	860	670	500	1,9	3,2	3,0	1,6	480	2,0	3,5	2
58	980	80	940	390	2,8	3,3	1,5	3,1	520	2,5	1,5	3
59	240	60	20	540	2,4	1,4	3,2	2,6	560	3,0	2,0	4
60	820	300	790	130	1,3	3,3	2,5	2,7	600	1,5	2,5	5
61	450	340	220	210	2,7	2,3	2,3	2,6	200	2,5	2,5	23
62	440	360	240	570	1,5	2,6	2,4	2,2	240	3,0	3,0	24
63	470	370	260	680	2,4	2,7	2,1	2,5	280	1,5	3,5	25
64	580	380	270	730	2,8	2,0	2,6	2,3	320	2,0	1,5	26
65	600	390	280	600	1,9	2,7	2,9	2,2	360	2,5	2,0	13
66	670	450	290	820	2,8	1,8	3,0	2,1	400	3,0	2,5	14
67	770	550	300	250	2,0	2,9	1,7	3,1	440	1,5	3,0	1
68	800	570	310	500	1,9	3,2	3,0	1,6	480	2,0	3,5	2
69	870	580	320	390	2,8	3,3	1,5	3,1	520	2,5	1,5	3
70	900	590	330	540	2,4	1,4	3,2	2,6	560	3,0	2,0	4
71	340	600	390	130	1,3	3,3	2,5	2,7	600	1,5	2,5	5

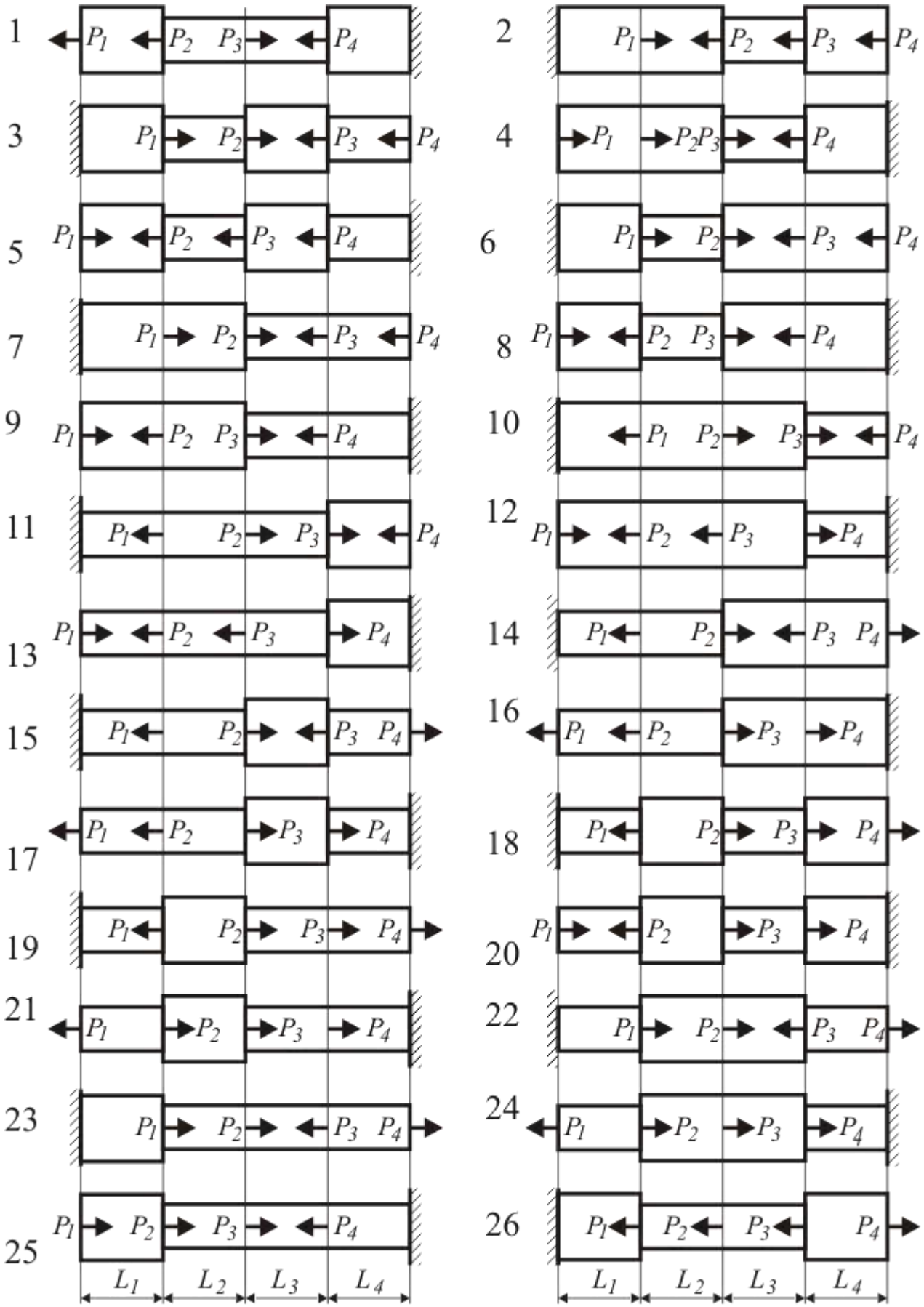


Рис. 1. Расчетная схема стержня

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 1

Стальной стержень нагружен в сечениях 1 – 4 осевыми силами $P_1 = 600$ кН, $P_2 = 900$ кН, $P_3 = 600$ кН, $P_4 = 900$ кН и заделан в сечении 5 (рис. 2, *а*). Длины участков равны: $L_1 = 0{,}75$ м, $L_2 = 1{,}25$ м, $L_3 = 1{,}75$ м, $L_4 = 2{,}25$ м. Выбрать из условия прочности площади поперечных сечений при дополнительном (конструктивно-технологическом) требовании, чтобы отношение площадей толстого и худого участков равнялось $k = S_m/S_x = 2{,}5$. Построить эпюры: осевой силы *N*; нормальных напряжений σ и продольных перемещений Δ. Модуль упругости *E* = 200000 МПа. Предел текучести стали $\sigma_m = 360$ МПа. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести $n_m = 1{,}5$.

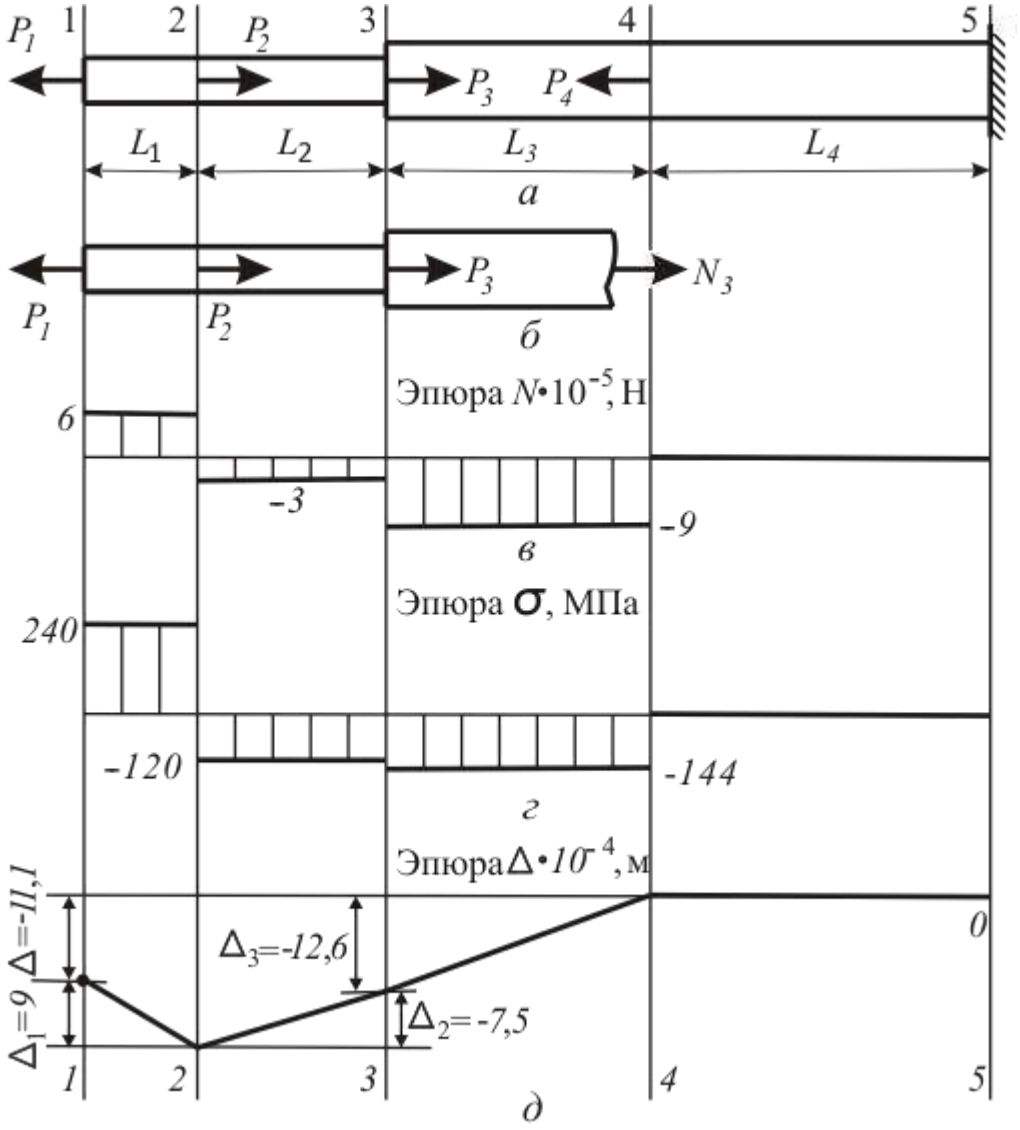


Рис. 2. Эпюры продольных сил, напряжений и перемещений

РЕШЕНИЕ

1. Силы переводим в ньютоны [Н]: $P_1 = 6 \cdot 10^5$; $N_2 = 9 \cdot 10^5$; $N_3 = 6 \cdot 10^5$; $N_4 = 9 \cdot 10^5$.

2. Модуль упругости E и предел текучести σ_m переводим в паскали [Па]:

$$E = 2 \cdot 10^{11}\,; \sigma_m = 3{,}6 \cdot 10^8.$$

3. Допускаемые напряжения [σ]:

$$[\sigma] = \sigma_m / n_m = 3{,}6 \cdot 10^8 / 1{,}5 = \ 2{,}4 \cdot 10^8 \text{ [Па]}.$$

4. Строим эпюру осевых сил методом сечений. Разрезаем стержень на участке i. Из двух полученных кусков выбираем свободный незакреплённый. В нашем случае свободен левый кусок. В разрезанном сечении прикладываем положительную растягивающую осевую силу N_i. Положительная осевая сила направлена наружу из отрезанного куска. Величину N_i находим из условия равенства нулю алгебраической суммы N_i и сил P_i, приложенных к левому куску разрезанного стержня.

Пусть $i = 3$. На левый кусок действуют силы P_1 – P_3 и осевая сила N_3, приложенная в сечении (рис. 2, *б*). Из уравнения равновесия левого куска $N_3 + P_3 + P_2 - P_1 = 0$, находим $N_3 = -P_3 - P_2 + P_1 = -6 \cdot 10^5 - 9 \cdot 10^5 + 6 \cdot 10^5 = -9 \cdot 10^5$ [Н]. Знак «минус» указывает, что сила N_3 направлена внутрь куска (в сторону, обратную изначально выбранной). Участок 3 сжат. Найденное значение осевой силы откладываем на эпюре осевых сил. Для этого: отмечаем на оси абсцисс координату сечения, через неё проводим нормаль, и на нормали откладываем в выбранном масштабе значение $N_3 = -9 \cdot 10^5$ [Н] (рис. 2, *в*). Уравнение равновесия левого куска не зависит от положения сечения, в котором разрезан участок 3. Следовательно, осевая сила сохраняет постоянное значение в любом нормальном сечении участка 3. Через точку с ординатой $N_3 = -9 \cdot 10^5$ между вертикалями 3 и 4 проводим прямую, параллельную оси стержня.

5. Для других участков получаем: $N_1 = 6 \cdot 10^5$ [Н]; $N_2 = -3 \cdot 10^5$ [Н]; $N_3 = -9 \cdot 10^5$ [Н]; $N_4 = 0$ [Н]. Эпюра осевых сил дана на рис. 2, *г*.

6. По эпюре осевых сил находим наибольшие по модулю осевые силы, действующие на толстом и тонком участках

$$N_m = \max\{|N_3|, N_4\} = \max\{|-9 \cdot 10^5|, 0\} = 9 \cdot 10^5 \text{ [Н]},$$
$$N_x = \max\{N_1, |N_2|\} = \max\{6 \cdot 10^5, |-3 \cdot 10^5|\} = 6 \cdot 10^5 \text{ [Н]}.$$

7. Необходимая по условию прочности площадь толстого участка

$$S_{\sigma m} = N_m / [\sigma] = \ 9 \cdot 10^5 / 2{,}4 \cdot 10^8 = 3{,}75 \cdot 10^{-3} \text{ [м}^2\text{]},$$

необходимая по условию прочности площадь тонкого участка

$$S_{\sigma x} = N_x / [\sigma] = \ 6 \cdot 10^5 / 2{,}4 \cdot 10^8 = 2{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ [м}^2\text{]}.$$

8. Выполнить конструктивные требования можно двумя способами:

способ 1: для толстого участка взять площадь $S_{\sigma m}$, необходимую по условию прочности, для тонкого участка взять площадь толстого, уменьшенную в k раз, $S_{kx} = S_{\sigma m}/k = 3{,}75 \cdot 10^{-3}/2{,}5 = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ [м^2];

способ 2: для тонкого участка взять площадь $S_{\sigma x}$, необходимую по условию прочности, для толстого участка взять площадь тонкого, увеличенную в k раз, $S_{km} = k\,S_{\sigma x} = 2{,}5 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} = 6{,}25 \cdot 10^{-3}$ [м^2].

В первом случае площадь тонкого участка, взятая из конструктивных требований, меньше площади, необходимой по условию прочности.

$$S_{kx} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} < S_{\sigma x} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}.$$

При первом способе не выполнено условие прочности для тонкого участка. Во втором случае конструктивная площадь толстого участка больше площади, необходимой по условию прочности

$$S_{km} = k\,S_{\sigma x} = 2{,}5 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} > S_{\sigma m} = 6{,}25 \cdot 10^{-3}.$$

При втором способе условие прочности выполнено. Назначаем площади

$$S_x = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ [\text{м}^2];\ S_m = 6{,}25 \cdot 10^{-3}\ [\text{м}^2].$$

9. Напряжения, действующие на участке i, определяем по формуле

$$\sigma_i = N_i/S_{x(m)}.$$

где N_i – значение осевой силы на участке i, взятое со своим знаком с эпюры N (рис. 2, *г*) ; $S_{x(m)}$ – назначенная площадь участка.

Пусть $i = 3$, $N_3 = -9 \cdot 10^5$ [Н], $S_m = 6{,}25 \cdot 10^{-3}$ [м^2]. Напряжения равны

$$\sigma_3 = N_3/S_ж = -9 \cdot 10^5/6{,}25^{-3} = -1{,}44 \cdot 10^8\ [\text{Н/м}^2].$$

10. На остальных участках напряжения равны:

$$\sigma_1 = N_1/S_x = 6 \cdot 10^5/(2{,}5 \cdot 10^{-3}) = 2{,}4 \cdot 10^8\ [\text{Н/м}^2];$$
$$\sigma_2 = N_2/S_x = -3 \cdot 10^5/6{,}25^{-3} = -1{,}2 \cdot 10^8\ [\text{Н/м}^2];$$
$$\sigma_4 = N_4/S_ж = 0/6{,}25^{-3} = 0\ [\text{Н/м}^2].$$

Эпюра напряжений построена на рис. 2, *д*.

11. Удлинение Δ_i [м] участка i определяем по формуле

$$\Delta_i = N_i\,L_i/(E\,S_{x(m)}).$$

Получаем:

$$\Delta_1 = N_1\,L_1/(E\,S_x) = 6 \cdot 10^5 \cdot 0{,}75/(2 \cdot 10^{11} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3}) = 9{,}00 \cdot 10^{-4};$$
$$\Delta_2 = N_2\,L_2/(E\,S_x) = -3 \cdot 10^5 \cdot 1{,}25/(2 \cdot 10^{11} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3}) = -7{,}50 \cdot 10^{-4};$$
$$\Delta_3 = N_3\,L_3/(E\,S_ж) = -9 \cdot 10^5 \cdot 1{,}75/(2 \cdot 10^{11} \cdot 6{,}25 \cdot 10^{-3}) = -1{,}26 \cdot 10^{-3};$$
$$\Delta_4 = N_4\,L_4/(E\,S_ж) = 0 \cdot 1{,}75/(2 \cdot 10^{11} \cdot 6{,}25 \cdot 10^{-3}) = 0.$$

12. Строим эпюру перемещений. Сечение 5, в котором стержень защемлён, неподвижно. Проводим ось стержня Z и отмечаем как 0 точку её пересечения с вертикалью 5. На вертикали 4 следует отложить вверх в принятом масштабе удлинение Δ_4 участка 4. Поскольку $\Delta_4 = 0$, сечение 4 не смещается. Отмечаем точку пересечения оси Z с вертикалью 4. Соединяем

жирной линией нули вертикалей 5 и 4.

Участок 3 сжался на $\Delta_3 = -1{,}26 \cdot 10^{-3}$ м. На вертикали 3 откладываем вниз из точки её пересечения с осью Z отрезок Δ_3. Соединяем конец этого отрезка с нулём вертикали 4.

Участок 2 укоротился на $\Delta_2 = -7{,}5 \cdot 10^{-4}$. На вертикали 2 из точки с ординатой Δ_3 откладываем вниз отрезок Δ_2. Ордината полученного отрезка равна $\Delta_2 + \Delta_3 = -7{,}5 \cdot 10^{-4} - 1{,}26 \cdot 10^{-3} = -2{,}01 \cdot 10^{-3}$ м. Соединяем прямой концы отрезков, отложенных на вертикалях 2 и 3.

Участок 1 удлинился на $\Delta_1 = 9{,}00 \cdot 10^{-4}$. Проектируем на вертикаль 1 отрезок, построенный на вертикали 2, из конца проекции откладываем вверх отрезок Δ_1. Длина отрезка, построенного на вертикали 1, будет $\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 9 \cdot 10^{-4} - 7{,}5 \cdot 10^{-4} - 1{,}26 \cdot 10^{-3} + 0 = -1{,}11 \cdot 10^{-3}$. Соединяем между собой концы отрезков, построенных на вертикалях 1 и 2 (рис. 2, *д*).

Задача № 2. Расчёт вала на кручение и жёсткость

Стальной вал, на котором жестко закреплены 5 шкивов (рис. 3, *а*), вращается со скоростью n [об/мин]. Нумерация шкивов – слева направо. Участку вала между шкивами присвоен номер левого шкива. Участки 1 и 4 имеют одинаковое круглое поперечное сечение, участки 2 и 3 — кольцевое. Отношение внутреннего диаметра кольца к наружному равно $\delta = 0{,}65$. На шкив 3 подана мощность N_3 [кВт]. Шкивы 1, 2, 4, 5 отбирают мощности (кВт): N_1, N_2, N_4, N_5. Выбрать диаметры участков стального вала из условия прочности по допускаемому касательному напряжению $[\tau]$ и условия жёсткости по допускаемому относительному углу закручивания $[\theta^\circ]$. Построить эпюру углов закручивания вала. Длины участков ($L_1 - L_4$,) в [м] заданы. Модуль сдвига стали равен $G = 80000$ МПа.

Таблица 2

Исходные данные к задаче № 2

№ п/п	n, $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	δ	Мощность, кВт					Длина участка, м				$[\tau]$, МПа	$[\theta^\circ]$, $\frac{\text{град}}{\text{м}}$
			N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	L_1	L_2	L_3	L_4		
1	120	0,40	3	5	15	4	3	0,75	2,00	0,75	2,00	30	0,25
2	160	0,45	4	7	20	6	3	1,00	2,25	1,00	1,75	40	0,50
3	200	0,50	4	7	25	8	6	1,25	2,50	1,25	1,50	50	0,75
4	240	0,55	7	8	30	9	6	1,50	0,75	1,50	1,25	60	1,00
5	280	0,60	8	11	35	9	7	1,75	1,00	1,75	1,00	70	1,25
6	320	0,65	8	13	40	10	9	2,00	1,25	2,00	0,75	80	1,50
7	360	0,70	9	15	45	13	8	2,25	1,50	0,75	2,00	90	1,75
8	400	0,75	9	16	50	17	8	2,50	1,75	1,00	1,75	100	2,00
9	440	0,80	10	17	55	16	12	2,75	2,00	1,25	1,50	110	2,25
10	480	0,85	12	18	60	22	8	0,75	2,25	1,50	1,25	120	2,50
11	520	0,90	12	24	65	16	13	1,00	2,50	1,75	1,00	130	2,75
12	560	0,95	16	22	70	19	13	1,25	0,75	2,00	0,75	30	3,00
13	600	0,40	18	25	75	20	12	1,50	1,00	2,25	2,00	40	3,25
14	640	0,45	16	22	80	28	14	1,75	1,25	0,75	1,75	50	3,50
15	680	0,50	18	26	85	24	17	2,00	1,50	1,00	1,50	60	3,75
16	120	0,55	18	30	90	25	17	2,25	1,75	1,25	1,25	70	4,00
17	160	0,60	19	30	95	25	21	2,50	2,00	1,50	1,00	80	0,25
18	200	0,65	3	5	15	4	3	2,75	2,25	1,75	0,75	90	0,50
19	240	0,70	4	7	20	6	3	0,75	2,50	2,00	2,00	100	0,75
20	280	0,75	4	7	25	8	6	1,00	0,75	2,25	1,75	110	1,00
21	320	0,80	7	8	30	9	6	1,25	1,00	0,75	1,50	120	1,25
22	360	0,85	8	11	35	9	7	1,50	1,25	1,00	1,25	130	1,50
23	400	0,90	8	13	40	10	9	1,75	1,50	1,25	1,00	30	1,75
24	440	0,95	9	15	45	13	8	2,00	1,75	1,50	0,75	40	2,00
25	480	0,40	9	16	50	17	8	2,25	2,00	1,75	2,00	50	2,25
26	520	0,45	10	17	55	16	12	2,50	2,25	2,00	1,75	60	2,50

Окончание табл. 2

№ п/п	n, $\frac{об}{мин}$	δ	Мощность, кВт					Длина участка, м				[τ], МПа	$[\theta^{\circ}]$, $\frac{град}{м}$
			N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	L_1	L_2	L_3	L_4		
27	560	0,50	12	18	60	22	8	2,75	2,50	2,25	1,50	70	2,75
28	600	0,55	12	24	65	16	13	0,75	0,75	0,75	1,25	80	3,00
29	640	0,60	16	22	70	19	13	1,00	1,00	1,00	1,00	90	3,25
30	680	0,65	18	25	75	20	12	1,25	1,25	1,25	0,75	100	3,50
31	120	0,70	16	22	80	28	14	1,50	1,50	1,50	2,00	110	3,75
32	160	0,75	18	26	85	24	17	1,75	1,75	1,75	1,75	120	4,00
33	200	0,80	18	30	90	25	17	2,00	2,00	2,00	1,50	130	0,25
34	240	0,85	19	30	95	25	21	2,25	2,25	2,25	1,25	30	0,50
35	280	0,90	3	5	15	4	3	2,50	2,50	0,75	1,00	40	0,75
36	320	0,95	4	7	20	6	3	2,75	0,75	1,00	0,75	50	1,00
37	360	0,40	4	7	25	8	6	0,75	1,00	1,25	2,00	60	1,25
38	400	0,45	7	8	30	9	6	1,00	1,25	1,50	1,75	70	1,50
39	440	0,50	8	11	35	9	7	1,25	1,50	1,75	1,50	80	1,75
40	480	0,55	8	13	40	10	9	1,50	1,75	2,00	1,25	90	2,00
41	520	0,60	9	15	45	13	8	1,75	2,00	2,25	1,00	100	2,25
42	560	0,65	9	16	50	17	8	2,00	2,25	0,75	0,75	110	2,50
43	600	0,70	10	17	55	16	12	2,25	2,50	1,00	2,00	120	2,75
44	640	0,75	12	18	60	22	8	2,50	0,75	1,25	1,75	130	3,00
45	680	0,80	12	24	65	16	13	2,75	1,00	1,50	1,50	30	3,25
46	120	0,85	16	22	70	19	13	0,75	1,25	1,75	1,25	40	3,50
47	160	0,90	18	25	75	20	12	1,00	1,50	2,00	1,00	50	3,75
48	200	0,95	16	22	80	28	14	1,25	1,75	2,25	0,75	60	4,00
49	240	0,40	18	26	85	24	17	1,50	2,00	0,75	2,00	70	0,25
50	280	0,45	18	30	90	25	17	1,75	2,25	1,00	1,75	80	0,50
51	320	0,50	19	30	95	25	21	2,00	2,50	1,25	1,50	90	0,75
52	360	0,55	3	5	15	4	3	2,25	0,75	1,50	1,25	100	1,00
53	400	0,60	4	7	20	6	3	2,50	1,00	1,75	1,00	110	1,25
54	440	0,65	4	7	25	8	6	2,75	1,25	2,00	0,75	120	1,50
55	480	0,70	7	8	30	9	6	0,75	1,50	2,25	2,00	130	1,75
56	520	0,75	8	11	35	9	7	1,00	1,75	0,75	1,75	30	2,00
57	560	0,80	8	13	40	10	9	1,25	2,00	1,00	1,50	40	2,25
58	600	0,85	9	15	45	13	8	1,50	2,25	1,25	1,25	50	2,50
59	640	0,90	9	16	50	17	8	1,75	2,50	1,50	1,00	60	2,75
60	680	0,95	10	17	55	16	12	2,00	0,75	1,75	0,75	70	3,00
61	120	0,40	13	22	60	16	9	2,00	2,25	1,00	2,25	80	3,25
62	160	0,45	11	21	65	23	10	1,75	2,50	1,25	0,75	90	3,50
63	200	0,50	15	19	70	23	13	1,50	2,75	1,50	1,00	100	3,75
64	240	0,55	14	21	75	25	15	1,25	0,75	1,75	1,25	110	4,00

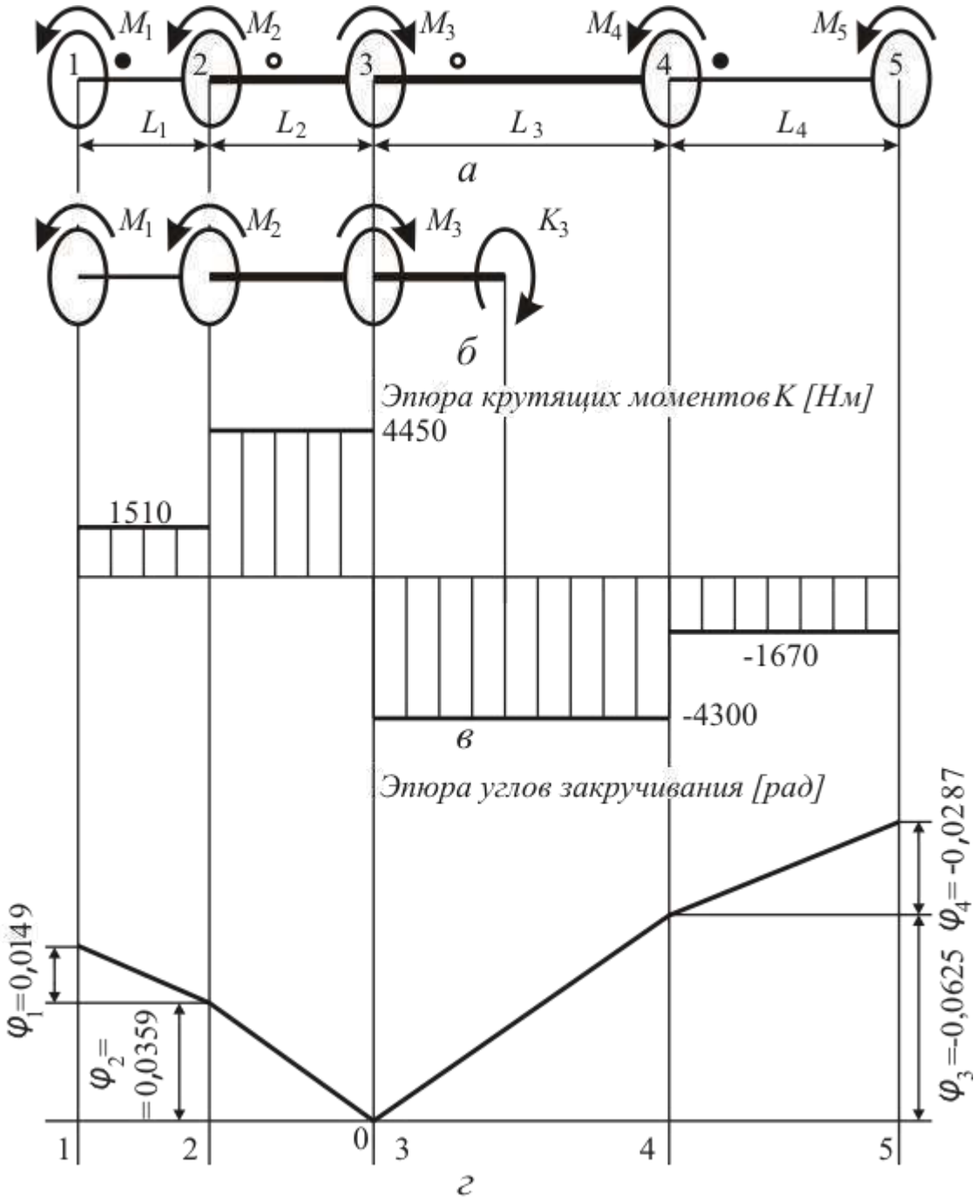


Рис. 3. Расчетная схема вала, эпюры момента и углов закручивания

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 2

Стальной вал, несущий 5 шкивов (см.рис. 3, *а*), вращается со скоростью $n = 360$ об/мин. Шкивы пронумерованы слева направо. Участку вала между шкивами присвоен номер левого шкива. Участки 1 и 4 имеют одинаковое круглое сечение, участки 2 и 3 — кольцевое. Отношение внутреннего диаметра кольца к наружному равно $\delta = 0{,}65$. На шкив 3 подана мощность $N_3 = 110$ кВт. Шкивы 1, 2, 4, 5 отбирают мощности [кВт]: $N_1 = 19$, $N_2 = 37$, $N_4 = 33$, $N_5 = 21$. Выбрать диаметры участков вала из условий прочности и жёсткости, если допускаемые касательные напряжения $[\tau] = 70$ МПа, а допускаемый

относительный угол закручивания $[\theta^{\circ}] = 1{,}75$ град/м. Построить эпюру углов закручивания вала. Длины участков [м]: $L_1 = 1{,}00$; $L_2 = 1{,}25$; $L_3 = 2{,}25$; $L_4 = 1{,}75$. Модуль сдвига стали $G = 80000$ МПа.

РЕШЕНИЕ

1. Мощности переводим в ватты [Вт]: $N_1 = 1{,}9 \cdot 10^4$; $N_2 = 3{,}7 \cdot 10^4$; $N_3 = 1{,}1 \cdot 10^5$; $N_4 = 3{,}3 \cdot 10^4$; $N_5 = 2{,}1 \cdot 10^4$.

2. Модуль сдвига G и допускаемые касательные напряжения $[\tau]$ переводим в паскали [Па]: $G = 8 \cdot 10^{10}$; $[\tau] = 7 \cdot 10^7$.

3. Допускаемый относительный угол закручивания $[\theta^{\circ}]$ задаём в [рад/м]

$$[\theta] = \pi/180\ [\theta^{\circ}] = 3{,}14/180 \cdot 1{,}75 = 0{,}0305.$$

4. Угловая скорость вала:

$$\omega = 2\pi n/60 = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 360/60 = 12{,}6 \text{ [рад/с]}.$$

5.Моменты [Н · м], приложенные к шкивам, находим по формуле

$$M_i = N_i/\omega,\ (i = 1,2,\ldots,5).$$

Получаем: $M_1 = 1510$, $M_2 = 2940$, $M_3 = -8750$, $M_4 = 2630$, $M_5 = 1670$.

6.Строим эпюру крутящих моментов методом сечений. Разрезаем вал на участке i, выбираем левый кусок и прикладываем в разрезанном сечении крутящий момент K_i, вращающий вал по ходу стрелок часов. Величину K_i находим из условия равенства нулю алгебраической суммы момента K_i и моментов M_i, приложенных к шкивам, находящимся на левом куске вала.

Пусть $i = 3$. На левый кусок действуют момент K_3 и моменты $M_1 - M_3$, приложенные к шкивам 1 – 3 (рис. 3, *б*). Из уравнения равновесия куска

$$K_3 + M_3 - M_2 - M_1 = 0$$

получаем

$$K_3 = -M_3 + M_2 + M_1 = -8750 + 2940 + 1510 = -4300..\text{Н} \cdot \text{м}].$$

Найденное значение крутящего момента откладываем на эпюре крутящих моментов K. Для этого отмечаем на оси абсцисс координату сечения и из отмеченной точки откладываем вниз перпендикулярно оси (в выбранном масштабе) значение $K_3 = -4300$. Участок 3 разрезан произвольно, поэтому полученный результат справедлив для любого выбранного на участке 3 сечения. Между вертикалями 3 и 4 через построенную точку K_3 проводим прямую, параллельную оси вала (рис. 3, *в*).

7. Расчётный момент для подбора диаметра круглого вала из условия прочности..$M_к = \max\{K_1, |K_4|\} = \max\{1510, |-1670|\} = 1670$..[Н· м].

Расчётный момент для подбора диаметра кольцевого вала из условия прочности..$M_m = \max\{K_2, |K_3|\} = \max\{4450, |-4300|\} = 4450$ [Н· м].

8. Диаметр круглого вала из условия прочности

$$D_{к\tau} = \sqrt[3]{16\,M_к/(\pi\,[\tau])} = (16\cdot 1670/(3{,}14\cdot 7\cdot 10^7))^{1/3} = 0{,}0576\,[\text{м}].$$

9.Диаметр круглого вала из условия жёсткости

$$D_{к\theta} = \sqrt[4]{32\,M_к/(\pi\,G\,[\theta])} = \sqrt[4]{32\cdot/(3{,}14\cdot 8\cdot 10^{10}\cdot 0{,}0305} = 0{,}0575[\text{м}].$$

Выбираем большее из чисел $D_{к\tau}$ и $D_{к\theta}$, переводим в миллиметры и округляем в большую сторону до стандартного (кратного 5 мм) значения. $D_{к\tau}\cdot 10^3 = 0{,}0576\cdot 10^3 < 60$ мм. Диаметр участков 1 и 4 выбираем равным $D_к = 60{,}0\,[\text{мм}] = 0{,}06\,[\text{м}]$.

10. Ищем полярный момент инерции круглого вала

$$J_{рк} = \pi\,D_к^4/32 = 3{,}14\cdot 0{,}06^4/32 = 1{,}27\cdot 10^{-6}[\text{м}^4].$$

11. Вычисляем углы закручивания [рад] участков 1 и 4 по формуле

$$\varphi_i = M_i\cdot L_i/(G\cdot J_{рк}),\quad (i = 1{,}4).$$

Получаем:

$$\varphi_1 = M_i\cdot L_i/(G\cdot J_{рк}) = 1510\cdot 1{,}00/(8\cdot 10^{10}\cdot 1{,}27\cdot 10^{-6}) = 0{,}0149,$$
$$\varphi_4 = M_1\cdot L_1/(G\cdot J_{рк}) = -1670\cdot 1{,}75/(8\cdot 10^{10}\cdot 1{,}27\cdot 10^{-6}) = -0{,}0287.$$

12. Диаметр вала кольцевого сечения из условия прочности

$$D_{m\tau} = \sqrt[3]{16\,M_m/\left(\pi\,[\tau]\left(1-\delta^4\right)\right)} =$$
$$= \left(16\cdot 4450/\left(3{,}14\cdot 7\cdot 10^7\cdot(1-0{,}65^4)\right)\right)^{1/3} = 0{,}0687\,[\text{м}].$$

13. Диаметр вала кольцевого сечения из условия жёсткости:

$$D_{m\theta} = \sqrt[4]{32\,M_m/\left(\pi\,G[\theta]\left(1-\delta^4\right)\right)} =$$
$$= \sqrt[4]{32\cdot 4450/\left(3{,}14\cdot 8\cdot 10^{10}\cdot 0{,}0305\cdot(1-0{,}65^4)\right)} = 0{,}0689\ [\text{м}].$$

14. Большее из значений $D_{m\tau}$ и $D_{m\theta}$ переводим в миллиметры и округляем в большую сторону до стандартного (кратного 5 мм) значения. $D_{m\theta}\cdot 1000 = 0{,}0689\cdot 1000 = 68{,}9 < 70$ мм. Наружный диаметр вала кольцевого сечения назначаем равным $D_m = 70{,}0\,[\text{мм}] = 0{,}07\,[\text{м}]$.

15. Внутренний диаметр кольцевого сечения вала

$$d_m = \delta\,D_m = 0{,}65\cdot 0{,}07 = 0{,}0455\,[\text{мм}].$$

16. Ищем полярный момент инерции кольцевого сечения

$$J_{pm} = \pi\,D_m^4\,(1-\delta^4)/32 = 3{,}14\cdot 0{,}07^4\cdot(1-0{,}65^4)/32 = 1{,}94\cdot 10^{-6}\,[\text{м}^4].$$

17. Вычисляем углы закручивания [рад] участков 2 и 3:

$$\varphi_2 = M_2 \cdot L_2/(G \cdot J_{p\,кр}) = 4450 \cdot 1{,}25/(8 \cdot 10^{10} \cdot 1{,}94 \cdot 10^{-6}) = 0{,}0359;$$
$$\varphi_3 = M_3 \cdot L_3/(G \cdot J_{p\,кр}) = -4300 \cdot 2{,}25/(8 \cdot 10^{10} \cdot 1{,}94 \cdot 10^{-6}) = -0{,}0625.$$

18. Строим эпюру углов закручивания вала. Вал равномерно вращается. Ведущий шкив 3 считаем условно неподвижным. Проводим ось вала Z и точку её пересечения с вертикалью 3 отмечаем как 0.

На вертикали 2 откладываем вверх в принятом масштабе величину φ_2. Соединяем прямой линией точки с ординатами 0 и φ_2. На этот угол повернулся шкив 2 относительно ведущего шкива 3. Вместе со шкивом 2 на тот же угол повернулся как целое участок 1 – 2 вала со шкивом 1.

Поворот шкива 1 относительно ведущего шкива 3 складывается из поворота участка вала 1 – 2 как жёсткого целого плюс поворот из-за деформации участка 1 – 2. Проектируем на вертикаль 1 отрезок φ_2 и из его конца откладываем отрезок φ_1. Расстояние $\varphi_1 + \varphi_2$ от оси Z до конца суммарного отрезка, построенного на вертикали 1, пропорционально углу поворота шкива 1 относительно шкива 3. Концы отрезков, построенных на вертикалях 1 и 2, соединяем прямой.

Построение углов поворота дисков 4 и 5 относительно диска 3 подобно приведённому. На вертикали 4 откладываем вниз отрезок φ_3 – пропорциональный углу закручивания участка 3 – 4 вала. Конец этого отрезка соединяем прямой с нулём вертикали 3. Проектируем отрезок φ_3 на вертикаль 5 и из конца проекции откладываем вниз отрезок φ_4, пропорциональный углу закручивания участка 4 – 5 вала. Отрезок $\varphi_3 + \varphi_4$ представляет угол поворота шкива 5 относительно ведущего шкива 3. Концы отрезков на вертикалях 4 и 5 соединяем прямой. Эпюра углов закручивания вала дана на рис. 3, *г*.

Задача № 3. Расчёт балки на прочность при изгибе

Двутавровая балка закреплена на двух опорах: подвижной в осевом направлении – правой и неподвижной – левой (рис. 4.1 – 4.4). Балка нагружена сосредоточенной нагрузкой P, изгибающим моментом M и равномерно распределенной нагрузкой q. Балка работает на изгиб. Построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и по заданным допускаемым напряжениям [σ] подобрать стандартный двутавр и брус прямоугольного сечения с соотношением сторон 1:2 (высота в 2 раза больше ширины). Сравнить массы 1 м двутавра и прямоугольного бруса.

Таблица 3

Исходные данные к задаче № 3

Номер схемы	Нагрузка			Длина участка, м				[σ], МПа
	P, кН	M, кН · м	q, кН/м	L_0	L_1	L_2	L_3	
1	75,0	125	20	0	2,0	1,4	1,3	200
2	65,0	215	60	0	3,1	2,2	1,5	240
3	60,0	130	40	0	2,4	3,0	2,3	280
4	80,0	220	24	0	2,6	2,9	1,7	320
5	90,0	135	56	0	2,8	1,8	2,5	360
6	95,0	225	38	0	2,9	2,6	2,7	400
7	95,0	140	28	0	2,7	2,0	2,6	440
8	85,0	220	52	0	2,5	2,8	2,1	480
9	90,0	145	36	0	2,6	2,4	2,9	520
10	35,0	215	32	0	2,7	2,3	2,3	560
11	82,0	150	48	0	2,2	2,4	3,1	600
12	38,0	210	34	0	2,5	3,2	2,1	640
13	96,0	155	36	0	3,3	2,6	2,0	680
14	36,0	205	44	0	2,4	1,4	2,7	200
15	70,0	160	32	0	2,5	1,8	1,5	240
16	46,0	200	40	0	2,6	1,7	2,9	280
17	68,0	165	40	0	2,6	3,0	1,7	320
18	67,0	195	30	0	3,1	1,8	1,5	360
19	38,0	170	44	0	2,9	3,2	1,4	400
20	43,0	215	56	0	2,9	2,8	3,0	240
21	76,0	175	28	0	2,2	3,3	2,1	480
22	32,0	185	48	0	2,2	3,2	1,5	520
23	39,0	180	32	0	2,3	1,6	2,3	560
24	91,0	225	26	0	2,7	2,4	3,0	600
25	68,0	125	52	0	2,5	2,6	2,5	640
26	66,0	220	26	0	2,6	2,7	3,2	680
27	45,0	130	24	0	2,5	2,4	1,5	200
28	43,0	215	56	0	2,9	2,8	3,0	240
29	52,0	135	22	0	2,3	2,4	1,7	280
30	69,0	210	22	0	2,7	2,0	3,0	320
31	86,0	140	60	0	3,1	1,6	2,9	360

Окончание табл. 3

Номер схемы	Нагрузка			Длина участка, м				[σ], МПа
	P, кН	M, кН · м	q, кН/м	L_0	L_1	L_2	L_3	
32	99,0	205	18	1,6	3,5	2,1	2,6	400
33	30,0	145	20	1,8	2,9	2,7	2,1	440
34	90,0	200	58	2,0	2,3	2,1	2,4	480
35	36,0	150	60	2,2	2,5	1,6	2,3	520
36	94,0	195	40	2,4	2,8	2,5	2,5	560
37	99,0	155	54	2,6	2,7	2,4	1,8	600
38	65,0	190	55	2,8	3,0	1,7	2,3	640
39	87,0	160	42	3,0	2,6	1,6	2,6	680
40	58,0	185	50	3,0	2,8	2,1	2,3	200
41	72,0	165	50	2,8	2,5	2,4	2,5	240
42	24,0	180	44	2,6	1,9	2,4	2,3	280
43	70,0	170	46	2,4	2,0	3,1	2,7	320
44	46,0	175	45	2,2	2,4	2,1	2,0	360
45	45,0	175	46	2,0	3,2	2,2	2,2	400
46	87,0	165	42	1,8	3,0	1,4	1,8	440
47	37,0	180	40	1,6	2,2	1,7	3,2	480
48	89,0	160	48	1,6	2,2	2,4	1,9	520
49	35,0	185	38	1,8	2,7	2,3	2,9	560
50	71,0	155	35	2,0	2,5	2,6	1,3	600
51	90,0	190	50	2,2	2,4	2,7	1,9	640
52	86,0	150	34	2,4	2,8	2,0	2,7	680
53	52,0	195	30	2,6	2,9	2,7	2,3	200
54	83,0	145	52	2,8	2,8	1,8	2,6	240
55	72,0	200	30	3,0	2,0	2,9	3,0	280
56	82,0	140	25	3,0	2,9	3,2	3,5	320
57	98,0	205	54	2,8	2,8	3,3	3,6	360
58	47,0	135	26	2,6	2,4	1,4	2,7	400
59	82,0	210	22	2,4	2,3	3,3	1,9	440
60	65,0	130	30	3,2	2,5	1,7	2,3	480
61	46,0	175	26	2,6	2,4	1,9	2,1	520
62	69,0	140	45	2,0	2,4	2,2	1,4	560
63	34,0	200	38	2,2	2,8	2,6	1,8	600
64	68	215	32	1,8	3,0	2,4	1,8	640

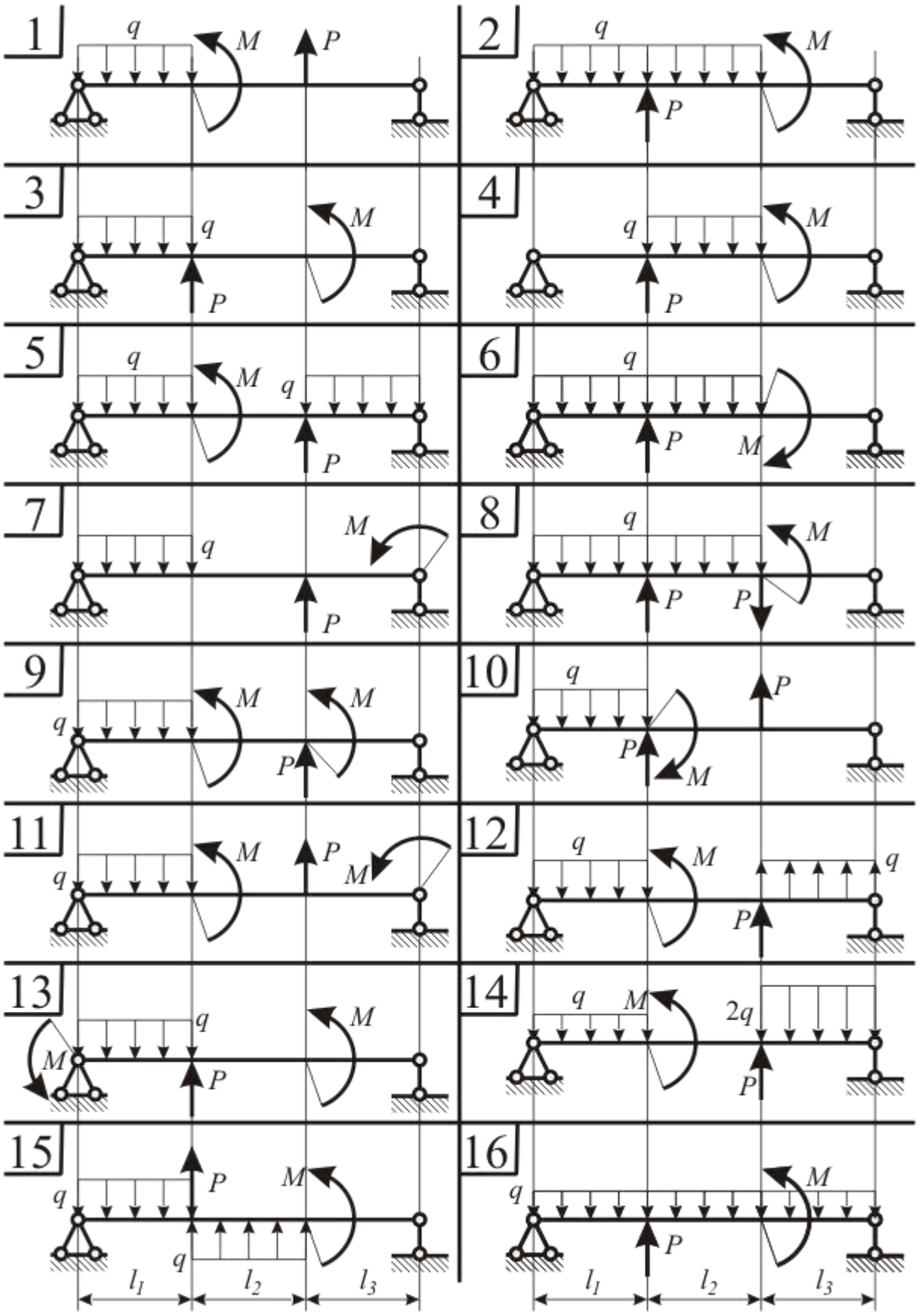


Рис. 4.1. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 1 - 16

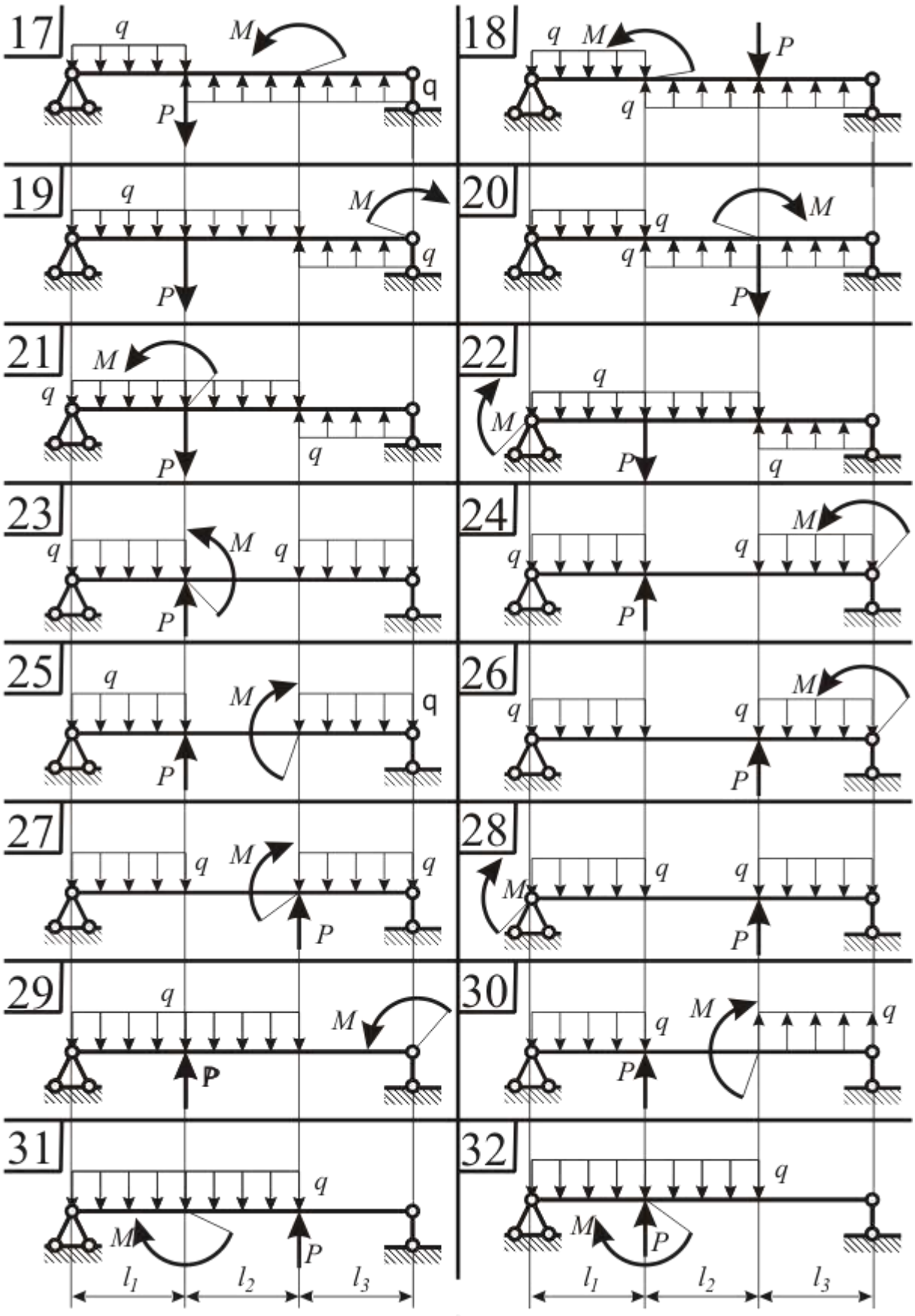


Рис. 4.2. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 17 - 32

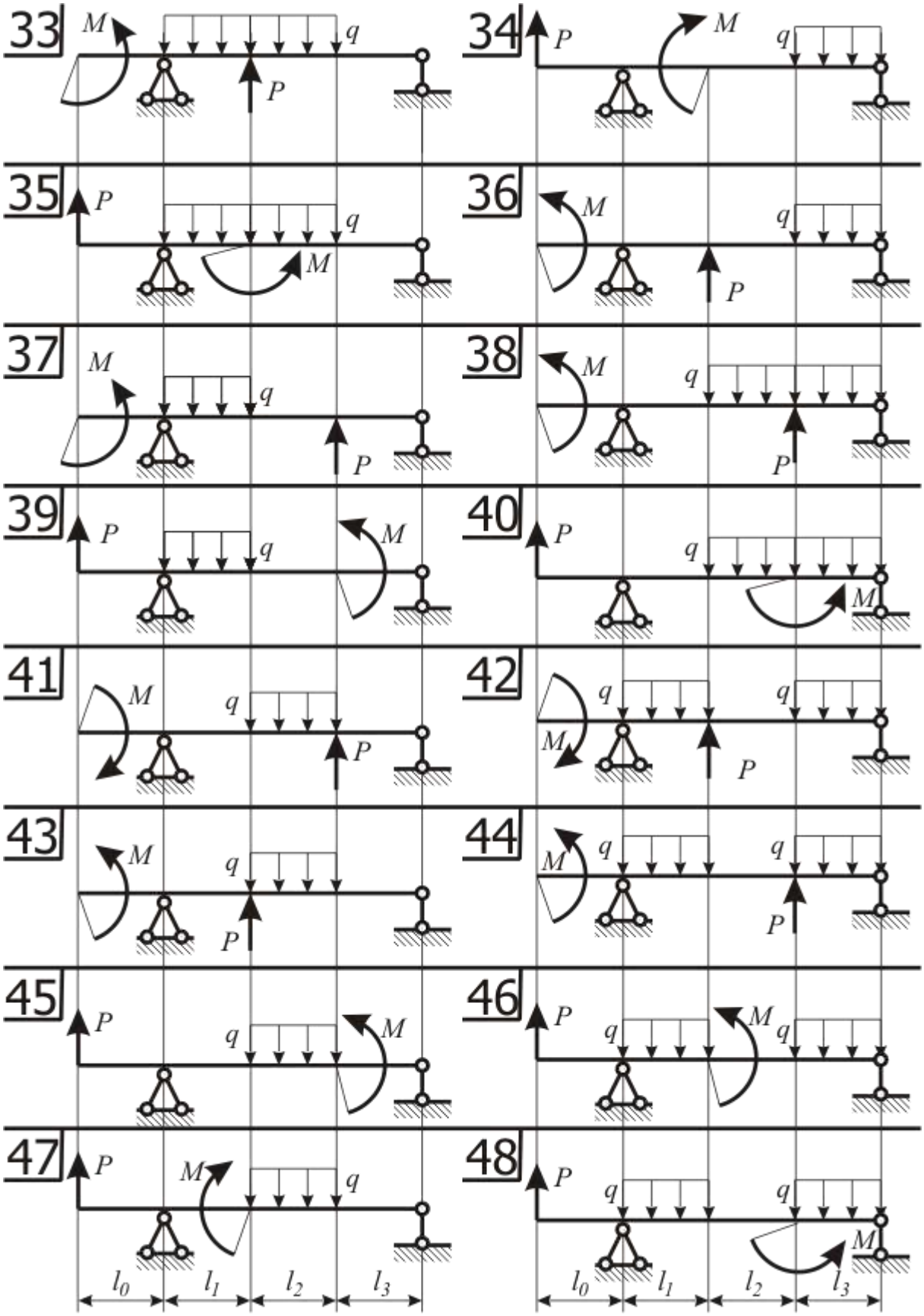


Рис. 4.3. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 33 - 48

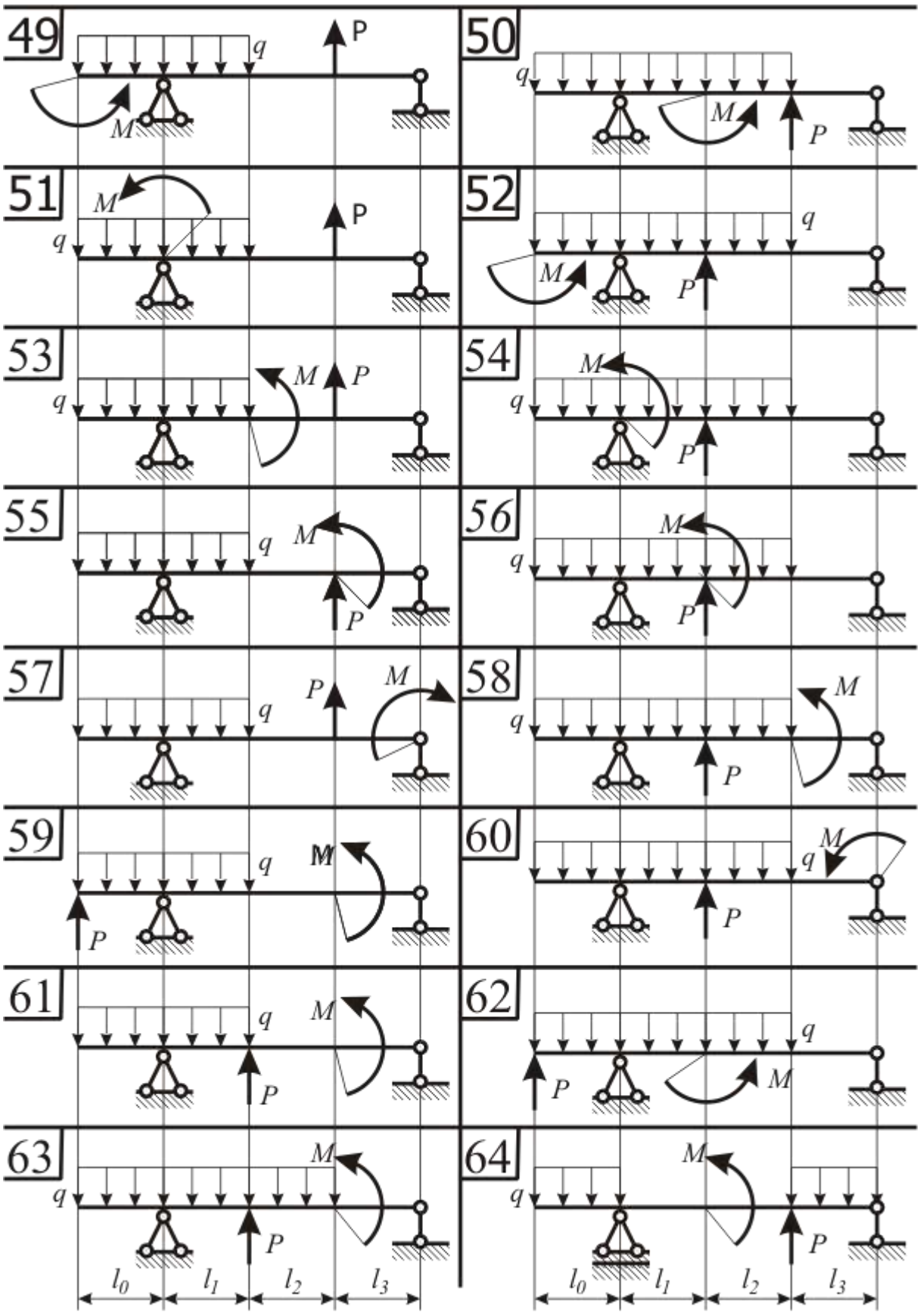


Рис. 4.4. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 49 - 64

Задача № 4. Расчёт балки на жёсткость

Двутавровая балка закреплена на двух опорах: подвижной в осевом направлении – правой и неподвижной – левой (рис. 4.1 – 4.4). Балка нагружена сосредоточенной силой P, изгибающим моментом M и равномерно распределенной нагрузкой q. Балка работает на изгиб. По результатам расчетов задачи № 3, т. е. известному моменту инерции двутавровой балки, построить её изогнутую ось. Прогибы и углы поворота сечения балки определять в точках приложения сил реакций и внешних сил, моментов и по середине пролета, в котором приложена распределенная нагрузка. Найти максимальный прогиб и сравнить с допускаемым, который принят равным 1/200 длины максимального пролета (длины консоли или расстояния между опорами). Расчет производить методом начальных параметров. Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 3.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ № 3 и 4

Стальная двутавровая балка (рис. 4.5), шарнирно опёртая в крайних сечениях 1 и 5, нагружена: силами $P_1 = 40$ [кН], $P_2 = 40$ [кН], приложенными в сечениях 2, 3; изгибающим моментом $M = 50$ [кН·м], приложенным в сечении 4; нагрузкой интенсивности $q = 20$ [кН/м], равномерно распределённой на участке 1 – 4. Сечения, в которых приложены нагрузки, разбивают балку на 4 участка. Номер участка совпадает с номером левого сечения. Длины участков: $l_1 = 2$ [м], $l_2 = 2{,}5$ [м], $l_3 = 3{,}5$ [м], l_4= 3[м]. Допускаемое напряжение $[\sigma] = 200$ [МПа]. Подобрать из условия прочности двутавр по ГОСТ 8239-89.

Допустимый прогиб $L/200$, где $L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 11$ [м] – длина пролёта. Найти упругую линию балки. Сравнить максимальный прогиб с допускаемым.

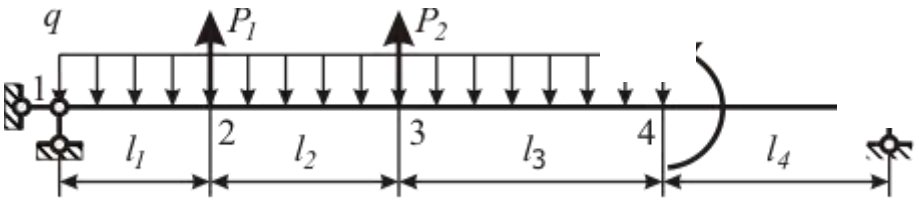


Рис. 4.5. Схема нагружения однопролетной балки

РЕШЕНИЕ

1. Находим опорные реакции из уравнений моментов относительно опор: $\sum mom_1 = 0;\ \ \sum mom_5 = 0.$ Положительное направление реакций определяется правилом знаков (рис. 4.6).

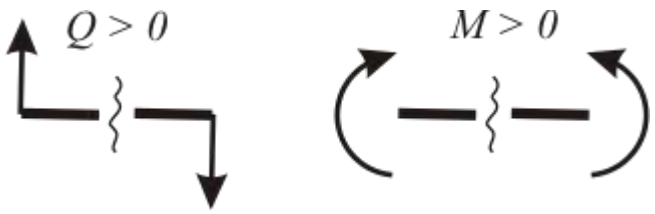


Рис. 4.6. Правило знаков для внутренних силовых факторов

Выбранные направления реакций показаны на рис. 4.7, *б*. Если получено отрицательное значение реакции, то её истинное направление противоположно выбранному.

$$R_5 L - q\,(l_1 + l_2 + l_3)^2/2 + P_1 l_1 + P_2(l_1 + l_2) + M = 0;$$
$$-R_1 L + q\,(l_1 + l_2 + l_3)((l_1 + l_2 + l_3)/2 + l_4) - P_1(l_2 + l_3 + l_4) - $$
$$-P_2(l_3 + l_4) + M = 0.$$

Решая уравнения, получаем:

$$R_5 = 1/L\ (q\ (l_1 + l_2 + l_3)^2/2 - P_1 l_1 - P_2\,(l_1 + l_2) - M) =$$
$$= 1/11\ \ (20\ \ (2 + 2{,}5 + 3{,}5)^2/2) - 40 \cdot 2 - 40\ \ (2 + 2{,}5) - 50)\ =\ 30\ \text{[кН]};$$
$$R_1 = 1/L\ (q\,(l_1 + l_2 + l_3)\,((l_1 + l_2 + l_3)/2 + l_4) -$$
$$-P_1\ (l_2 + l_3 + l_4) - P_2\ (l_3 + l_4) + M) =$$
$$= 1/11\,(20\ \ (2 + 2{,}5 + 3{,}5)\ \ ((2 + 2{,}5 + 3{,}5)/2 + 3) -$$
$$-40\,(2{,}5 + 3{,}5 + 3) - 40\,(3{,}5 + 3) + 50) = 50\ \text{[кН]}.$$

2. Проверка – обязательный этап. Для проверки составляем уравнение моментов относительно любой точки или (что проще, но не всегда гарантирует правильность вычислений) уравнение суммы проекций всех сил на вертикаль. Запишем сумму моментов относительно точки 4:

$$\sum mom_4 = -R_0\ (l_0 + l_1 + l_2) -$$
$$-P_1\ \ (l_1 + l_2) - P_2 l_2 + q\ \ (l_0 + l_1 + l_2)^2/2 + M + R_4 l_3 =$$
$$= -50\,(2 + 2{,}5 + 3{,}5) - 40\,(2{,}5 + 3{,}5) - 40 \cdot 3{,}5 +$$
$$+20\ \ (2 + 2{,}5 + 3{,}5)^2/2 + 50 + 30 \cdot 3 = 0\ .$$

3. Строим эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Границами участков являются точки, в которых приложены силы и моменты, или начинаются участки с распределённой нагрузкой. Если участок разрезать в произвольной точке, полученный результат будет справедлив для любой точки сечения (по граничным точкам разрезать балку нельзя). Внешние нагрузки, приложенные к балке, и опорные реакции образуют уравновешенную систему сил. Разрезав балку, получим два куска, каждый из которых нагружен неуравновешенной системой сил. Мысленное разрезание не может нарушить равновесия кусков. Равновесие обеспечивают внутренние силы и моменты, действующие в разрезах. По третьему закону Ньютона силы, приложенные к полученным кускам, равны по величине и направлены в разные стороны.

Величины находим из условий равновесия любого из кусков. Для этого составляем сумму проекций нагрузок на вертикаль и сумму моментов нагрузок, приложенных к куску, относительно центра масс разреза.

3.1. Участок 4 (рис. 4.7, *в*). Рассматриваем равновесие правого куска. Правило знаков дано на рис. 4.6. Координату сечения отсчитываем от точки 4 (которая является границей разрезанного участка на правом куске). При этом выборе точки отсчёта координата сечения меняется в пределах длины исследуемого участка ($0 \le z_4 \le l_4 = 3$ [м]).

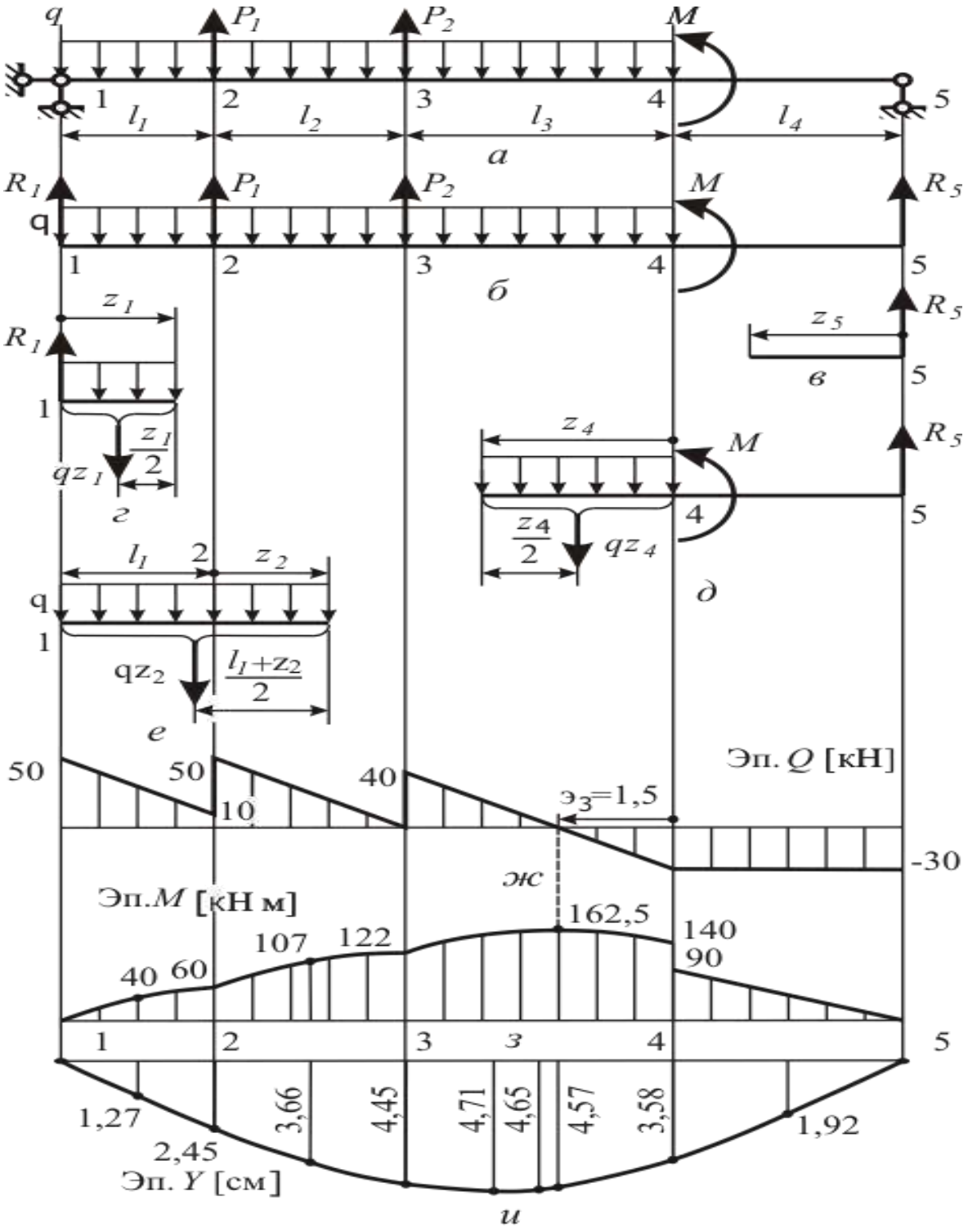


Рис. 4.7. Изгиб балки. Эпюры Q, M, Y

Получаем $Q_4(z_5) = -R_5$. Поперечная сила постоянна вдоль участка 4 (рис. 4.7, *ж*).

Изгибающий момент $M_4(z_5) = R_5\, z_5$. Он является линейной функцией координаты z_5. Вычисляем значения в начале и конце участка 4: $M_4(0) = R_5 \cdot 0 = 0$; $M_4(l_4) = R_5\, l_4 = 30 \cdot 3 = 90$ [кН·м]. Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

3.2. Участок 1 (рис. 4.7, *г*). Рассматриваем равновесие левого куска. Правило знаков дано на рис. 4.6. Расстояние до разреза (координату сечения) отсчитываем от точки 1 ($0 \le z_1 \le l_1 = 2$ [м]). Получаем $Q_1(z_1) = R_1 - q\, z_1$. Поперечная сила меняется по линейному закону вдоль участка 1 (рис. 4.7, *ж*). Находим значения $Q_1(z_1)$ в начале и в конце участка

$$Q_1(0) = R_0 - q \cdot 0 = 50 \text{ [кН]};$$
$$Q_1(l_0) = R_0 - q\ l_0 = 50 - 20 \cdot 2 = 10 \text{ [кН]}.$$

Значение $z_0 = e_1$, при котором поперечная сила равна 0, находим решая уравнение $Q_1(e_1) = R_1 - q\, e_1 = 0$. Получим: $e_1 = R_1/q = 50/2 = 2{,}5$ [м]. Корень лежит вне участка 1. Функция $Q_1(z_1)$ не обращается в нуль на этом участке.

Изгибающий момент на участке 1 равен $M_1(z_1) = R_1 z_1 - q\, z_1^2/2$. Момент $M_1(z_1)$ является квадратичной функцией координаты z_1. Кривые вычерчивают по трём точкам. Вычисляем значения в начале и конце участка:

$$M_1(0) = R_1 0 - q\, 0^2/2 = 0;$$
$$M_1(l_1) = R_1 l_1 - q\, l_1^2/2 = 50 \cdot 2 - 20 \cdot 2^2/2 = 60 \text{ [кН·м]}.$$

В качестве третьей точки берут точку участка 1, в которой поперечная сила обращается в нуль. Если $Q_1 \ne 0$ на участке 1, ищем момент посередине участка: $M_1(l_1/2) = R_1\, l_1/2 - q\, (l_1/2)^2/2 = 50 \cdot 1 - 20 \cdot 1^2/2 = 40$ [кН·м]. Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

3.3. Участок 3 (рис. 4.7, *д*). Разрезаем балку между сечениями 3 и 4. Рассматриваем равновесие правого куска балки. Расстояние до разреза отсчитываем от точки 4 (которая ограничивает участок 3 справа). При этом ($0 \le z_4 \le l_3 = 3{,}5$ [м]).

Поперечная сила $Q_3(z_4)$ изменяется вдоль участка 3 (рис. 4.7, *ж*) по линейному закону $Q_3(z_4) = -R_5 + q\ z_4$. На концах участка 3 получаем: $Q_3(0) = -R_5 + q \cdot 0 = -30$; $Q_3(l_3) = -R_5 + q\ l_3 = -30 + 20 \cdot 3{,}5 = 40$ кН. Поперечная сила Q_3 обращается в нуль в точке $e_3 = R_5/q = 30/20 = 1{,}5$ м.

Изгибающий момент на участке 3 равен

$$M_3(z_4) = M + R_5(z_4 + l_4) - q\, z_4^2/2.$$

Находим значения изгибающего момента на концах участка и в точке e_3:

$$M_3(0) = M + R_4(0 + l_4) - q\ \cdot 0^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ (0 + 3) - 20 \cdot 0^2/2 = 140 \text{ [кН·м]};$$
$$M_3(l_3) = M + R_4(l_3 + l_4) - q\, l_3^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ \ (3{,}5 + 3) - 20 \cdot 3{,}5^2/2 = 122 \text{ [кН·м]};$$

$$M_3(e_3) = M + R_4(e_3 + l_4) - q\ (e_3)^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ (1{,}5 + 3) - 20 \cdot 1{,}5^2/2 = 162{,}5\ [\text{кН}\cdot\text{м}].$$

Момент в середине участка 3 практически не отличается от экстремального:

$$M_3(l_3/2) = M + R_4(l_3/2 + l_4) - q\ \ (l_3/2)^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ \ (1{,}75 + 3) - 20 \cdot 1{,}75^2/2 = 161{,}9\ [\text{кН} \cdot \text{м}].$$

Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

3.4. Участок 2 (рис. 4.7, *е*). Режем балку в любой точке, лежащей между точками 2 и 3. Рассматриваем равновесие левого куска. Расстояние до разреза (координату z_2) отсчитываем от точки 2 (границы участка на левом куске). При этом $0 \le z_2 \le l_2 = 2{,}5$ [м].

Поперечная сила $Q_2(z_2)$ меняется вдоль участка 2 (см. рис. 3.8, *ж*) по закону $Q_2(z_2) = R_1 + P_1 - q\ (l_1 + z_2)$.

Её значения на концах участка равны

$$Q_2(0) = R_1 + P_1 - q\ (l_1 + 0) = 50 + 40 - 20 \cdot 2 = 50[\text{кН}];$$
$$Q_2(l_2) = R_1 + P_1 - q\ (l_1 + l_2) = 50 + 40 - 20 \cdot (2 + 2{,}5) = 0[\text{кН}].$$

Поперечная сила $Q_2(z_2)$ обращается в нуль на правой границе участка 2:

$$e_2 = l_2 = 2{,}5\ [\text{м}].$$

Изгибающий момент $M_2(z_2)$ в точке z_2 участка 2 находим по формуле

$$M_2(z_2) = R_1 \cdot (z_2 + l_1) + P_1 \cdot z_2 - q\ (z_2 + l_1)^2/2.$$

Вычисляем значения момента на концах участка 2:

$$M_2(l_2) = R_1\ (l_1 + l_2) + P_1\ l_2 - q\ (l_1 + l_2)^2 = 50\ \ (2\ +\ 2{,}5) + 40\ \ 2{,}5 -$$
$$-20\ \ (2 + 2{,}5)^2/2 = 122$$

[кН ·м].

$$M_2(0) = R_1\ \ (0 + l_1) + P \cdot 0 - q\ \ (0 + l_1)^2/2 =$$
$$= 50\ \ (0 + 2) + 40 \cdot 0 - 20\ \ (0 + 2)^2/2 = 60\ [\text{кН} \cdot \text{м}];$$
$$M_2(l_2) = R_1\ \ (l_1 + l_2) + P_1 \cdot l_2 - q\ \ (l_1 + l_2)^2 =$$
$$= 50 \cdot (2 + 2{,}5) + 40 \cdot 2{,}5 - 20 \cdot (2 + 2{,}5)^2/2 = 122\ [\text{кН} \cdot \text{м}].$$

Точка экстремума $e_2 = 2{,}5$ [м] совпадает с правой границей участка 2. Момент в ней уже найден, поэтому в качестве третьей точки при построении эпюры $M_2(z_2)$ берём середину участка $z_2 = l_2/2 = 2{,}5/2 = 1{,}25$ [м].

Получаем

$$M_2(l_2/2) = R_1\ \ (l_2/2 + l_1) + P_1\ l_2/2 - q\ \ (l_2/2 + l_1)^2/2 =$$
$$= 50\ \ (1{,}25 + 2) + 40 \cdot 1{,}25 - 20\ \ (1{,}25 + 2)^2/2 = 107\ [\text{кН} \cdot \text{м}].$$

Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

4. Выбор двутавра из условия прочности $\sigma_m = M_m/W \le [\sigma]$. Здесь: $M_m = 162{,}5$ [кН ·м] $= 1{,}625 \cdot 10^5$ [Н ·м] – наибольший по модулю изгибающий момент в балке (найденный в п. 3);

$[\sigma] = 200$ [МПа] $= 2 \cdot 10^8$ [Н/м^2] – допускаемые напряжения.

Требуемый по условию прочности момент сопротивления изгибу $W = M_m/[\sigma] = 1{,}625 \cdot 10^5/2 \cdot 10^8 = 8{,}12 \cdot 10^{-4}$[м^3]$= 8{,}12 \cdot 10^2$[см^3].

По ГОСТ 8239-89 находим двутавр с ближайшим большим моментом

сопротивления изгибу: двутавр № 40, $W_x = 953{,}0$ [см^3]. Его момент инерции $J_x = 19062$ [см^4].

5. Находим максимальные напряжения изгиба $\sigma_{max} = M_{max}/W_x = 1{,}625 \cdot 10^5/9{,}53 \cdot 10^{-4} = 1{,}71 \cdot 10^8$ [Н/м^2] $= 171$ [МПа]. Определяем коэффициент запаса прочности по допускаемым напряжениям

$$k_{[\sigma]} = [\sigma]/\sigma_{max} = 2 \cdot 10^8/1{,}71 \cdot 10^8 = 1{,}17.$$

6. Уравнение упругой линии балки $y(z)$:

$$Y(z) = \theta_0 \cdot z + R_1 \cdot z^3/(6 \cdot E \cdot J_x) - \\ - q \cdot z^4/(24 \cdot E \cdot J_x) + P_1(z - l_1)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1) + \\ + P_2 \cdot (z - l_1 - l_2)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1 - l_2) - \\ - M(z - l_1 - l_2 - l_3)^2/(2 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1 - l_2 - l_3) + \\ + q(z - l_1 - l_2 - l_3)^4/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1 - l_2 - l_3),$$

где θ_0 – неизвестный угол поворота балки на левой опоре; $H(z)$ – функция Хевисайда. $H(z) = \begin{cases} 0, & при\ z < 0 \\ 1, & при\ z \geq 0 \end{cases}$. Её график приведён на рис. 4.8.

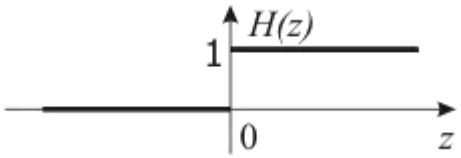


Рис. 4.8. Функция Хевисайда

Начало координат взято на левой опоре.

7. Угол θ_0 поворота на левой опоре находим из условия отсутствия прогиба на правой опоре:

$$Y(L) = \theta_0 \cdot L + R_1 \cdot L^3/(6 \cdot E \cdot J_x) - \\ - q \cdot L^4/(24 \cdot E \cdot J_x) + P_1(L - l_1)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1) + \\ + P_2(L - l_1 - l_2)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1 - l_2) - \\ - M(L - l_1 - l_2 - l_3)^2/(2 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1 - l_2 - l_3) + \\ + q(L - l_1 - l_2 - l_3)^4/(24 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1 - l_2 - l_3) = 0.$$

Решаем линейное уравнение относительно неизвестного угла θ_0:

$$\theta_0 = (-R_1 L^3/(6EJ_x) + qL^4/(24EJ_x) - P_1(L - l_1)^3/(6EJ_x) - \\ - P_2(L - l_1 - l_2)^3/(6EJ_x) + M(L - l_1 - l_2 - l_3)^2/(2EJ_x) - \\ - q(L - l_1 - l_2 - l_3)^4/(24EJ_x))/L = \\ = (-50 \cdot 10^3 \cdot 11^3/(6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) + \\ + 20 \cdot 10^3 \cdot 11^4/(24 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) - \\ - 40 \cdot 10^3(11 - 2)^3/(6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) - \\ - 40 \cdot 10^3(11 - 2 - 2{,}5)^3/(6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) + \\ + 50 \cdot 10^3(11 - 2 - 2{,}5 - 3{,}5)^3/(2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) - \\ - 20 \cdot 10^3(11 - 2 - 2{,}5 - 3{,}5)^4/(24 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}))/11 = \\ = -0{,}0129 \text{ [рад]}.$$

8. Находим упругую линию. Вычисляем жёсткость при изгибе

$$EJ_x = 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4} = 3{,}81 \cdot 10^7 \quad [\text{Н·м}^2].$$

Чтобы найти прогиб в середине участка 3, подставим в уравнение упругой линии координату этой середины

$$z = l_1 + l_2 + l_3/2 = 2 + 2{,}5 + 3{,}5/2 = 6{,}25 \text{ [м]}.$$

Получаем

$$Y(6{,}25) = -0{,}0129 \cdot 6{,}25 + 50 \cdot 10^3 \cdot 6{,}25^3/(6 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) - \\ -20 \cdot 10^3 \cdot 6{,}25^4/(24 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) + \\ +40 \cdot 10^3(6{,}25-2)^3/(6 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) \cdot H(6{,}25-2) + \\ +40 \cdot 10^3(6{,}25-2-2{,}5)^3/(6 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) \cdot H(6{,}25-2-2{,}5) = \\ = 0{,}0465 \text{ [м]}.$$

В двух последних членах уравнения упругой линии аргументы функции $H(z)$ отрицательны и $H(z) = 0$. Подобные вычисления проведены для границ и середин всех участков. Упругая линия построена на рис. 4.7, *и*. Величина максимального прогиба 4,71 [см] и не превышает допустимый прогиб, равный $L|200 = 1100/200 = 5{,}5$ [см]. Следовательно, жесткость данной балки достаточна.

Задача № 5. Геометрические характеристики плоского симметричного сечения

Для симметричного сечения, составленного из прокатных профилей, найти площадь, осевые моменты инерции, моменты сопротивления изгибу и радиусы инерции сечения относительно главных центральных осей. Схемы сечений приведены на рис. 5.1, номера прокатных профилей и размеры поперечных сечений указаны в табл. 5.1.

Совместная работа прокатных профилей в составных сечениях, данных на схемах I, II, III и IX рис. 5.1, обеспечена соединительными планками, показанными пунктиром.

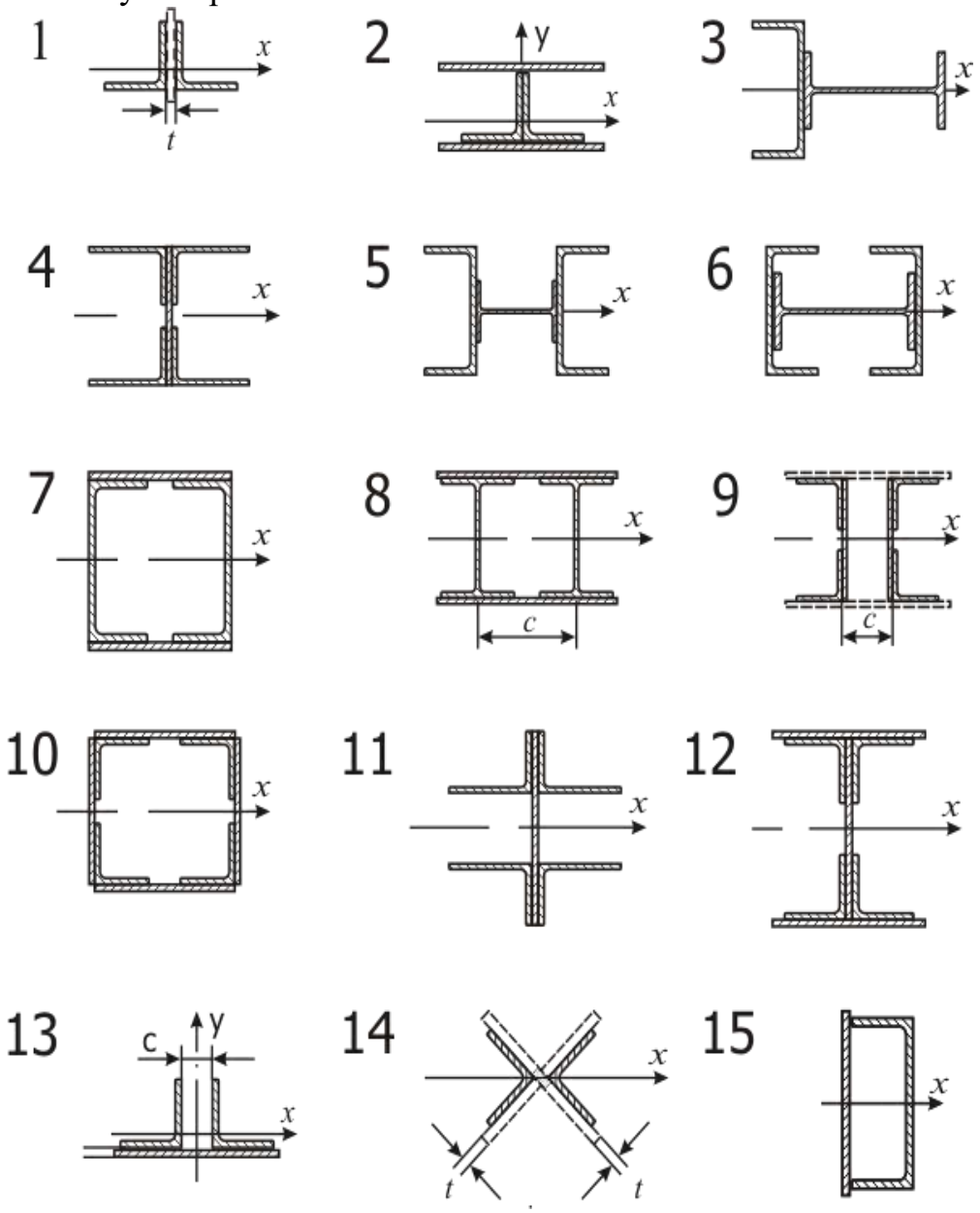


Рис. 5.1. Схемы поперечных сечений 1 – 15

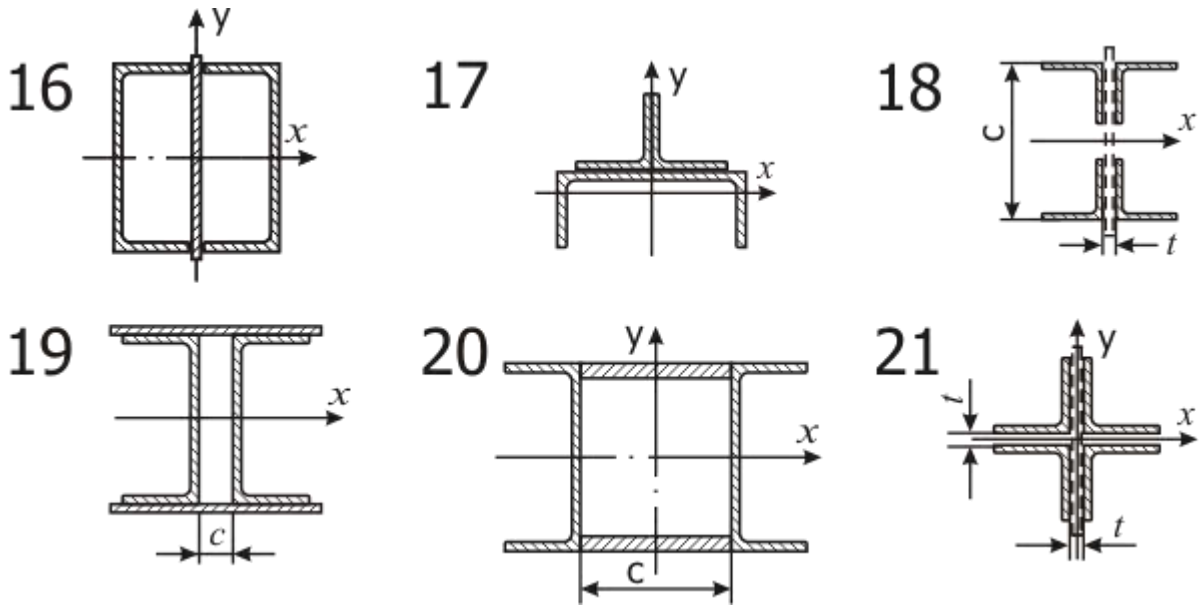


Рис. 5.2. Схемы поперечных сечений 16– 21

Исходные данные к задаче 5 Табл. 5.1

Схема 1			
Задание номер	1	22	43
Состав сечения	2 уголка 100x100x10 $t = 10$	2 уголка 80x80x8 $t = 8$	2 уголка 180x180x12 $t = 12$
Схема 1			
Задание номер	64	–	–
Состав сечения	2 уголка 125x125x10 Планка $t = 10$	–	–
Схема 2			
Задание номер	2	23	44
Состав сечения	2 уголка 100x100x10 2 листа 250x10	2 уголка 125x125x9 2 листа 200x8	2 уголка 180x180x12 2 листа 300x12
Схема 3			
Задание номер	3	24	45
Состав сечения	Швеллер № 18 Двутавр № 20	Швеллер № 14 Двутавр № 16	Швеллер № 24 Двутавр № 27
Схема 4			
Задание номер	4	25	46
Состав сечения	4 уголка 140x90x10 Лист 240x12	4 уголка 110x70x8 Лист 200x10	4 уголка 200x125x14 Лист 240x12
Схема 5			
Задание номер	5	26	47
Состав сечения	2 швеллера № 36 Двутавр № 16	2 швеллера № 30 Двутавр № 14	2 швеллера № 24 Двутавр № 12

Схема 6			
Задание номер	6	27	48
Состав сечения	2 швеллера № 33 Двутавр № 16	2 швеллера № 27 Двутавр № 14	2 швеллера № 22 Двутавр № 12

Продолжение табл. 5.1

Схема 6			
Задание номер	6	27	48
Состав сечения	2 швеллера № 33 Двутавр № 16	2 швеллера № 27 Двутавр № 14	2 швеллера № 22 Двутавр № 12
Схема 7			
Задание номер	7	28	49
Состав сечения	2 швеллера № 36 2 листа 300х12	2 швеллера № 30 2 листа 250х10	2 швеллера № 24 2 листа 200х8
Схема 8			
Задание номер	8	29	50
Состав сечения	2 двутавра № 36 2 листа 300х12 $c = 180$	2 двутавра № 30 2 листа 250х10 $c = 150$	2 двутавра № 24 2 листа 200х8 $c = 120$
Схема 9			
Задание номер	9	30	51
Состав сечения	4 уголка 50х50х5 2 листа 200х6 $c = 130$	4 уголка 90х90х8 2 листа 350х10 $c = 160$	4 уголка 125х125х10 2 листа 450х12 $c = 180$
Схема 10			
Задание номер	10	31	52
Состав сечения	4 уголка 70х70х6 4 листа 200х6	4 уголка 100х100х10 4 листа 250х10	4 уголка 125х125х12 4 листа 300х6
Схема 11			
Задание номер	11	32	53
Состав сечения	4 уголка 75х50х5 Лист 200х5	4 уголка 100х63х8 Лист 250х10	4 уголка 160х100х12 Лист 300х12
Схема 12			
Задание номер	12	33	54
Состав сечения	4 уголка 80х80х7 2 полки 250х10 Стенка 600х8	4 уголка 100х100х8 2 полки 300х12 Стенка 900х8	4 уголка 100х100х8 2 полки 350х12 Стенка 1200х10
Схема 13			
Задание номер	13	34	55
Состав сечения	2 уголка 80х80х7 Лист 220х8 $c = 40$	2 уголка 75х75х7 Лист 175х8 $c = 40$	2 уголка 125х125х10 Лист 320х12 $c = 50$
Схема 14			
Задание номер	14	35	56

Состав сечения	2 уголка 180х180х12 Планка $t = 10$	2 уголка 125х125х9 Планка $t = 10$	2 уголка 100х100х8 Планка $t = 10$
Схема 15			
Задание номер	15	36	57
Состав сечения	Швеллер № 14 Лист 150х5	Швеллер № 20 Лист 210х7	Швеллер № 33 Лист 340х8

Продолжение табл. 5.1

Схема 16			
Задание номер	16	37	58
Состав сечения	2 швеллера № 16 Лист 170х5	2 швеллера № 20 Лист 210х6	2 швеллера № 27 Лист 280х6
Схема 17			
Задание номер	17	38	59
Состав сечения	Швеллер № 12 2 уголка № 6,5	Швеллер № 18 2 уголка № 8	Швеллер № 27 2 уголка № 12,5
Схема 18			
Задание номер	18	39	60
Состав сечения	4 уголка 80х80х7 c =320; $t = 8$	4 уголка 110х110х8 c =650; $t = 10$	4 уголка 140х140х12 $c = 950$; $t = 12$
Схема 19			
Задание номер	19	40	61
Состав сечения	2 швеллера № 16 2 листа 80х8; $c = 80$	2 швеллера № 24 2 листа 120х10; $c = 120$	2 швеллера № 36 2 листа 160х10; $c = 160$
Схема 20			
Задание номер	20	41	62
Состав сечения	2 швеллера № 16 2 листа 80х8; $c = 80$	2 швеллера № 24 2 листа 120х10; $c = 120$	2 швеллера № 36 2 листа 160х10; $c = 160$
Схема 21			
Задание номер	21	42	63
Состав сечения	4 уголка 160х160х14 $t = 12$	4 уголка 63х63х5 $t = 6$	4 уголка 110х110х8 $t = 10$

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 5

Найти главные оси сечения, составленного из уголков стальных горячекатанных равнополочных 75 х 75 х 8 ГОСТ 8509 – 93 и двух уголков стальных горячекатанных неравнополочных 100 х 63 х 8 ГОСТ 8510 – 86

(рис. 5.2). Высота сечения $h = 300 = 30{,}0$ см. Толщина соединительной планки $\delta = 8 = 0{,}8$см. Вычислить относительно этих осей главные моменты инерции, моменты сопротивления и радиусы инерции.

Для работы составного сечения как жёсткого целого, уголки соединены планками, показанными на рис. 5.2 пунктиром. Расстояние между планками выбирается равным $40\, i_{min}$. При вычислении геометрических характеристик составного сечения соединительные планки не учитываются.

РЕШЕНИЕ

1.Вычерчиваем поперечное сечение в масштабе (рис. 5.3). Прокатные радиусы и сварные швы на рис. 5.2 не указываем.

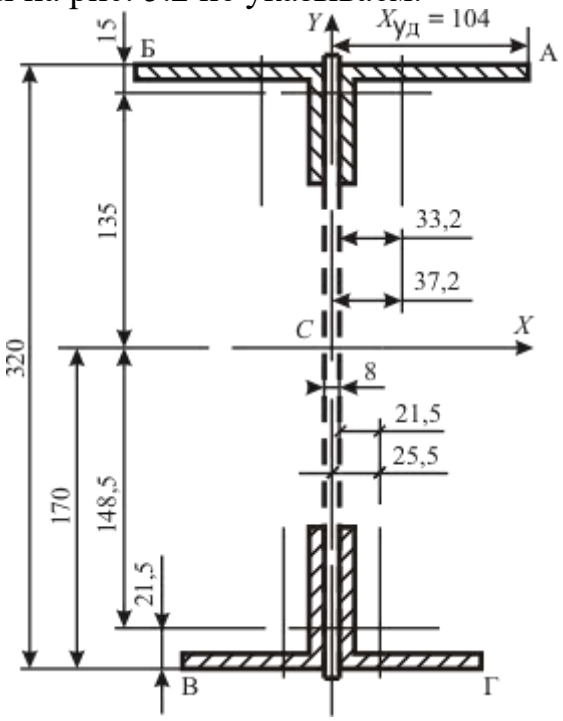


Рис. 5.3. Сечение составной балки

2. Приводим чертёжи прокатных профилей, взятые из ГОСТ 8509-93 «Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент» (рис. 5.4,а) и ГОСТ 8510-86 «Уголки стальные горячекатаные не равнополочные. Сортамент» (рис. 5.4,б).

На рис. 5.4 внесены следующие изменения по сравнению с чертежами ГОСТ: не указаны прокатные радиусы R и r уголков; главные оси равнополочного уголка обозначены u, v вместо x_0, y_0; размеры, оси, координаты центра масс, относящиеся к равнополочному уголку, помечены нижним индексом 1, а к неравнополочному уголку – нижним индексом 2, соответственно.

Выписываем из ГОСТ длины и толщины полок уголков. Размеры переводим из миллиметров в сантиметры.

Уголок равнополочный: ширина полки – $b_1 = 75$мм $= 7{,}5$см, толщина – $t_1 = 0{,}8$ см, расстояние от внешней грани полки до центра масс – $x_0 = 2{,}15$ см,

площадь – $F_1 = 11{,}50$ см^2, моменты инерции относительно центральных осей x_1 и y_1, параллельных полкам – $J_{x1} = 59{,}84$ см^4.

Уголок неравнополочный: ширина длинной полки – $B = 100 = 10$ см, ширина короткой полки – $b_2 = 63$ мм $= 6{,}3$ см, толщина полок – $t = 8$ мм $= 0{,}8$ см, расстояние от внешней грани длинной полки до центра масс – $x_0 = 1{,}50$ см, расстояние от внешней грани короткой полки до центра масс – $y_0 = 3{,}32$ см,площадь сечения – $F_2 = 12{,}57$ см^2, момент инерции сечения относительно оси x– $J_{x2} = 126{,}96$ см^4,момент инерции сечения относительно оси $J_{y2} = 39{,}21$ см^4.

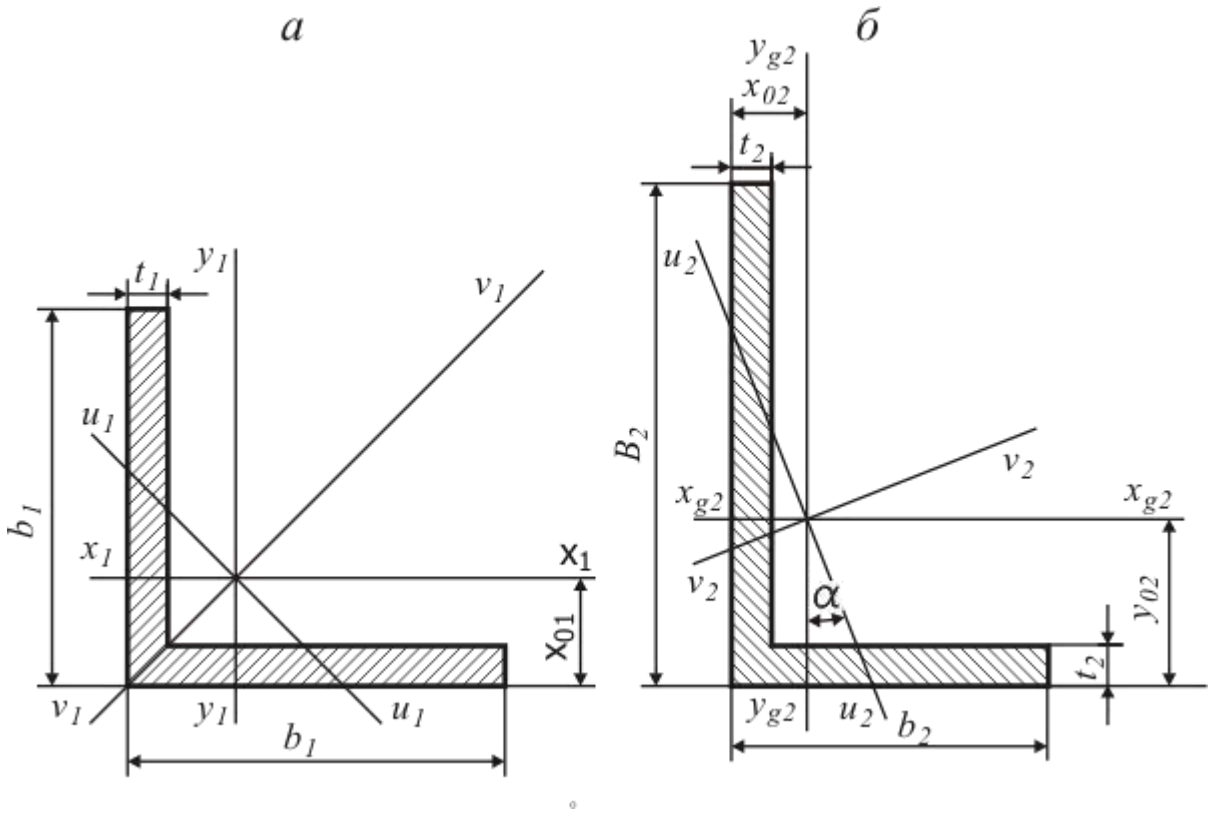


Рис. 5.4. Составные части поперечного сечения балки: а – равнополочный уголок ГОСТ 8509-93; б – неравнополочный уголок ГОСТ 8510-86.

В сопротивлении материалов расчёты выполняют с точностью 5%. Эту точность обеспечивают три первых значащих цифры. Значащими цифрами числа называются все цифры в его записи, начиная с первой ненулевой слева. Отсчёт начинают с первой, отличной от нуля. Для J_{x2} достаточно принять $J_{x2} = 127$, но при оформлении расчётов величины нужно записывать так, как они заданы в официальных документах $J_{x2} = 126{,}96$.

3. Площадь поперечного сечения равна

$$F = k_1F_1 + k_2F_2 = 2 \cdot 11{,}50 + 2 \cdot 12{,}57 = 48{,}1 \text{ см}^2.$$

4. Ищем координаты центра масс сечения. Вертикальная ось CY является осью симметрии сечения. Любая ось симметрии сечения является его главной осью. Центр масс лежит на оси симметрии, следовательно, $X_c = 0$. Статический момент сечения относительно горизонтальной оси X_H, проходящей через нижнюю грань равнополочного уголка, равен

$$S_{XH} = k_1 \cdot F_1 \cdot x_{01} + k_2 \cdot F_2 \cdot (h - x_{02}) =$$
$$= 2 \cdot 11{,}50 \cdot 2{,}15 + 2 \cdot 12{,}57 \cdot (30 - 1{,}50) = 816 \text{ см}^3.$$

Расстояние от нижней грани равнополочного уголка до центра масс сечения равно $Y_c = S_{XH}/F = 816/48{,}1 = 17{,}0$ см. Центр масс сечения обозначаем буквой C и указываем на рис. 5.3.

5. Строим главные центральные оси сечения. Для этого, через точку C проводим ось CX, перпендикулярную оси CY. В качестве положительного на оси CX выберем направление слева направо, а на оси CY положительным будем считать направление снизу вверх. Оси CXY являются главными центральными осями сечения.

Расстояние от верхних граней неравнополочных уголков до оси CX равно $Y_в = h - Y_c = 30 - 17{,}0 = 13{,}0$ см. Крайние точки Л и П длинных полок неравнополочных уголков удалены от оси CY на расстояние $|X_л| = X_п = = \delta/2 + B = 0{,}8/2 + 10{,}0 = 10{,}4$ см.

Координаты центров масс уголков в системе осей CXY :

$$Y_1 = -Y_C + x_{01} = -17{,}0 + 2{,}15 = -14{,}8 \text{ см},$$

$$Y_2 = h - Y_C - x_{02} = 30{,}0 - 17{,}0 - 1{,}50 = 13{,}5 \text{ см},$$

$$X_1 = \delta/2 + x_{01} = 0{,}8/2 + 2{,}15 = 2{,}55 \text{ см},$$

$$X_2 = \delta/2 + x_{02} = 0{,}8/2 + 3{,}32 = 3{,}72 \text{см}.$$

6. Осевые моменты инерции сечения вычисляем по формуле Гюйгенса

$$J_X = \sum_{i=1}^{K} \left(J_{xi} + F_i \cdot a_i^2 \right),$$

где K – количество элементов в сечении; J_{xi} – момент инерции относительно центральной оси элемента i, параллельной оси X; F_i – площадь элемента i; a_i – расстояние между осью X и параллельной ей центральной осью элемента i.

Учитываем, что неравнополочный уголок повёрнут относительно изображения, показанного на на рис. 5.4, на 90° (или 270°) относительно чертежа из ГОСТ. Параллельной для оси *CX* является местная центральная ось $\boldsymbol{y_2}$, а для оси *CY* параллельной будет местная центральная ось $\boldsymbol{x_2}$.
Получаем:

$$J_X = k_1 \cdot (J_{x1} + F_1 \cdot Y_1^2) + k_2 \cdot \left(J_{y2} + F_2 \cdot Y_2^2\right) = 2 \cdot (59{,}84 + 11{,}50 \cdot ((-14{,}8)^2) +$$

$$+2 \cdot (39{,}21 + 12{,}57 \cdot 13{,}5^2) = 9850 \text{ см}^4;$$

$$J_Y = k_1 \cdot \left(J_{y1} + F_1 X_1^2\right) + k_2 \cdot (J_{x2} + F_2 X_2^2) = 2 \cdot (59{,}84 + 11{,}50 \cdot 2{,}55^2) +$$

$$2 \cdot (126{,}96 + 12{,}57 \cdot 3{,}72\text{^}2) = 871 \text{ см}^4.$$

7.Ось $\boldsymbol{CY}$ является осью симметрии сечения. Осевой момент сопротивления для оси $\boldsymbol{CY}$ равен $\boldsymbol{W_Y = J_Y / X_{max} = 871/10{,}4 = 83{,}8}$ см^3.

Здесь $\boldsymbol{X_{max} = |X_л| = |X_л| = X_п = 10{,}4}$ см – расстояние до оси $\boldsymbol{CY}$ от крайних левых и правых волокон.

Главная ось $\boldsymbol{CX}$ не является осью симметрии. Момент сопротивления изгибу для нижних волокон $\boldsymbol{W_{Xн} = J/Y_н = 9850/17{,}0 = 581}$ см^3 . Для верхних волокон получаем $\boldsymbol{W_{Xв} = J_X / Y_в = 9850/13{,}0 = 655}$ см^3.

8. Радиус инерции сечения относительно оси определяется по формуле

$$\boldsymbol{i = \sqrt{J/F}}.$$

Для заданного сечения получаем $\boldsymbol{i_X = \sqrt{J_X/F = \sqrt{9850/48{,}1 = 14{,}3}}}$ см,

$\boldsymbol{i_Y = \sqrt{J_Y/F = \sqrt{871/48{,}1 = 4{,}25}}}$ см.

Задача № 6. Расчёт статически неопределимых стержневых систем

Для заданной статически неопределимой системы определить допускаемое значение силы P при допускаемом напряжении для стальных стержней $[\sigma]=160$ МПа.

Плита BC схемы (рис.6.1) абсолютно жесткая.

На рисунке 6.1 изображена абсолютно жесткая балка BC, нагруженная посередине силой P. Балка удерживается в горизонтальном положении шарнирно – подвижной опорой C и тремя стальными стержнями. Заданы площади сечений стержней A_1= 4 см^2; A_2 = 3 см^2; A_3 = 2 см^2. Определить допускаемое значение силы P , если допускаемое напряжение для материала стержней, равное $[\sigma]$ = 160МПа , одинаково при растяжении и сжатии.

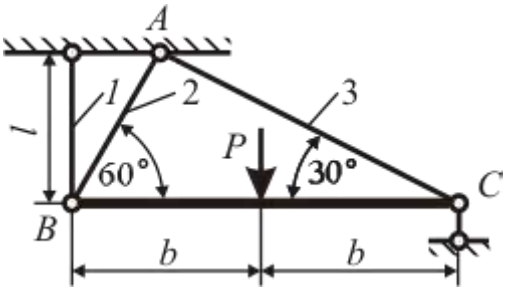


Рис.6.1. Статически неопределимая система

РЕШЕНИЕ

Допускаемая нагрузка (сила P) определяется по условию прочности наиболее напряженного стержня. Полагая значение силы P известным, найдем напряжения в сечениях стержней системы, выразив их через силу P. Исходные данные для решения задач приведены в табл.6.1 и рис.6.

Мысленно рассекаем стержни и, полагая стержни растянутыми, изображаем силы, приложенные к отсеченной части (рис. 1.5).

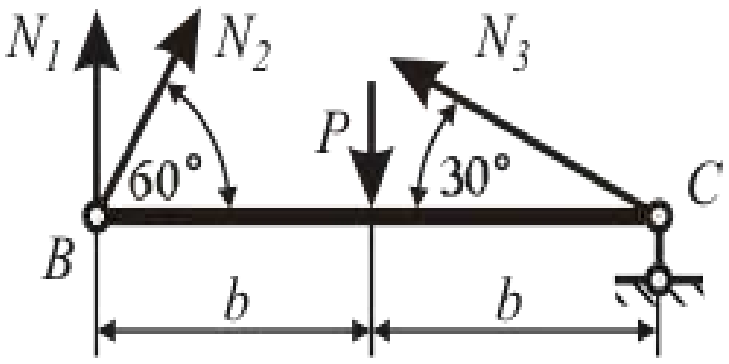


Рис.6.2. Уравновешенная система сил

Уравнения равновесия

$$\begin{aligned}
&\Sigma X_i = 0; \quad N_2 \cos 60^\circ - N_3 \cos 30^\circ = 0.\\
&\Sigma Y_i = 0; \quad N_1 + N_2 \sin 60^\circ + N_3 \sin 30^\circ + Y_C - P = 0.\\
&\Sigma m_c = 0; \quad N_1 \cdot 2\hat{a} + N_2 \cdot 2\hat{a} \sin 60^\circ - P\hat{a} = 0.
\end{aligned} \tag{6.1}$$

Система (6.1) содержит 4 неизвестных величины: N_1, N_2, N_3 и Y_c. Лишь второе уравнение содержит реакцию опоры C, величина которой не влияет на значение допускаемой нагрузки, а потому ограничимся первым и третьим уравнениями.

Двух уравнений системы (6.1) недостаточно для определения трех продольных сил. Необходимо дополнить их уравнением совместности деформаций. По условию задачи брус BC является абсолютно жестким. Значит, перемещение системы осуществляется лишь за счет деформации стержней. Опора C допускает только горизонтальное смещение узла C. Следует учесть, что истинные перемещения точек B и C в сотни раз меньше размеров бруса BC. Поэтому перемещения точек стержней при их поворотах изображены не дугами окружностей, а прямыми отрезками, перпендикулярными стержням. Заметим, что стержень 3 по предположению растянут, но на рисунке изображено его укорочение, значит изображенная деформация его не Δl_3, а – Δl_3.

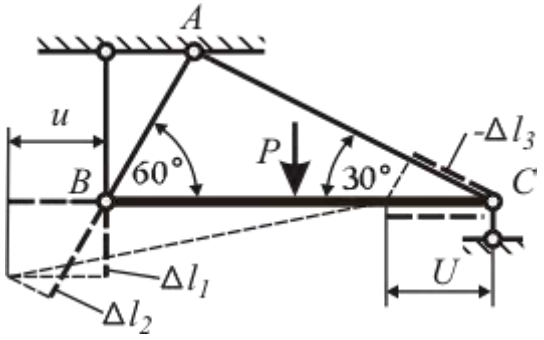


Рис.6.3. Деформации и перемещения

По рисунку 6.3

$$\Delta l_2 = \Delta l_1 \cos 30^\circ + u \cos 60^\circ .$$

При $u = -\Delta l_3 / \cos 30^\circ$ получаем геометрическую связь деформаций

$$\Delta l_2 = \Delta l_1 \cos 30^\circ - \Delta l_3 tg 30^\circ . \tag{6.2}$$

В соответствии с законом Гука

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EA_1} = \frac{N_1 l}{EA_1},$$
$$\Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EA_2} = \frac{N_2 l}{EA_2 \sin 60^\circ}, \qquad (6.3)$$
$$\Delta l_3 = \frac{N_3 l_3}{EA_3} = \frac{N_3 l}{EA_3 \sin 30^\circ}.$$

Подстановкой выражений (6.3) в равенство (6.2) получим уравнение, дополняющее систему(6.1).

$$\frac{N_2 l}{EA_2 \sin 60^\circ} = \frac{N_1 l}{EA_1} \cos 30^\circ - \frac{N_3 l}{EA_3 \sin 30^\circ} tg30^\circ. \qquad (6.4)$$

После подстановки значений A_1, A_2, A_3и упрощения уравнений (6.1) и (6.3) получим систему

$$\begin{aligned} &N_2 - 1,732 N_3 = 0; \\ &N_1 + 0,866 N_2 = 0,5P; \\ &9N_1 - 16N_2 - 24N_3 = 0. \end{aligned} \qquad (6.5)$$

Решение уравнений (6.5)

$N_1 = 0,396P$, $N_2 = 0,119P$, $N_3 = 0,069P$.

При заданных сечениях стержней

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{0,396P}{4} = 0,0991P;$$
$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{0,119P}{3} = 0,0398P;$$
$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{0,069P}{2} = 0,0395P.$$

Наибольшее напряжение

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 = 0,0991P.$$

По условию прочности $\sigma_{\max} \le [\sigma]$ допускаемая нагрузка

$$[P] = \frac{[\sigma]}{0,0991} = \frac{16}{0,0991} = 161 \text{ кН}.$$

$$[P] = 161 \text{ кН}.$$

Исходные данные сведены в табл. 6.1, расчетные схемы даны на рис.6.4.

Таблица 6.1.

Исходные данные для задачи №6

№	Площадь сечения стержней, см^2			Номер схемы	№	Площадь сечения стержней, см^2			Номер схемы
	A_1	A_2	A_3			A_1	A_2	A_3	
1	2	3	4	1	26	4	2	1	6
2	3	4	2	2	27	6	3	2	5
3	5	6	7	3	28	8	4	3	4
4	6	7	5	4	29	10	5	4	3
5	3	17	1	5	30	1	6	5	2
6	4	1	2	6	31	2	7	6	1
7	5	6	3	7	32	12	8	7	2
8	6	15	4	8	33	14	9	8	4
9	7	15	5	9	34	16	16	9	6
10	8	14	6	10	35	3	16	10	8
11	9	13	7	2	36	5	15	11	10
12	10	12	8	4	37	7	14	12	9
13	11	8	9	6	38	9	13	13	7
14	12	9	10	8	39	11	12	14	5
15	13	7	11	10	40	13	11	15	3
16	14	6	12	1	41	15	10	16	1
17	15	5	13	3	42	7	9	14	10
18	16	4	17	5	43	5	8	13	9
19	3	12	16	7	44	3	7	12	8
20	4	11	15	9	45	1	6	11	7
21	5	12	14	10	46	2	5	10	6
22	6	13	13	9	46	6	4	9	5
23	6	14	12	8	48	8	3	8	4
24	7	15	11	7	49	4	2	7	3
25	9	12	10	3	50	4	25	11	6

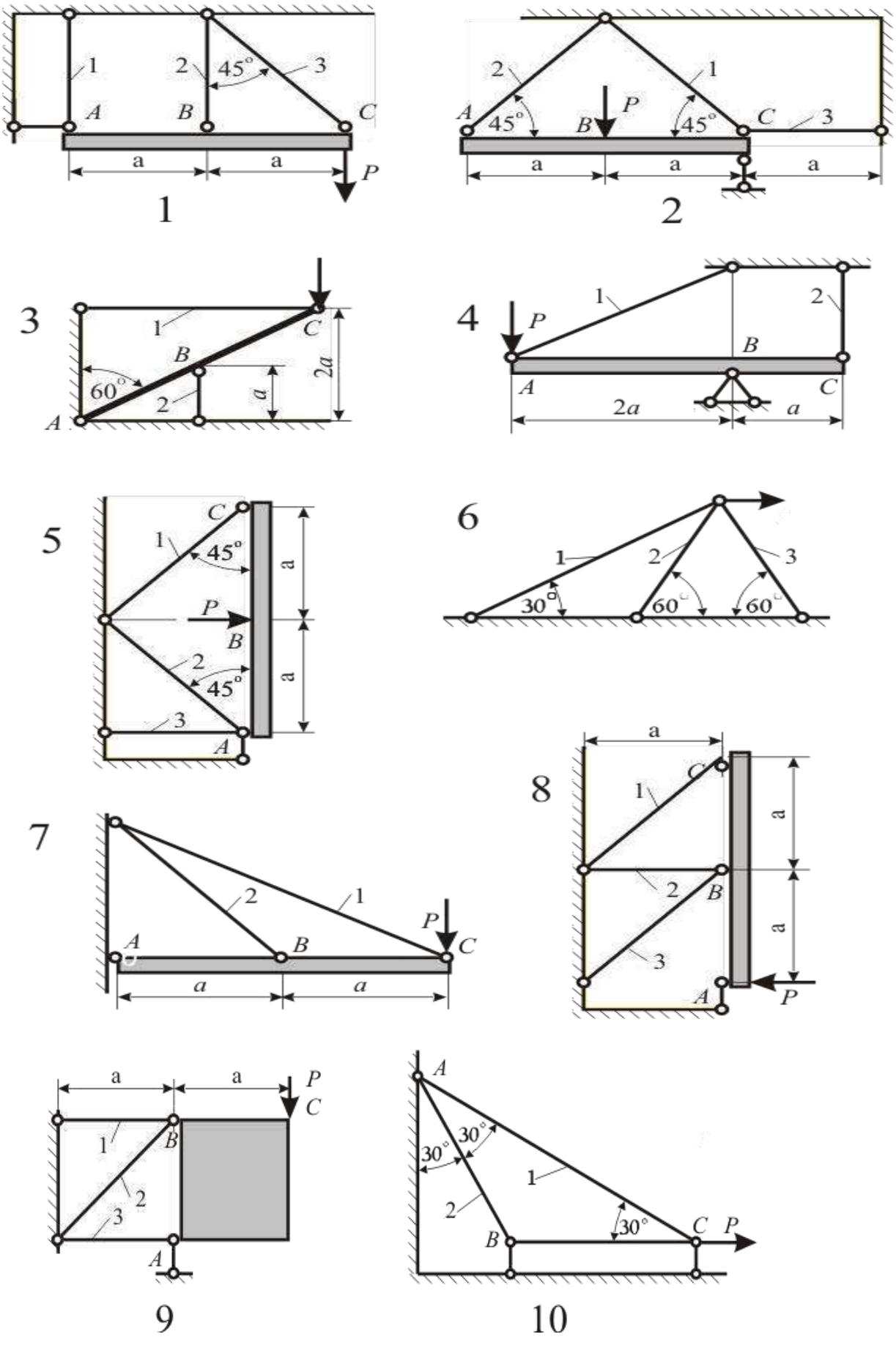


Рис.6.4. Схемы 1 – 10 стержневых систем

Задача № 7.Расчет статически неопределимых балок

Подобрать из условия прочности сечение многопролётной неразрезной балки (рис. 7.1 – 7.4). Сечение – двутавр ГОСТ 8239-89. Допускаемые напряжения стали $\sigma = 200$ [МПа]. Данные для расчёта взять из табл. 7.

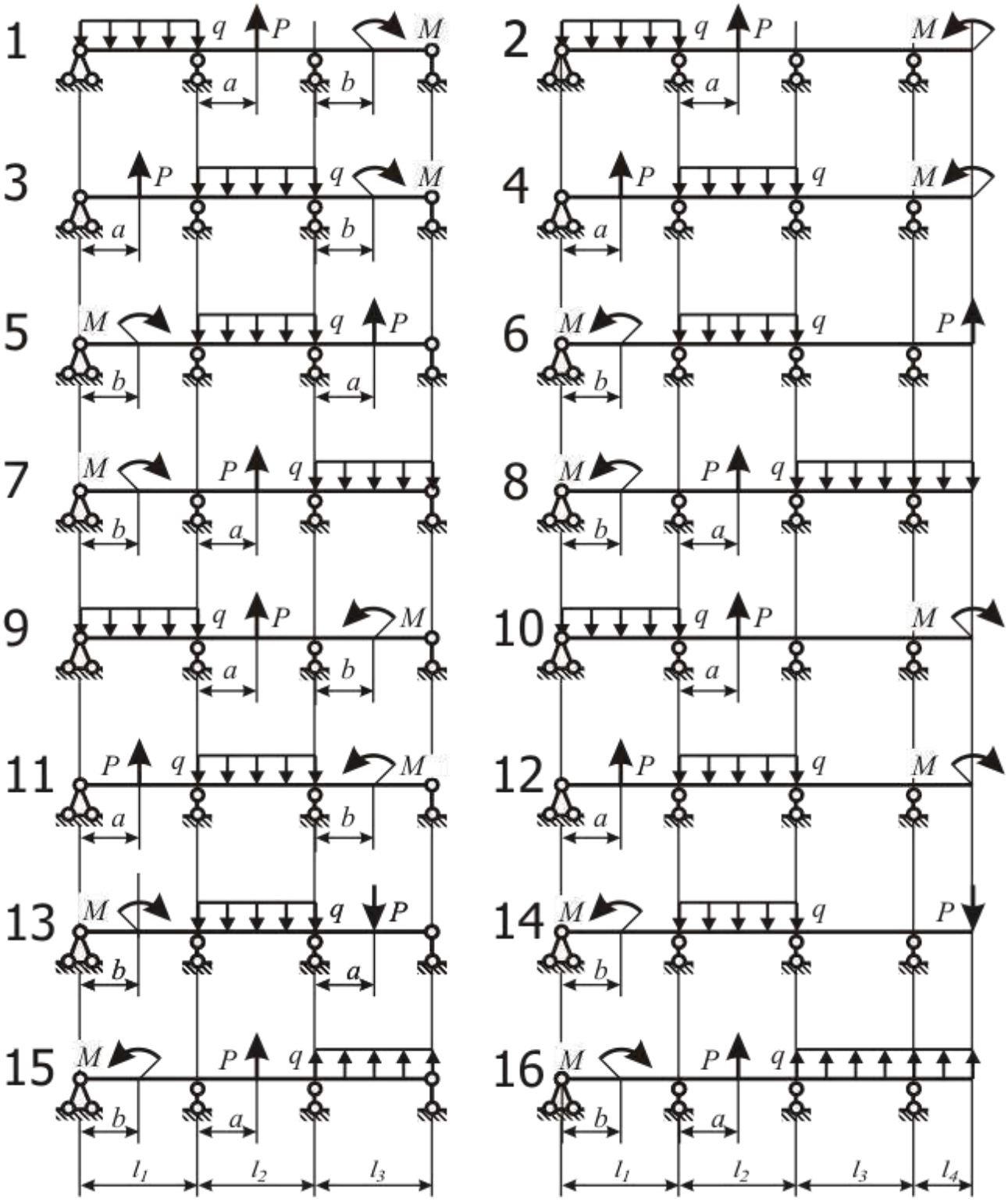


Рис. 7.1. Многопролётная неразрезная балка (варианты 1 – 16)

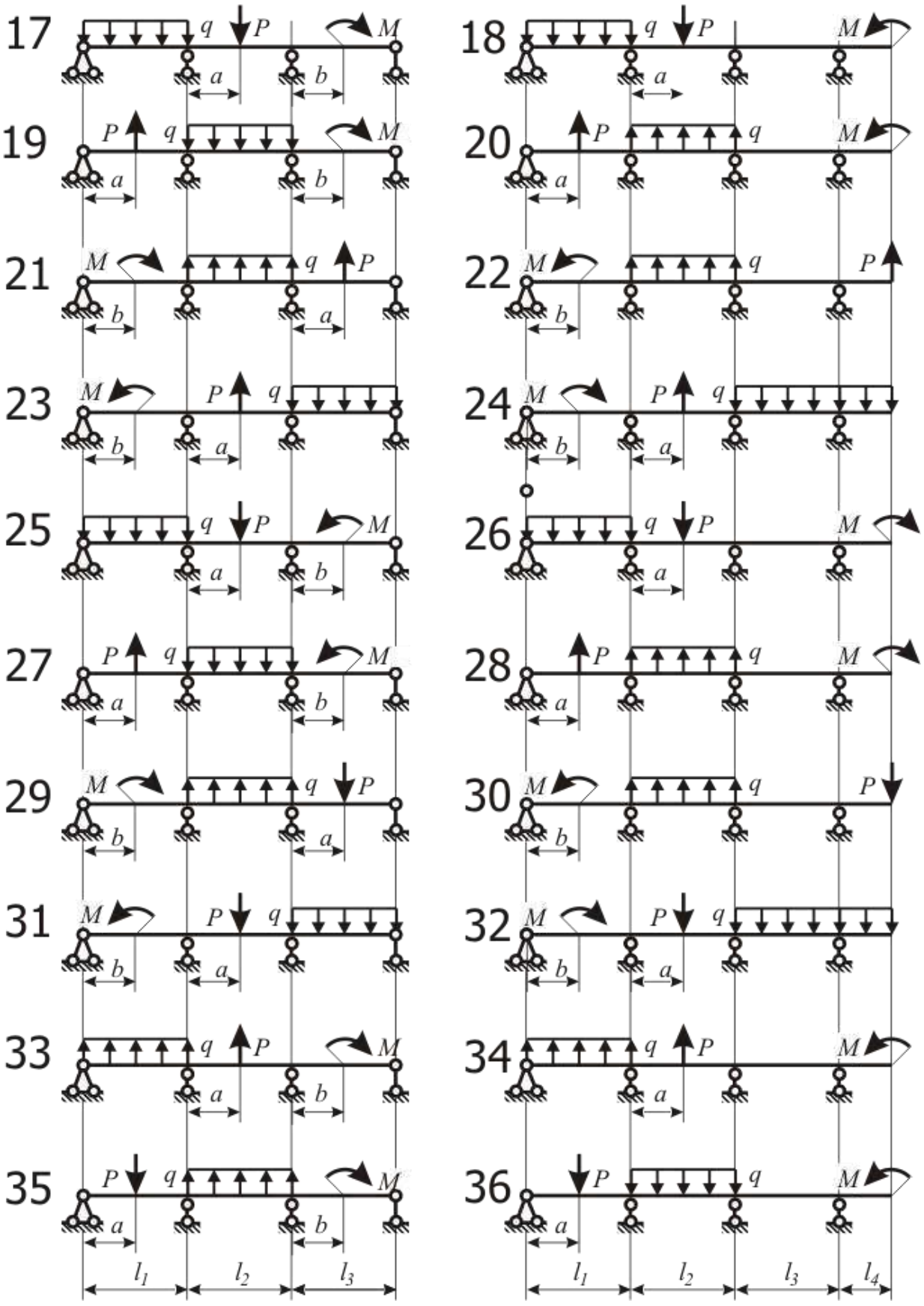


Рис. 7.2. Многопролётная неразрезная балка (варианты 17 – 36)

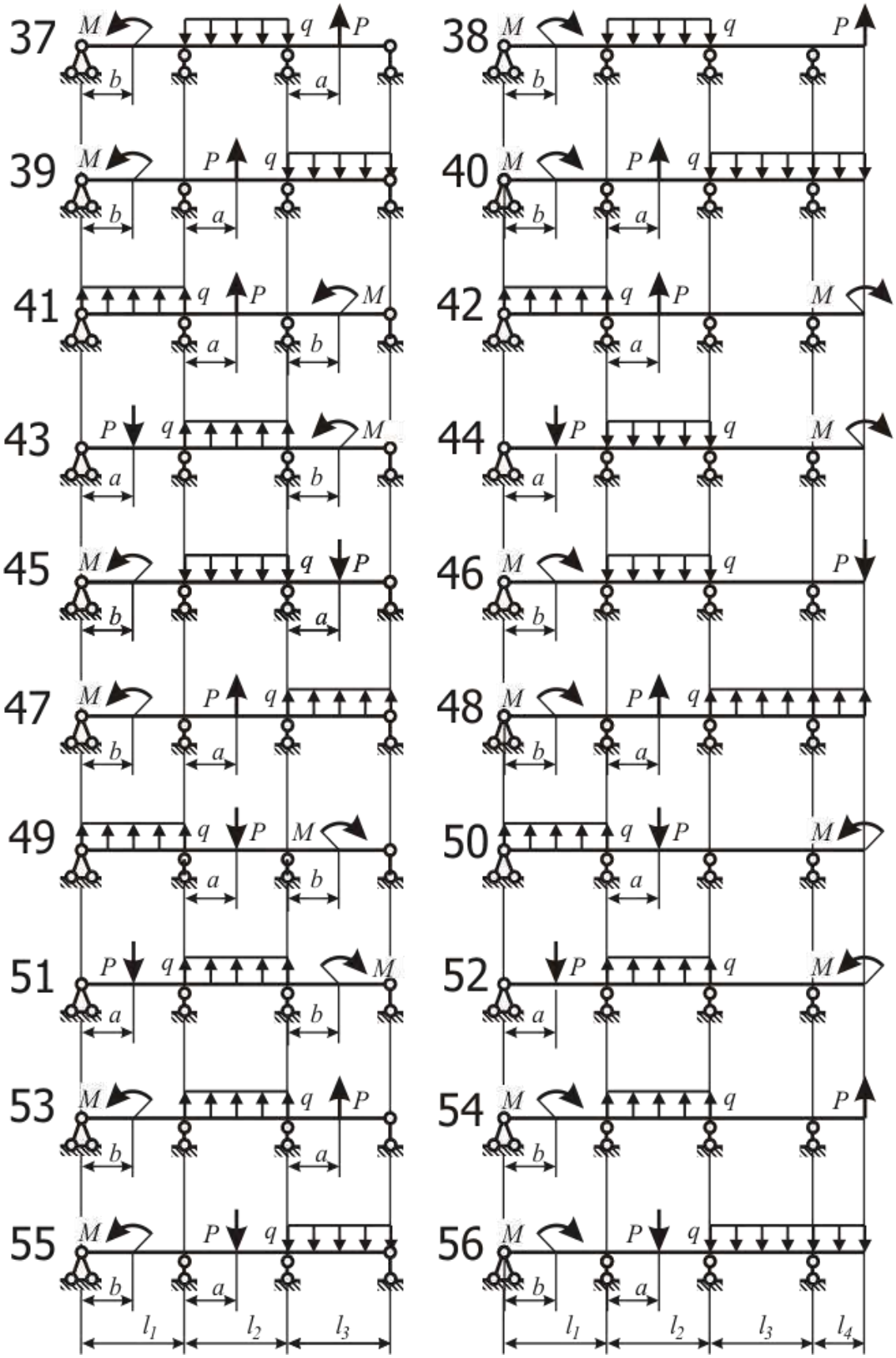


Рис. 7.3. Многопролётная неразрезная балка (варианты 37 – 56)

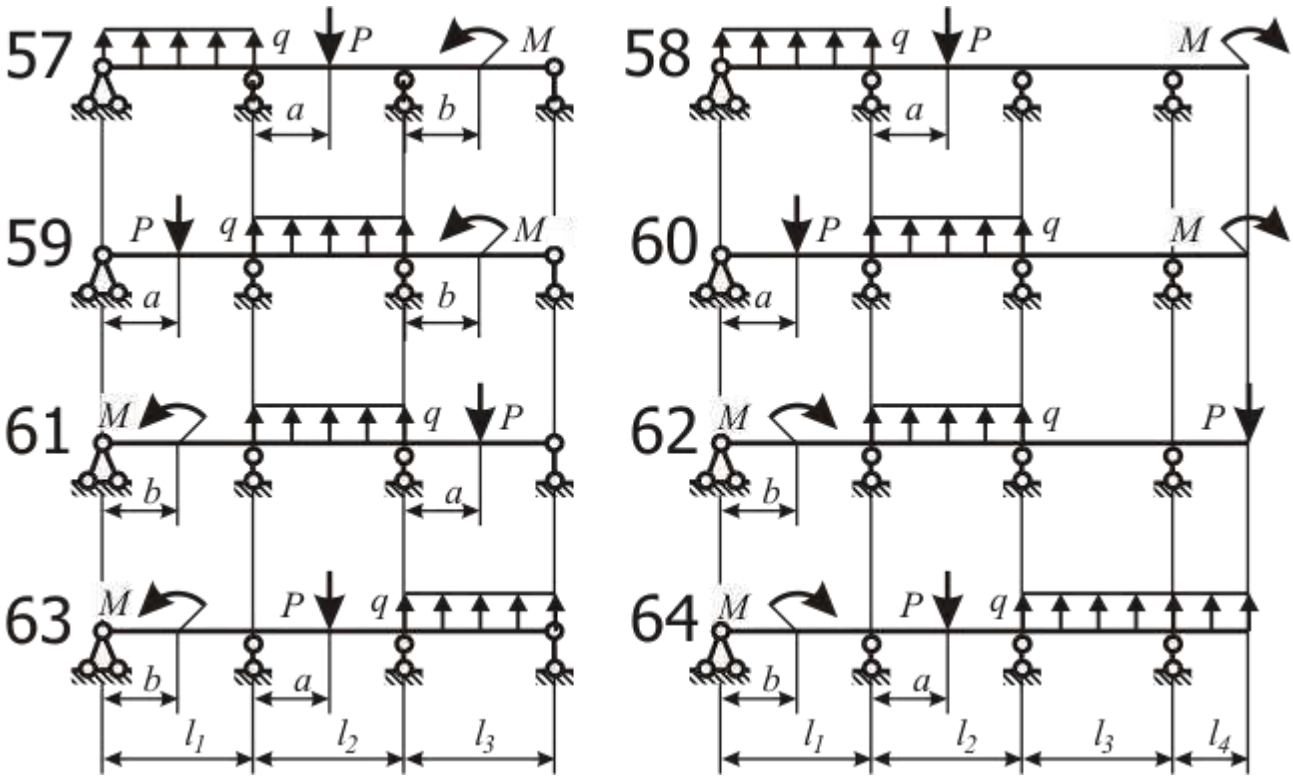


Рис. 7.4. Многопролётная неразрезная балка (варианты 57 – 64)

Исходные данные к задаче 7 Таблица 7

Номер задания	Длина участка, м				Нагрузка			Координата точки приложения, м	
	l_1	l_2	l_3	l_4	P, кН	M, кН·м	q, $^{Н}/_{м}$	силы, a	момента, b
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4,0	5,0	3,0	–	80	165	20	3,0	2,0
2	3,5	5,5	3,5	1,5	90	175	25	2,0	–
3	3,0	6,0	4,0	–	90	185	30	1,5	2,0
4	3,0	6,0	4,5	2,0	80	195	35	2,0	–
5	3,5	5,5	5,0	–	70	105	30	2,0	1,5
6	4,0	5,0	5,5	2,5	60	115	30	–	2,0
7	4,5	4,5	6,0	–	50	125	25	3,0	2,5
8	5,0	4,0	6,0	3,0	40	135	25	2,5	3,0
9	5,5	3,5	5,5	–	40	145	20	2,0	2,5
10	6,0	3,5	5,0	3,0	59	155	20	1,5	–
11	6,0	4,0	4,5	–	60	165	25	4,0	3,0
12	5,5	4,5	4,0	2,5	70	175	20	3,5	–
13	5,0	5,0	3,5	–	80	185	35	1,5	3,5
14	4,5	5,5	3,0	2,0	90	195	35	–	1,5
15	4,0	6,0	3,0	–	90	105	15	4,0	2,0
16	3,5	6,0	3,5	1,5	80	115	20	3,5	1,5
17	3,5	5,5	4,0	–	70	125	25	3,0	1,5
18	4,0	5,0	4,5	1,5	60	135	30	2,5	–
19	4,5	4,5	5,0	–	50	145	35	3,0	2,0

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	5,0	4,0	5,5	2,0	40	155	35	2,0	–
21	5,5	3,5	6,0	–	40	165	30	3,5	4,5
22	6,0	3,5	6,0	2,5	59	175	25	–	4,0
23	6,0	4,0	5,5	–	60	185	20	3,0	3,5
24	5,5	4,5	5,0	3,0	70	195	15	2,5	3,0
25	5,0	5,0	4,5	–	80	105	15	2,0	2,5
26	4,5	5,5	4,0	3,0	90	115	20	1,5	–
27	4,0	6,0	3,5	–	90	125	25	1,5	2,0
28	3,5	6,0	3,0	2,5	80	135	30	2,0	–
29	3,5	5,5	3,0	–	70	145	35	1,5	2,5
30	4,0	5,0	3,5	2,0	60	155	35	–	2,0
31	4,5	4,5	4,0	–	50	165	30	3,0	1,5
32	5,0	4,0	4,5	1,5	40	175	25	2,5	3,5
33	5,5	3,5	5,0	–	40	185	20	2,0	3,5
34	6,0	3,5	5,5	1,5	59	195	15	1,5	–
35	6,0	4,0	6,0	–	60	105	15	4,5	4,0
36	5,5	4,5	6,0	2,0	70	115	20	4,0	–
37	5,0	5,0	5,5	–	80	125	25	3,0	2,5
38	4,5	5,5	5,0	2,5	90	135	30	–	2,0
39	4,0	6,0	4,5	–	90	145	35	4,5	1,5
40	3,5	6,0	4,0	3,0	80	155	35	4,0	2,0
41	3,5	5,5	3,5	–	70	165	30	3,5	1,5
42	4,0	5,0	3,0	3,0	60	175	25	3,0	–
43	4,5	4,5	3,0	–	50	185	20	3,5	2,0
44	5,0	4,0	3,5	2,5	40	195	15	3,0	–
45	5,5	3,5	4,0	–	40	105	15	2,5	3,0
46	6,0	3,5	4,5	2,0	59	115	20	–	2,5
47	6,0	4,0	5,0	–	60	125	25	2,5	2,0
48	5,5	4,5	5,5	1,5	70	135	30	2,0	1,5
49	5,0	5,0	6,0	–	80	145	35	1,5	2,5
50	4,5	5,5	6,0	1,5	90	155	35	4,0	–
51	4,0	6,0	5,5	–	90	165	30	2,5	3,0
52	3,5	6,0	5,0	2,0	80	175	25	2,0	–
53	3,5	5,5	4,5	–	70	185	20	2,0	3,5
54	4,0	5,0	4,0	2,5	60	195	15	–	3,0
55	4,5	4,5	3,5	–	50	105	15	3,5	2,5
56	5,0	4,0	3,0	3,0	40	115	20	3,0	2,0
57	5,5	3,5	3,0	–	40	125	25	2,5	1,5
58	6,0	3,5	3,5	3,0	59	135	30	2,0	–
59	6,0	4,0	4,0	–	60	145	35	1,5	2,0
60	5,5	4,5	4,5	2,5	70	155	35	4,5	–
61	5,0	5,0	5,0	–	80	165	30	1,5	3,0
62	4,5	5,5	5,0	2,0	90	175	25	–	2,5
63	4,0	6,0	5,5	–	90	185	20	4,5	2,0
64	3,5	6,0	6,0	1,5	80	195	15	4,0	1,5

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 7

Раскрыть статическую неопределимость неразрезной трёхпролётной балки (рис. 7.5). Нагрузки и длину пролёта принять равными: $P = 20$ кН; $M = 20{,}0$ кНм; $q = 10{,}0$кН/м; $L = 2{,}00$ м. Построить эпюры внутренних силовых факторов.

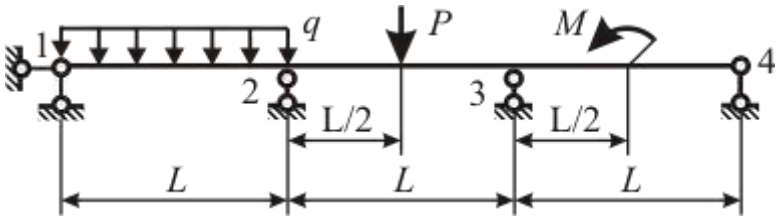


Рис. 7.5. Схема неразрезной балки

1. Чертим схему балки в масштабе (рис. 7.6, а). Нумеруем опорные узлы. Шарнирно неподвижную опору 1 изображаем в виде горизонтального и вертикального опорных стержней (1в) и (1г).

2. Находим степень статической неопределимости $N_{не}$ балки. Для этого определяем число опорных стержней $N_{ст} = 5$ (два опорных стержня в шарнирно неподвижной опоре 1 и по одному в шарнирно подвижных опорах 2, 3, 4). Из числа опорных стержней вычитаем число уравнений статики $N_{ур}$ (три – в рассматриваемом случае плоского изгиба балки).

Получаем $N_{не} = N_{ст} - N_{ур} = 5 - 3 = 2$.

Балка дважды статически неопределима.

3. Выбираем основную систему. Основная система должна быть статически определимой и неизменяемой. Чтобы балка (см. рис. 7.6, а) стала статически определимой, отбросим два любых вертикальных опорных стержня. Например, при удалении стержней 3 и 4 получаем основную систему, показанную на рис. 7.6, б. Если отбросить стержни 1в и 4, то основная система, примет вид, данный на рис. 7.6, в. Горизонтальный стержень 1г отбрасывать нельзя, так как при его удалении система становится изменяемой (рис. 7.6, г). Степень статической неопределимости системы можно понизить путём отбрасывания внутренних связей.

Выберем основную систему, указанную на рис. 7.6, б.

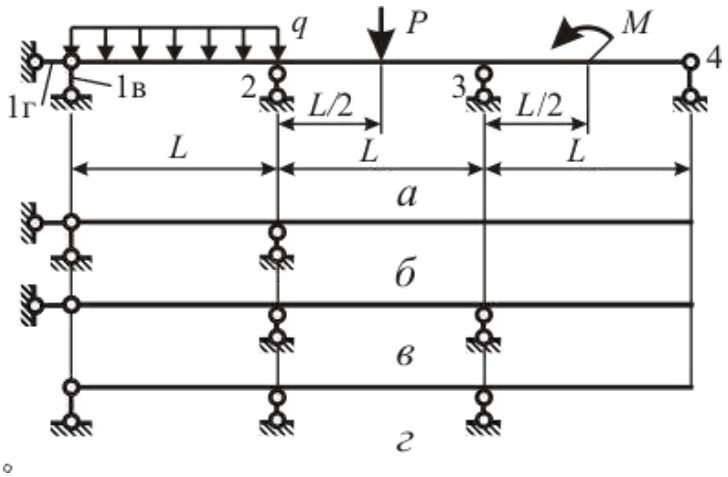


Рис. 7.6. К выбору основной системы

4. Эквивалентной системой называют основную систему, к которой приложены внешние нагрузки и неизвестные реакции отброшенных связей. Прикладываем неизвестные реакции X_1, X_2 в точках крепления отброшенных опорных стержней 4 и 3. Линии действия этих реакций совпадают с осями отброшенных стержней, направление реакций вдоль их линий действия выбираем произвольно. Если выбранное направление реакции не совпадёт с истинным, то полученное при раскрытии статической неопределимости значение избыточного неизвестного будет отрицательным. Эквивалентная система приведена на рис. 7.7.

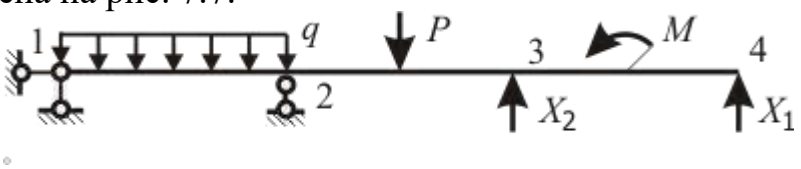


Рис. 7.7. Эквивалентная система

5. Идея раскрытия статической неопределимости методом сил состоит в следующем. Эквивалентная система деформируется так же, как исходная. Так как опорные стержни 3 и 4 являются абсолютно жёсткими, вертикальные перемещения точек 3 и 4 равны нулю. К уравнениям равновесия добавлены два дополнительных уравнения, из которых можно определить избыточные неизвестные X_1, X_2 (чаще их называют «лишними»).

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= 0, \\ y_2 &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (7.1)$$

Используя принцип независимости действия сил, представим перемещение каждой точки как сумму трёх перемещений: от силы X_1, от силы X_2иот внешней нагрузки. Система уравнений примет вид (7.5). Первый индекс указывает номер отброшенной связи, второй индекс указывает причину, вызывающую смещение в направлении этой связи.

$$\left.\begin{aligned} y_{11} + y_{12} + y_{1\varepsilon} &= 0, \\ y_{21} + y_{22} + y_{2\varepsilon} &= 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (7.2)$$

Перемещение $y_{i\varepsilon}$ по направлению отброшенной связи i, вызванное действующей на эквивалентную систему внешней нагрузкой, называют грузовым членом канонического уравнения и обозначают заглавной греческой буквой «дельта» $\Delta_i = y_{i\varepsilon}$.Его определяют с помощью интеграла перемещений

$$\Delta_i = \int_0^{3L} ((M_\varepsilon(z)\overline{M_i}(z))/(EJ))dz, \qquad (7.3)$$

Где: 3L – длина балки; $M_\varepsilon(z)$ – грузовой момент в балке (момент от внешней нагрузки); $\overline{M_i}(z)$ – единичный момент (момент от единичной силы, совпадающей по направлению с силой X_i и приложенной в той же точке i); EJ(z) – изгибная жёсткость балки.

6. Строим эпюру грузового момента в порядке, изложенном при рассмотрении задачи 3.

6.1. Отбрасываем опорные стержни, их действие заменяем опорными реакциями $R_{1\varepsilon}$ и $R_{2\varepsilon}$. Здесь и далее первый индекс указывает точку, в которой

приложена реакция, второй индекс указывает причину, вызвавшую реакцию. Выбранное направление реакций указано на рис. 7.8, б. Сумма проекций внешних нагрузок на горизонтальную ось Ozравна нулю. Следовательно горизонтальная реакция на опоре 1 (в стержне 1г) равна нулю и поэтому на рис. 7.8, б не указана.

6.2. Составляем уравнения равновесия моментов относительно опорных точек 1 и 2 (при таком выборе центров моментов система двух уравнений равновесия расщепляется на два независимых уравнения)

$$\left.\begin{aligned} L\,R_{2г} - (qL^2)/2 - 1{,}5\,LP + M = 0, \\ -L\,R_{1г} + (qL^2)/2 - 0{,}5\,LP + M = 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (7.4)$$

6.3. Решаем систему

$$\left.\begin{aligned} R_{1г} = ((qL^2)/2 - 0{,}5\,LP + M)/L = 10\ кН, \\ R_{2г} = ((qL^2)/2 + 1{,}5\,LP - M)/L = 30\,кН \end{aligned}\right\}. \qquad (7.5)$$

6.4. Для проверки составляем уравнение моментов относительно точки Щ (середины пролёта 1-2)

$$-0{,}5\,L\,R_{1г} + 0{,}5\,L\,R_{2г} - L\,P + M = 0. \qquad (7.6)$$

$$-0{,}5 \cdot 2 \cdot 20 + 0{,}5 \cdot 2 \cdot 30 - 2 \cdot 20 + 20 = 0.$$

6.5. Запишем аналитическое выражение для эпюры грузового момента. Ось балки обозначим Oz и направим слева направо. Начало координат z выберем в самой левой точке балки (опоре 1).

$$M_г(z) = R_{1г}z - (qz^2)/2 + (R_{2г}(z-l) + q(z-l)^2/2)\,H(z-l) -$$

$$-P \cdot \left(z - {}^3/_2\,l\right)H\left(z - {}^3/_2\,l\right) - MH(z - {}^5/_2\,l). \qquad (7.7)$$

Эпюра грузового момента может быть построена как методом сечений, так и путём вычислений по формуле (7.7). Эпюра грузового момента представлена на рис. 7.8, в.

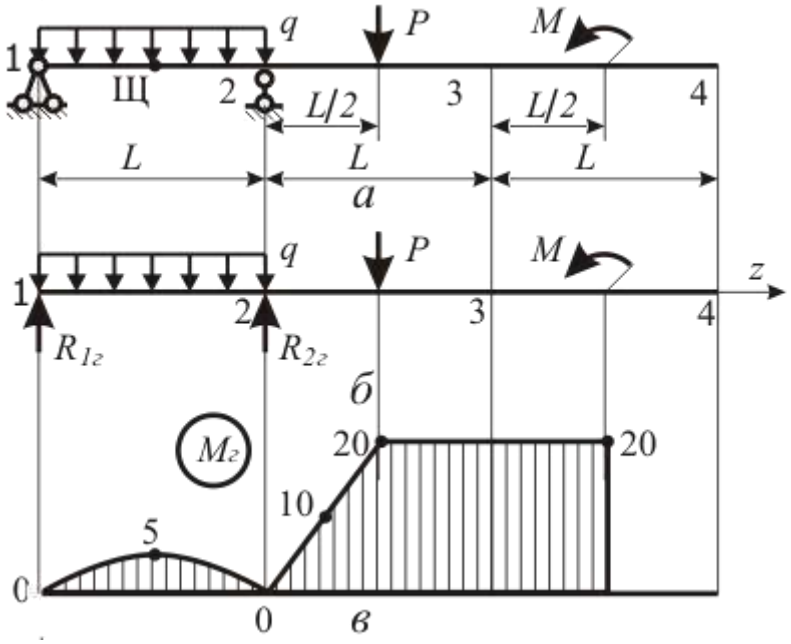


Рис. 7.8. К построению эпюры грузового момента $M_г$

7. Строим эпюру изгибающего момента от единичной силы, которая приложена в точке 4 и совпадает по направлению с избыточной неизвестной X_1 (полагаем неизвестную $X_1 = 1$). Момент от действия неизвестной $X_1 = 1$ называют единичным и выделяют надчёркиванием символа M. Построение эпюр изгибающих моментов рассмотрено в п. 6, а также в задаче 3. В случае консольной балки, нагруженной только на консоли, эпюру моментов можно построить без определения опорных реакций, Моменты на опоре 1 и в точке нагружения 4 (в которой к консоли приложена сила X_1) равны нулю: $\overline{M_1}(z_1) = 0$, $\overline{M_1}(z_4) = 0$. Момент силы $X_1 = 1$ на опоре 2 равен $\overline{M_1}(z_2) = 2 \cdot L = 2 \cdot 2 = 4$ Н·м.

Проводим ось Oz. На вертикали 2 откладываем вверх (в выбранном масштабе) отрезок, равный значению $\overline{M_1}(z_2)$. Верхнюю точку отложенного отрезка соединяем прямыми с нулями точек 1 и 4 (рис. 7.9, в).

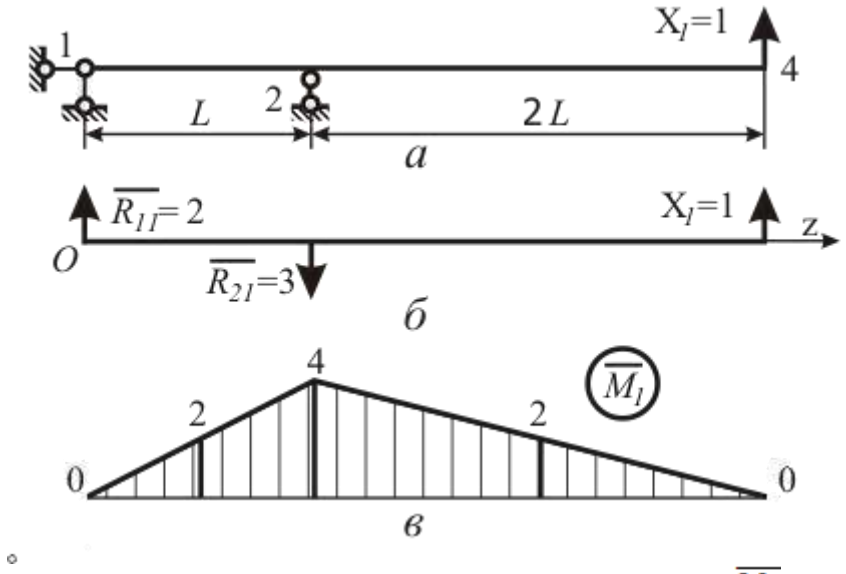


Рис. 7.9. К построению единичного момента $\overline{M_1}$

Аналитическое выражение для единичного момента запишем в виде

$$\overline{M_1(z)} = \overline{R_{11}}\, z - \overline{R_{21}}(z - L)\, H(z - L), \qquad (7.8)$$

где начало координат для оси Oz взято в левом сечении балки (на опоре 1); реакции опор $\overline{R_{11}}$ и $\overline{R_{21}}$ от единичной силы $X_1 = 1$ найдены из уравнений равновесия моментов относительно опорных точек 2 и 1

$$\left.\begin{aligned} -L\,\overline{R_{11}} + 2\,L\,X_1 &= 0, \\ -L\,\overline{R_{21}} + 3\,l\,X_1 &= 0 \end{aligned}\right\}.$$

Получаем $\overline{R_{11}} = 2$ и $\overline{R_{21}} = 3$. Направления реакций указаны на рис. 7.9, б.

8. Построение эпюры единичного момента $\overline{M_2}$ от единичной силы, приложенной в точке 3 и совпадающей по направлению с избыточной неизвестной X_2 ($X_2 = 1$), схоже с построением $\overline{M_1}$ (см. рис. 7.9).

Моменты на опоре 1 и в точке 3 равны нулю: $\overline{M_2}(z_1) = \overline{M_2}(z_3) = 0$. Момент на опоре 2 от силы $X_2 = 1$ равен $\overline{M_2}(z_2) = 1 \cdot L = 2$. Проводим ось Oz. На вертикали 2 откладываем вверх (в выбранном масштабе) отрезок, равный

значению $\overline{M_2}(z_2)$. Верхнюю точку отложенного отрезка соединяем прямыми с нулями точек 1 и 3. Справа от точки 3 нагрузки отсутствуют, поэтому $\overline{M_2} \equiv 0$ на участке 3 - 4 (рис. 7.10, в).

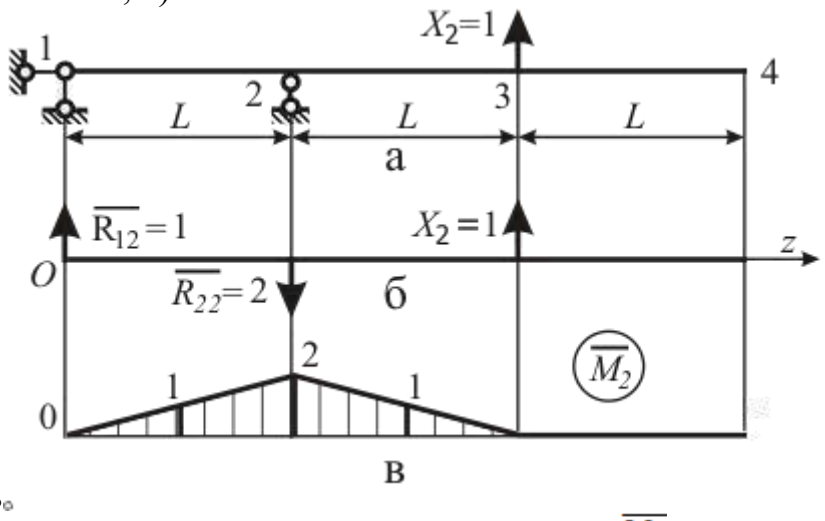


Рис. 7.10. К построению эпюры $\overline{M_2}$

Аналитическое выражение для единичного момента запишем в виде

$$\overline{M_2(z)} = \overline{R_{12}}\, z - \overline{R_{22}}(z-L)\, H(z-L) + 1 \cdot (z - 2L)\, H(z - 2L), \quad (7.9)$$

где начало координат для оси Oz взято в левом сечении балки (на опоре 1); реакции опор $\overline{R_{12}}$ и $\overline{R_{22}}$ от единичной силы $X_1 = 1$ найдены из уравнений равновесия моментов относительно опорных точек 2 и 1

$$\left.\begin{aligned} -L\,\overline{R_{12}} + L\,X_2 &= 0, \\ -L\,\overline{R_{22}} + 2\,l\,X_2 &= 0 \end{aligned}\right\}.$$

Получаем $\overline{R_{12}} = 1$ и $\overline{R_{22}} = 2$. Направления реакций указаны на рис. 7.10, б.

9. Перемещение эквивалентной системы в направлении избыточного неизвестного X_{1i} под действием внешней нагрузки (грузовой член Δ_i системы уравнений метода сил) вычисляем по формуле (7.6), в которую подставлены выражения моментов (7.8),(7.9),(7.12). В результате вычислений получаем

$$\Delta_1 = \int_0^{3L} M_e(z) \cdot \overline{M_1}(z)/(EJ) \cdot dz = 127/(EJ);$$

$$\Delta_2 = \int_0^{3L} M_e(z) \cdot \overline{M_2}(z)/(EJ) \cdot dz = 30.0/EJ.$$

Расчёты проведены с использованием системы аналитических вычислений «Математика 5». Отметим, что подобные вычисления могут быть сделаны с использованием других систем символьной математики (MATHCAD, MAPLE).

Вычислим грузовые коэффициенты применяя формулу Симпсона. Получаем

$$\Delta_1 = 2/(6EJ)(0\cdot 0 + 4\cdot 2\cdot 5 + 4\cdot 0) + 1/(6EJ)(4\cdot 0 + 4\cdot 3{,}5\cdot 10 + 3\cdot 20) +$$
$$+ 2/(6EJ)(3\cdot 20 + 4\cdot 2\cdot 20 + 1\cdot 20) + 1/(6EJ)(2\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot 0 + 0\cdot 0) =$$
$$= 127/EJ\,.$$

$$\Delta_2 = 2/(6EJ)(0\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot 5 + 2\cdot 0) + 1/(6EJ)(2\cdot 0 + 4\cdot 1{,}5\cdot 10 + 1\cdot 20) +$$
$$+ 1/(6EJ)(1\cdot 20 + 4\cdot 0{,}5\cdot 20 + 0\cdot 20) = 30{,}0/EJ\,.$$

10. При определении перемещения y_{ij} эквивалентной системы в направлении избыточного неизвестного X_{1i} под действием избыточного неизвестного X_{1j} интеграл перемещений примет вид

$$y_{ij} = X_j \int_0^{3L} \overline{M_i}(z)\,\overline{M_j}(z)/(EJ)\,. \qquad (7.10)$$

Здесь используется принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции). Изгибающий момент от избыточного неизвестного X_j представлен как произведение модуля этого неизвестного на момент от единичной силы, приложенной в точке jи действующей по направлению силы X_j.

Интеграл в формуле (7.10) называют коэффициентом при неизвестном системы канонических уравнений метода сил и обозначают δ_{ij}. Из свойств определённого интеграла вытекают следующие свойства матрицы коэффициентов при неизвестных системы канонических уравнений метода сил: матрица коэффициентов при неизвестных симметрична

$$\delta_{ij} = \delta_{ji};$$

диагональные члены матрицы коэффициентов при неизвестных положительны $\delta_{ii} > 0$.

Канонические уравнения метода сил примут вид с учётом принятых обозначений:

$$\left.\begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_1 = 0,\\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_2 = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (7.11)$$

Коэффициенты при неизвестных вычислены по формуле Симпсона

$$\delta_{11} = L/(6EJ)(0 + 4\cdot 2^2 + 4^2) + 2\,L/(6EJ)(0 + 4\cdot 2^2 + 4^2) = 32/(EJ);$$

$$\delta_{22} = 2\cdot 2/(6EJ)\,(0 + 4\cdot 1 + 2^2)/(6EJ) = 5{,}33/(EJ);$$

$$\delta_{12} = 2/(6EJ)(0 + 4\cdot 2\cdot 1 + 4\cdot 2) + 2/(6EJ)(4\cdot 2 + 4\cdot 3\cdot 1 + 2\cdot 0) = 12/EJ\,.$$

11. Система канонических уравнений метода сил

$$\left.\begin{aligned} 32{,}0\,X_1 + 12{,}0\,X_2 + 127 = 0\,,\\ 12{,}0\,X_1 + 5{,}33\,X_2 + 30{,}0 = 0 \end{aligned}\right\}.$$

Корни этой системы равны $X_1 = -11{,}8$, $X_1 = 21{,}0$. Избыточное неизвестное X_1 отрицательно, следовательное его направление и направление реакций $\overline{R_{11}}$и $\overline{R_{21}}$ обратно принятому на рис. 7.10, б.

12. Определяем опорные реакции. В соответствии с направлениями реакций (рис. 7.19, б – 7.10, б) получаем

$$R_1 = R_{1в} + X_1\overline{R_{11}} + X_2\overline{R_{12}} = 10{,}0 - 11{,}8\cdot 2 + 21{,}0\cdot 3 = 7{,}33;$$

$$R_2 = R_{2в} - X_1\overline{R_{21}} - X_2\overline{R_{22}} = 30 - (-11{,}8)\cdot 1 - 21{,}0\cdot 2 = 23{,}5.$$

Строим истинную эпюру поперечной силы Q (рис. 7.11, ж).

13. Истинную эпюру изгибающих моментов, в неразрезной балке находим по формуле

$$M(z) = M_в(z) + X_1\overline{M_1}(z) + X_2\overline{M_2(z)}\,.$$

Эпюра изгибающего момента дана на рис. 7.11, з.

14. Выбор двутавра из условия прочности $\sigma_m = M_m/W \le [\sigma]$. Здесь: $M_m = 11{,}8$ [кН·м] $= 11{,}8\cdot 10^3$ [Н·м] – наибольший по модулю изгибающий

момент в балке (найденный в п. 3); $[\sigma] = 200$ [МПа] $= 2 \cdot 10^8$ [Н/м^2] – допускаемые напряжения.

Требуемый по условию прочности момент сопротивления изгибу $W = M_m/[\sigma] = 11{,}8 \cdot 10^3/2 \cdot 10^8 = 5{,}9 \cdot 10^{-5}$[м^3]$= 59$[см^3]. В ГОСТ 8239-89 находим двутавр с ближайшим большим моментом сопротивления изгибу: двутавр № 14, $W_x = 81{,}7{,}0$ [см^3]. Его момент инерции $J_x = 572$ [см^4].

15. Находим максимальные напряжения изгиба

$$\sigma_{max} = M_{max}/W_x = 11{,}8 \cdot 10^3/81{,}7 \cdot 10^{-6} = 1{,}45 \cdot 10^8 \text{ [Н/м}^2\text{]}.$$

Определяем коэффициент запаса прочности по допускаемым напряжениям $k_{[\sigma]} = [\sigma]/\sigma_{max} = 2 \cdot 10^8/1{,}45 \cdot 10^8 = 1{,}38$.

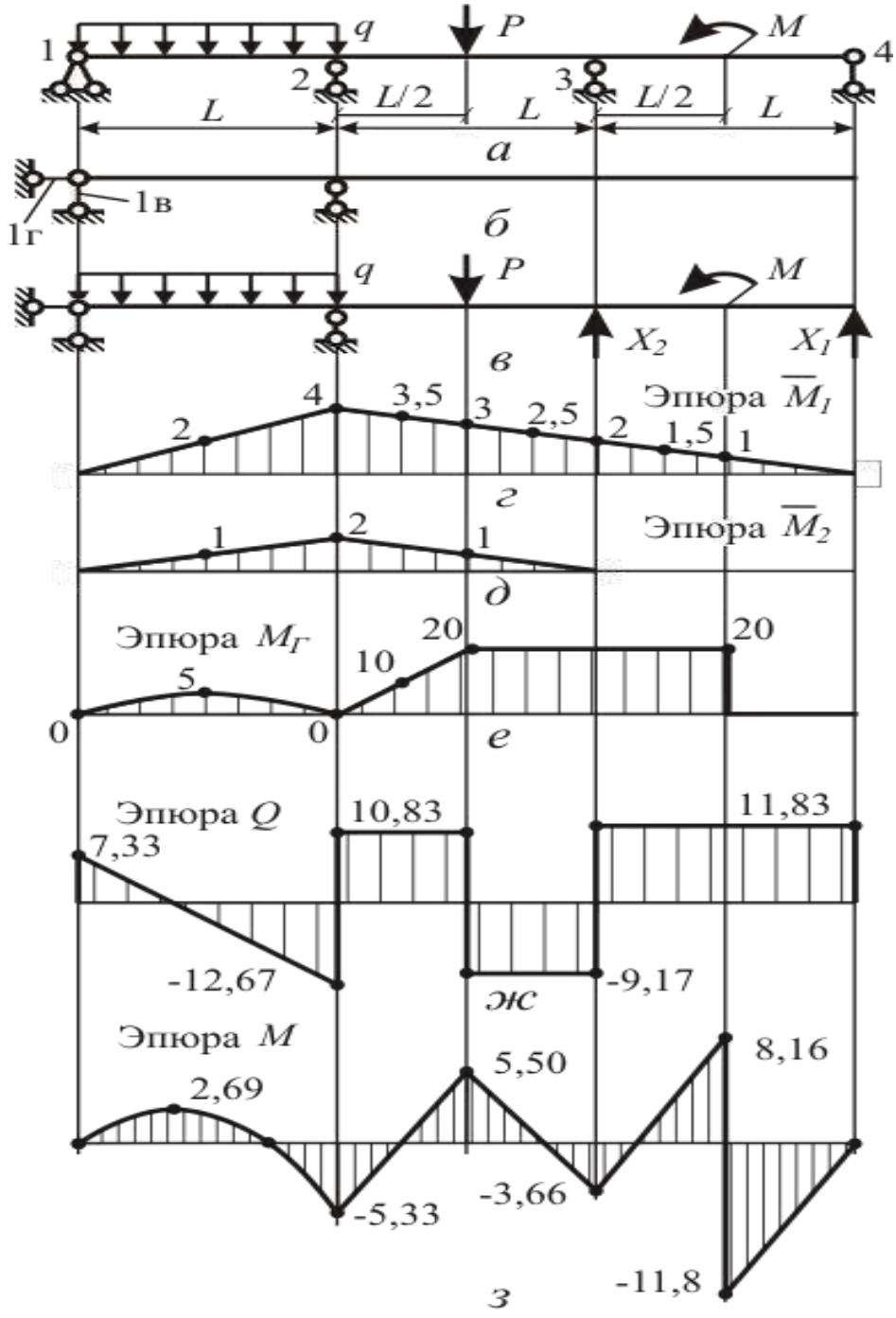


Рис. 7.11. Раскрытая методом сил статическая неопределимость

Задача №8. Расчет стержней на устойчивость

Из расчёта на устойчивость подобрать размеры поперечного сечения стального стержня, сжатого осевой силой P. Способ закрепления стержня и коэффициент приведённой длины μ указаны на рис. 8.1. Схемы сечений даны на рис. 8.2 и 8.3. Данные для расчёта сведены в табл. 8.1. Коэффициент продольного изгиба Приведен в табл.8.2.

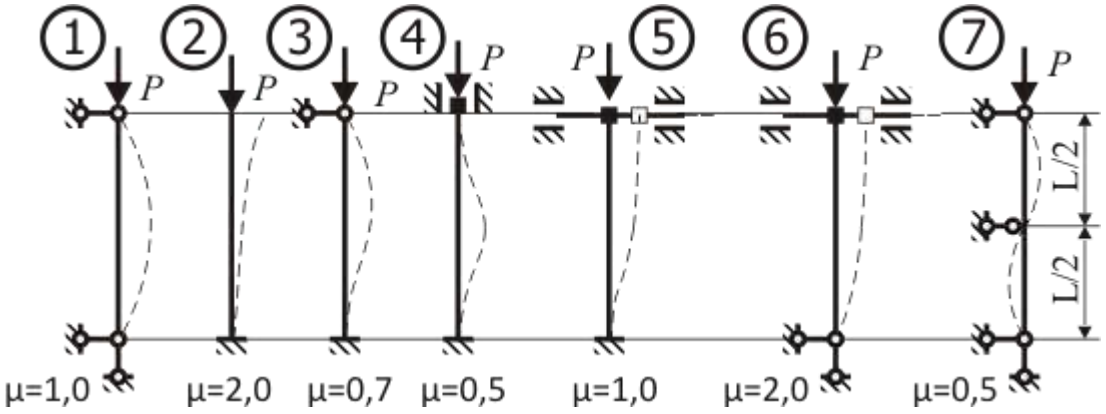


Рис. 8.1. Способ закрепления стержня и коэффициент приведённой длины μ

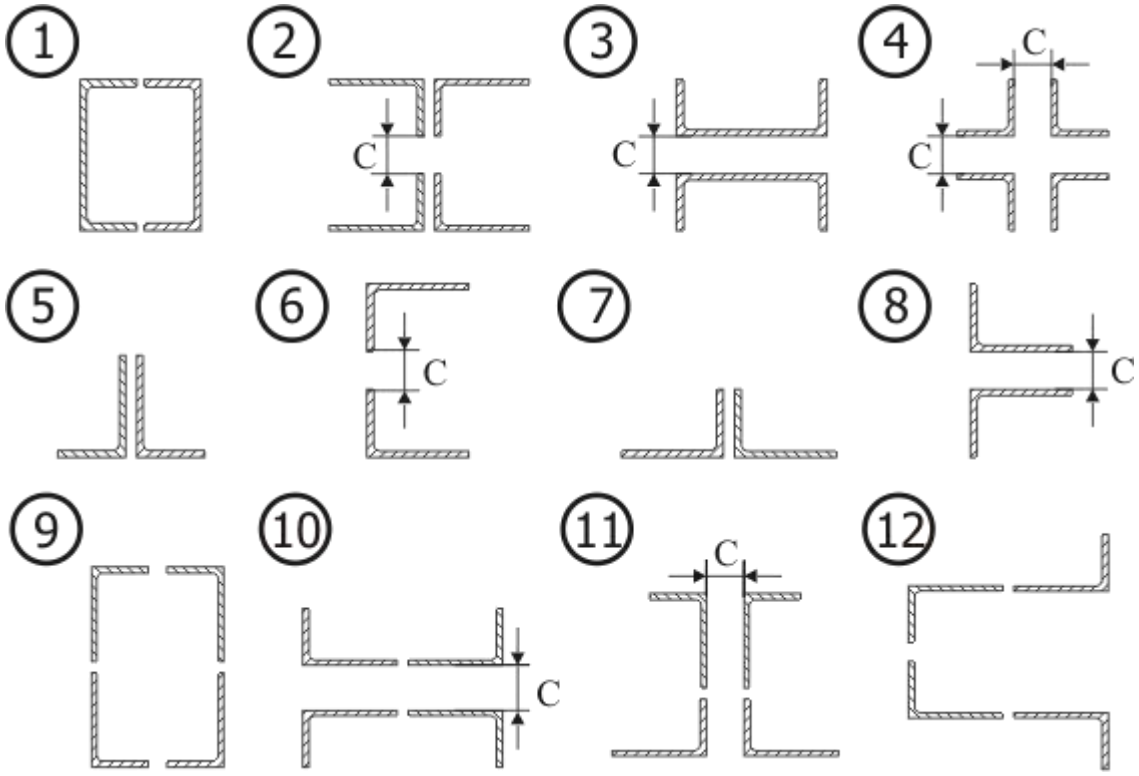


Рис. 8.2. Схемы поперечных сечений 1 – 12 стержня

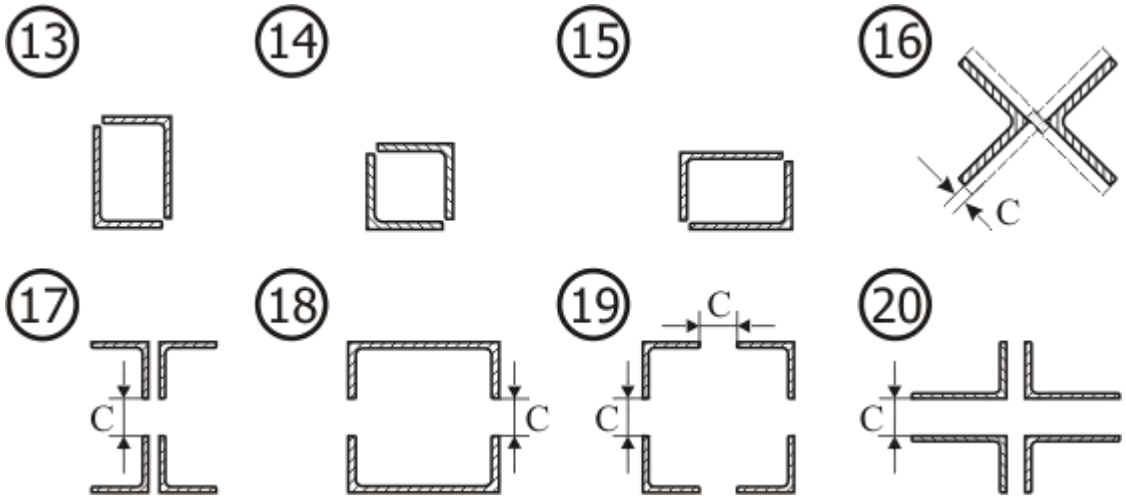


Рис. 8.3. Схемы поперечных сечений 13 – 20 стержня

Таблица 8.1

Исходные данные к задаче № 8

Номер варианта	Номер схемы закрепления	Номер сечения	Длина L, м	c, м	Осевая сила P, кН	Допускаемые напряжения сжатия $[\sigma]$, МПа
1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	6,0	–	500	240
2	2	2	2,5	70	550	280
3	3	3	6,5	75	600	320
4	4	4	7,0	80	650	360
5	5	5	7,5	–	95	400
6	6	6	3,0	55	90	440
7	7	7	8,0	–	85	480
8	1	8	6,0	60	80	520
9	2	9	3,5	–	700	560
10	3	10	6,5	65	750	600
11	4	11	7,0	70	800	640
12	5	12	7,5	–	850	240
13	6	13	4,0	–	75	280
14	7	14	8,0	–	70	320
15	1	15	6,0	–	65	360
16	2	16	2,5	75	60	400
17	3	17	6,5	80	900	440
18	4	18	7,0	55	500	480
19	5	19	7,5	60	550	520
20	6	20	3,0	65	600	560
21	7	1	8,0	–	650	600
22	1	2	6,0	70	700	640
23	2	3	3,5	75	750	240
24	3	4	6,5	80	800	280

Окончание таблицы 8.1

Номер варианта	Номер схемы закрепления	Номер сечения	Длина L, м	c, мм	Осевая сила P, кН	Допускаемые напряжения сжатия $[\sigma]$, МПа
1	2	3	4	5	6	7
25	4	5	7,0	–	55	320
26	5	6	7,5	55	95	360
27	6	7	4,0	–	90	400
28	7	8	8,0	60	85	440
29	1	9	6,0	–	850	480
30	2	10	2,5	65	900	520
31	3	11	6,5	70	500	560
32	4	12	7,0	–	550	600
33	5	13	7,5	–	80	640
34	6	14	3,0	–	75	240
35	7	15	8,0	–	70	280
36	1	16	6,0	75	65	320
37	2	17	3,5	80	600	360
38	3	18	6,5	55	650	400
39	4	19	7,0	60	700	440
40	5	20	7,5	65	750	480
41	6	1	4,0	–	800	520
42	7	2	8,0	70	850	560
43	1	3	6,0	75	900	600
44	2	4	2,5	80	500	640
45	3	5	6,5	–	60	240
46	4	6	7,0	55	55	280
47	5	7	7,5	–	95	320
48	6	8	3,0	60	90	360
49	7	9	8,0	–	550	400
50	1	10	6,0	65	600	440
51	2	11	3,5	70	650	480
52	3	12	6,5	–	700	520
53	4	13	7,0	–	85	560
54	5	14	7,5	–	80	600
55	6	15	4,0	–	75	640
56	7	16	8,0	75	70	240
57	1	17	6,0	80	750	280
58	2	18	2,5	55	800	320
59	3	19	6,5	60	850	360
60	4	20	7,0	65	900	400
61	5	1	7,5	–	500	440
62	6	2	3,0	70	550	480
63	7	3	8,0	75	600	520
64	1	4	6,0	80	650	560

Таблица 8.2.

Коэффициент продольного изгиба

Гибкость, λ	Значение коэффициента φ				
	Материал				
	Ст.4, Ст.3	Ст.5	Ст.СПБ	чугун	дерево
0	1	1	1	1	1
10	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,95	0,95	0,97
30	0,94	0,92	0,91	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,87	0,69	0,87
50	0,89	0,86	0,83	0,57	0,8
60	0,86	0,82	0,79	0,44	0,71
70	0,81	0,76	0,72	0,34	0,6
80	0,75	0,7	0,65	0,26	0,48
90	0,69	0,62	0,55	0,2	0,38
100	0,63	0,51	0,43	0,16	0,31
130	0,4	0,33	0,26	-	0,18
140	0,36	0,29	0,23	-	0,16
150	0,32	0,26	0,21	-	0,14
160	0,29	0,24	0,19	-	0,12
170	0,26	0,21	0,17	-	0,11
180	0,23	0,019	0,15	-	0,1
190	0,21	0,17	0,14	-	0,09
200	0,19	0,16	0,13	-	0,08

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Подобрать размеры поперечного сечения стальной трубчатой колонны, нагруженной осевой силой $P = 475$ кН. Высота колонны $l = 2{,}5$ м. Отношение внутреннего диаметра трубы к наружному равно $k = d_в/d = 0{,}5$. Схема закрепления колонны № 2 в табл. 7.1. Коэффициент приведённой длины $\mu = 2$. Допускаемые напряжения сжатия для материала колонны $[\sigma] = 440$ МПа.

1. Переводим: осевую силу в ньютоны $P = 4{,}75 \cdot 10^5$Н; допускаемые напряжения в Паскали: $[\sigma] = 4{,}4 \cdot 10^8$ Па.

2. Определяем приведённую длину колонны: $L = \mu\, l = 2 \cdot 2{,}5 = 5$ м.

3. Шаг 1 подбора сечения методом последовательных приближений. Задаём начальное значение коэффициента снижения запаса при продольном изгибе φ_1 по сравнению с коэффициентом запаса прочности при сжатии. Начальное значение коэффициента φ_1 рекомендуется выбирать в интервале 0,5 – 0,7. Принимаем $\varphi_1 = 0{,}5$.

4. По формуле

$$S_i = P/(\varphi_i\,[\sigma]) \qquad (8.1)$$

определяем площадь сечения, при которой обеспечивается устойчивость

$$S_1 = P/(\varphi_1\,[\sigma]) = 4{,}75 \cdot 10^5/(0{,}5 \cdot 4{,}4 \cdot 10^8) = 0{,}00216 \text{ м}^2.$$

5. Наружный диаметр сечения кольца, площадь которого равна S_1, находим по формуле

$$d_i = 2\sqrt{S_i/(\pi(1-k^2))}. \quad (8.2)$$

Получаем

$$d_1 = 2\sqrt{S_1/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00216/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}0605 \text{ м}.$$

6. Радиус инерции кольца

$$i = d\sqrt{1+k^2}/4. \quad (8.3)$$

Для выбранного кольца радиус инерции

$$i_1 = d_1\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}0605\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0169 \text{ м}.$$

7. Гибкость стержня определяется по формуле

$$\lambda = L/i. \quad (8.4)$$

Сечение, выбранное на первом шаге, имеет гибкость

$$\lambda_1 = L/i_1 = 5/0{,}0169 = 295.$$

8. По табл. 8.3 определяем коэффициент снижения запаса по устойчивости по сравнению с коэффициентом запаса прочности при сжатии. Для стали СПБ (с повышенными прочностными характеристиками) наибольшее значение гибкости, при котором определён коэффициент φ, равно $\lambda = 200$. Принимаем значение коэффициента запаса для стержня, выбранного на шаге 1, равным $\Phi_1 = 0$. Различие значений коэффициента снижения запаса устойчивости $\varphi_1 = 0{,}5$ и $\Phi_1 = 0$ относительно велико.

9. Шаг 2.

9.1. Начальное значение коэффициента φ на следующем шаге принимаем равным среднему значению начального и конечного значений коэффициентов предыдущего шага. Для шага 2 имеем

$$\varphi_2 = (\varphi_1 + \Phi_1)/2 = (0{,}5+0)/2 = 0{,}25. \quad (8.5)$$

9.2. По формулам (8.1) – (8.4) находим площадь, наружный диаметр, радиус инерции и гибкость стержня при принятом для шага 2 значении φ_2.

Получаем для шага 2:

площадь

$$S_2 = P/(\varphi_2\,[\sigma]) = 4{,}75\cdot 10^5/(0{,}25\cdot 4{,}4\cdot 10^8) = 0{,}00432 \text{ м}^2;$$

диаметр

$$d_2 = 2\sqrt{S_2/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00432/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}0856 \text{ м};$$

радиус инерции

$$i_2 = d_2\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}0856\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0239 \text{ м};$$

гибкость

$$\lambda_2 = L/i_2 = 5/0{,}0239 = 209.$$

9.3. Гибкость λ_2 превышает значение гибкости, для которой составлена табл. 8.3. Принимаем коэффициент снижения допускаемых напряжений при расчёте на устойчивость по отношению к допускаемым напряжениям при сжатии $\Phi_2 = 0$.

10. Шаг 3.

10.1. По аналогии с формулой (8.5) для шага 3 получаем

$$\varphi_3 = (\varphi_2 + \Phi_2)/2 = (0{,}25+0)/2 = 0{,}125.$$

10.2. По формулам (7.1) – (7.4) находим площадь, наружный диаметр, радиус инерции и гибкость стержня при принятом для шага 3 значении φ_3.

Получаем для шага 3:
площадь

$$S_3 = P/(\varphi_3\,[\sigma]) = 4{,}75\cdot 10^5/(0{,}125\cdot 4{,}4\cdot 10^8) = 0{,}00864\ \text{м}^2;$$

диаметр

$$d_3 = 2\sqrt{S_3/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00864/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}121\ \text{м};$$

радиус инерции

$$i_3 = d_3\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}121\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0338\ \text{м};$$

гибкость

$$\lambda_3 = L/i_3 = 5/0{,}0338 = 148\,.$$

10.3. По табл. 8.3 для стали СПБ находим с помощью линейной интерполяции значение коэффициента Φ_3. Для начального $\lambda_н$ и конечного $\lambda_к$ значений границ интервала, в коем лежит найденная гибкость λ, выписываем из табл. 8.3 соответствующие им значения $\varphi_н$ и $\varphi_к$. По формуле линейной интерполяции

$$\Phi = \varphi_н + (\varphi_к - \varphi_н)\,(\lambda - \lambda_н)/(\lambda_к - \lambda_н) \qquad (8.6)$$

получаем для шага 3:

$$\lambda_{н3} = 140\,;\ \lambda_{к3} = 150;$$
$$\varphi_{н3} = 0{,}23;\ \varphi_{к3} = 0{,}21;$$
$$\lambda_3 = 148.$$

Подставляя эти значения в (7.6), получаем

$$\Phi_3 = \varphi_{н3} + (\varphi_{к3} - \varphi_{н3})\,(\lambda_3 - \lambda_{н3})/(\lambda_{к3} - \lambda_{н3}) =$$
$$= 0{,}23 + (0{,}21 - 0{,}23)\,(148 - 140)/(150 - 140) = 0{,}215.$$

10.4. Определяем критическую силу по формуле

$$P = \Phi\, S\,[\sigma]. \qquad (8.7)$$

Получаем

$$P_3 = \Phi_3 S_3[\sigma] = 0{,}215\cdot 0{,}00864\cdot 4{,}4\cdot 10^8 = 8{,}15\cdot 10^5\ \text{Н}.$$

10.5. По формуле

$$\Delta_i = (P_i - P)/P \qquad (8.8)$$

ищем относительную погрешность подбора сечения.
Получаем

$$\Delta_i = (P_i - P)/P = (8{,}15\cdot 10^5 - 4{,}75\cdot 10^5)/4{,}75\cdot 10^5 = 0{,}716.$$

При подборе поперечного сечения колонны следует стремится к тому, чтобы относительная погрешность подбора лежала в пределах $\mp 0{,}05$.

11. Шаг 4

11.1. По формуле (8.5) для шага 4 получаем

$$\varphi_4 = (\varphi_3 + \Phi_3)/2 = (0{,}125 + 0{,}215)/2 = 0{,}170.$$

11.2. По формулам (8.1) – (8.4) находим площадь, наружный диаметр, радиус инерции и гибкость стержня при принятом для шага 4 значении φ_4.
Получаем для шага 4:
площадь

$$S_4 = P/(\varphi_4\,[\sigma]) = 4{,}75\cdot 10^5/(0{,}170\cdot 4{,}4\cdot 10^8) = 0{,}00636\ \text{м}^2;$$

диаметр

$$d_4 = 2\sqrt{S_4/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00636/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}104\ \text{м};$$

радиус инерции

$$i_3 = d_3\sqrt{1+k\hat{}2}/4 = 0{,}104\sqrt{1+0{,}5\hat{}2}/4 = 0{,}0290 \text{ м};$$

гибкость

$$\lambda_3 = L/i_3 = 5/0{,}0290 = 172\,.$$

11.3. По табл. 8.3 для стали СПБ находим значение коэффициента Φ_4. Для начального $\lambda_н$ и конечного $\lambda_к$ значений границ интервала, в коем лежит найденная гибкость λ, выписываем из табл. 8.3 соответствующие им значения $\varphi_н$ и $\varphi_к$. По формуле линейной интерполяции

$$\Phi = \varphi_н + (\varphi_к - \varphi_н)\,(\lambda - \lambda_н)/(\lambda_к - \lambda_н) \qquad (8.9)$$

получаем для шага 4:

$$\lambda_{н4} = 170\,;\ \lambda_{к4} = 180;$$
$$\varphi_{н4} = 0{,}17;\ \varphi_{к4} = 0{,}15;$$
$$\lambda_4 = 172.$$

Подставляя эти значения в (8.9), получаем

$$\Phi_4 = \varphi_{н4} + (\varphi_{к4} - \varphi_{н4})\,(\lambda_4 - \lambda_{н4})/(\lambda_{к4} - \lambda_{н4}) =$$
$$= 0{,}17 + (0{,}15 - 0{,}17)\,(172 - 170)/(180 - 170) = 0{,}166.$$

11.4. Определяем критическую силу по формуле

$$P = \Phi\, S\, [\sigma]. \qquad (8.10)$$

Получаем

$$P_4 = \Phi_4 S_4 [\sigma] = 0{,}166 \cdot 0{,}00636 \cdot 4{,}4 \cdot 10^8 = 4{,}64 \cdot 10^5 \text{Н}.$$

11.5. По формуле (8.8) ищем относительную погрешность подбора сечения. Получаем

$\Delta_i = (P_i - P)/P = (4{,}64 \cdot 10^5 - 4{,}75 \cdot 10^5)/4{,}75 \cdot 10^5$=0,0242.

Критическая сила для стержня меньше действующей силы на 2,42%. Полученное значение лежит в пределах принятой в сопротивлении материалов погрешности в 5 %.

12. Выбрана труба с внешним диаметром 105 мм и внутренним диаметром 52,5 мм.

Задача № 9. Расчёт статически неопределимых рам

Раскрыть статическую неопределимость рамы (рис. 9.1). Построить эпюры внутренних силовых факторов, действующих в поперечных сечениях. Выбрать сечение двутавровой балки при заданном допускаемом напряжении $[\sigma] = 160$ МПа. Данные для расчёта взять из табл. 9.1.

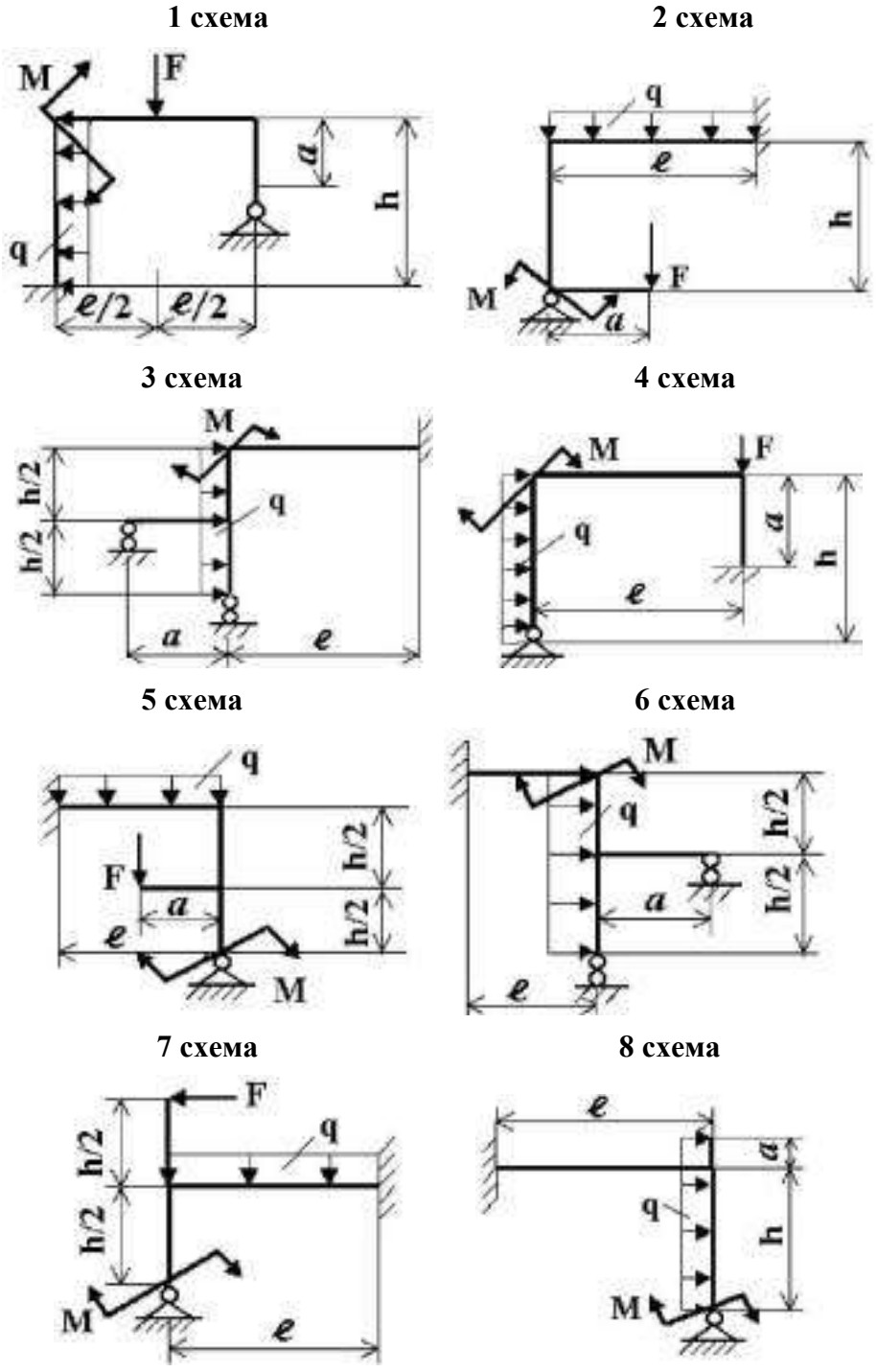


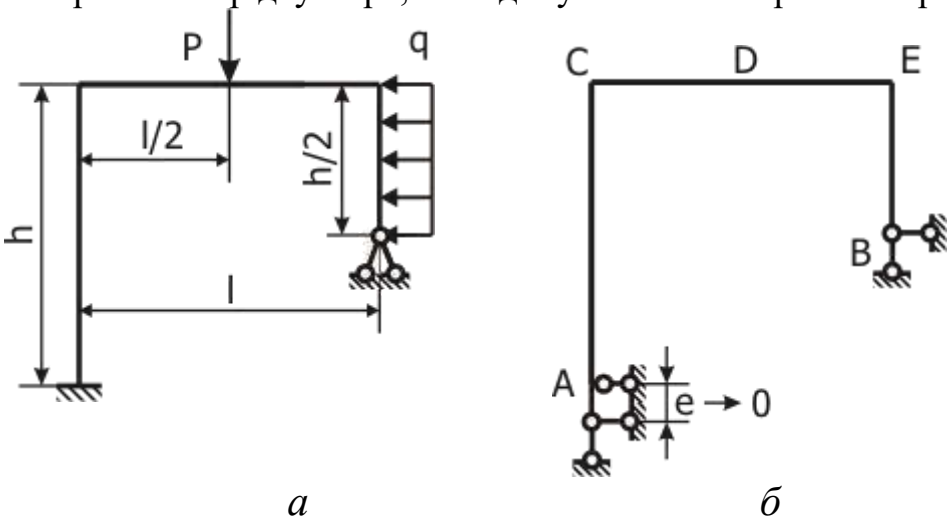
Рис. 9.1 Рама: схемы 1 … 8

Табл. 9.1

Номер задания	Схема по рис.9.1	Параметры	Числовые значения вариантов									
1	**1**	***h*, м**	**2,5**	**3,0**	**2,0**	**2,0**	**2,5**	**2,5**	**3,0**	**3,0**	**3,0**	**3,0**
2	**2**	***a*, м**	**1,8**	**1,0**	**1,5**	**1,6**	**1,0**	**1,2**	**1,5**	**1,0**	**2,0**	**1,8**
3	**3**	**M, кНм**	**30**	**40**	**20**	**20**	**40**	**26**	**25**	**60**	**30**	**20**
4	**4**	**F, кН**	**24**	**25**	**35**	**65**	**30**	**30**	**30**	**50**	**65**	**35**
5	**5**	**q, кН/м**	**30**	**30**	**30**	**10**	**10**	**35**	**20**	**35**	**15**	**10**
6	**6**	***h*, м**	**3,0**	**3,0**	**2,5**	**3,0**	**2,5**	**3,0**	**2,5**	**2,0**	**3,0**	**2,5**
7	**7**	***l*, м**	**4,0**	**4,0**	**2,0**	**2,5**	**3,0**	**4,0**	**3,0**	**3,0**	**2,0**	**4,0**
8	**8**	**M, кНм**	**30**	**45**	**25**	**30**	**25**	**24**	**35**	**20**	**35**	**20**
Номер варианта			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Раскрыть статическую неопределимость рамы (рис. 9.2. *а*). Размеры $l = 4$ м; $h = 4$ м. Нагрузки: $P = 20$ [кН]; $q = 5$ [кН/м]. Сечения стержней – двутавр. Выбрать номер двутавра, если допускаемые напряжения равны $[\sigma] = 160$ МПа.



а *б*

Рис. 9.2 Рама: а) схема; б) количество опорных стержней

РЕШЕНИЕ

1. *Степень статической неопределимости рамы.* Число опорных стерней равно 5 (заделка эквивалентна 3 опорным стержням (рис. 9.2. *б*), шарнирно-неподвижная опора образована 2 стержнями). Для определения опорных реакций плоской рамы имеем 3 уравнения статики. **Степенью статической неопределимости** называется разность между числом опорных стержней и числом уравнений статики. Рама дважды статически неопределима

$$N_{\text{неоп}} = K_{\text{реак}} - K_{\text{ур}} = 5 - 3 = 2.$$

2. *Выбор основной системы.* Удалив в заданной системе 2 опорных стержня, получим необходимое условие статической определимости

$$K_{\text{реак}} - K_{\text{ур}} = 0.$$

Основной системой называется **неизменяемая** статически определимая система, полученная из заданной системы отбрасыванием избыточных связей. На рис. 9.3 приведены основные системы, полученные отбрасыванием двух лишних опорных стержней.

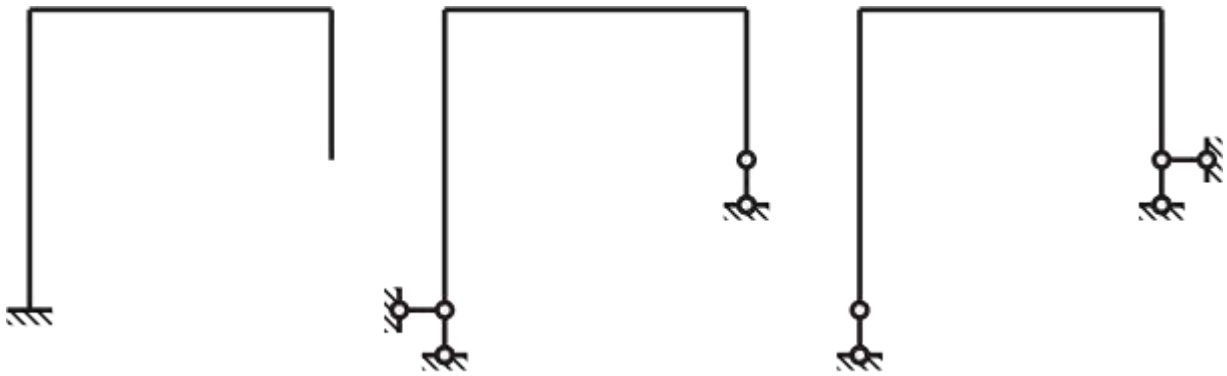


Рис. 9.3 Основные системы, полученные отбрасыванием опорных стержней

Основную систему можно получить удалением внутренних связей в узлах рамы или в самих стержнях. В основной системе (рис. 9.4.а) в узлах рамы удалены внутренние связи, передающие изгибающий момент. В системе (рис. 9.4.б) в двух сечениях удалены внутренние связи, воспринимающие изгибающие моменты. **Основная система должна быть неизменяемой**. Система (рис. 9.4.в), полученная удалением вертикальных опорных стержней, изменяема. Система (рис. 9.4.г), в правую стойку которой врезаны два шарнира, мгновенно изменяема.

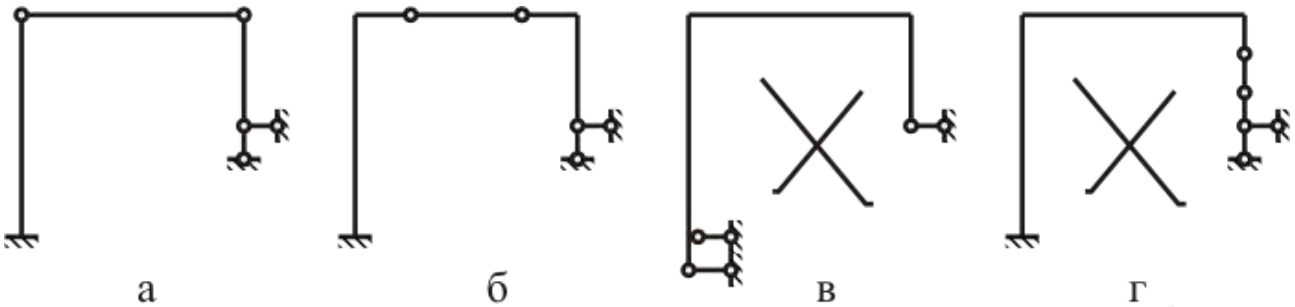


Рис. 9.4.а Основные системы, полученные удалением внутренних связей: а) в узлах, б) в стержнях, в) изменяемая система, г) мгновенно изменяемая система

3. *Выбор эквивалентной системы.* В качестве основной системы, выберем систему, показанную на рис. 9.3.а. Нагрузим её внешними нагрузками P, q согласно схеме, приведённой на (рис. 9.2.а). Действие удалённых опорных стержней, заменим **лишними неизвестными** силами $X_1,\ X_2$, приложенными в точке B. **Эквивалентной системой** называют основную систему, к которой

приложены заданные внешние нагрузки и лишние неизвестные X_1, X_2.
Эквивалентная система рамы приведена на рис. 9.5.

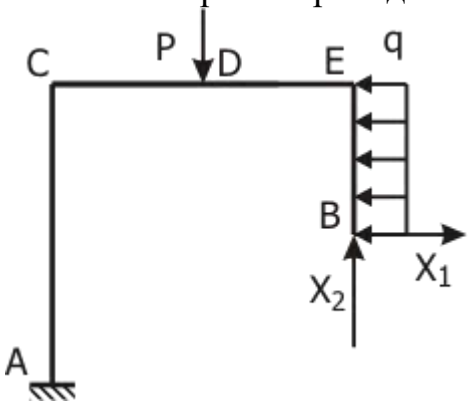


Рис. 9.5 Эквивалентная система

4. *Эпюры моментов*. При построении эпюр изгибающих моментов методом сечений применяем правило знаков для момента в балке, закреплённой горизонтально (рис. 9.6).

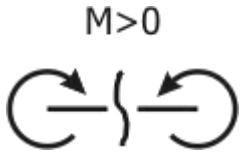


Рис. 9.6 Правило знаков для M

Перед применением этого правила к построению эпюры моментов на участке рамы с осью иного направления необходимо:

выбрать горизонтальный участок рамы и провести ниже оси этого участка пунктирную линию;

не пересекая оси рамы продолжить этот пунктир на прочих участках, параллельно их осям.

Разрезав раму и выбрав кусок, равновесие которого будет изучаться, следует повернуть кусок так, чтобы на нём ось разрезанного участка стала горизонтальной и пунктирная линия лежала ниже оси.

Пунктирная линия для рамы приведена на рис. 9.7.

Рама разбита на 4 участка: BE, ED, DC, CA. Границами участков являются: концы A и B, узлы C и E, точка D приложения силы.

4.1. *Эпюра* $\bar{M}_1$. Схема нагружения рамы силой $\bar{X}_1$ дана на рис. 9.7. Эпюру единичного изгибающего момента строим методом сечений. Правило для определения знака момента на горизонтальном участке CDE дано на рис. 9.6.

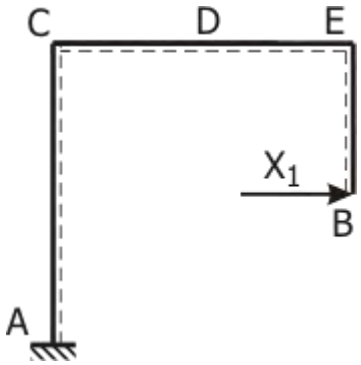


Рис. 9.7 К построению $\bar{M}_1$

4.1.1. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке BE*. Разрежем раму на участке BE в сечении S, лежащем на расстоянии S_B (рис. 9.8.а) и рассмотрим равновесие свободного (незакреплённого) куска. Повернём кусок SB в горизонтальное положение так, чтобы пунктирная линия лежала ниже оси (рис. 9.8.б). Момент силы $\bar{X}_1$ относительно точки равен $\bar{M}_1(S_B) = \bar{X}_1 S_B$. Сила вращает кусок SB в положительном направлении (против хода стрелок часов). По правилу знаков для моментов (рис. 9.6) это направление момента считается положительным для правого куска. Для вычисления интеграла перемещений по формуле Симпсона найдём значения момента в начале, середине, конце участка SB и построим эпюру изгибающего момента на участке. Положительные значения момента в машиностроении принято откладывать на сжатых волокнах. Представим, что кусок SB защемлён в сечении S. Сила $\bar{X}_1$ изогнёт кусок так, что правые волокна окажутся короче левых (рис. 9.8.в). Эпюру $\bar{M}_1(S_B)$ строим справа от оси стержня BE (рис. 9.8.г).

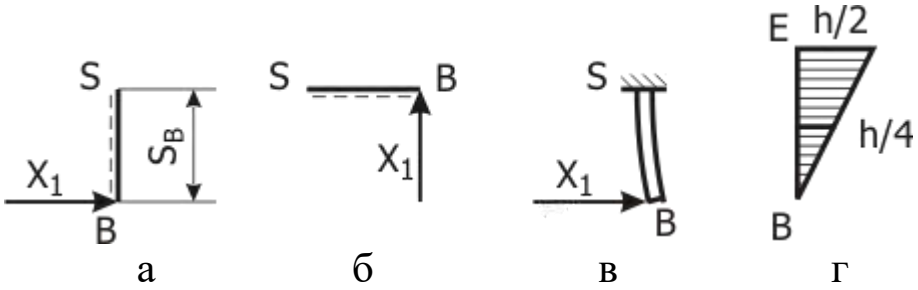
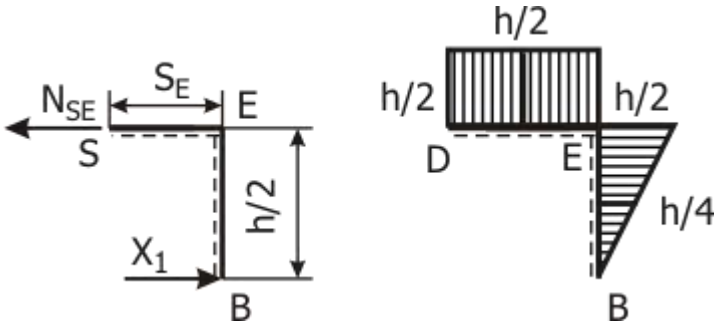


Рис. 9.8. Эпюра $\bar{M}_1$ на участке BE: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) сжатые волокна; г) эпюра на участке

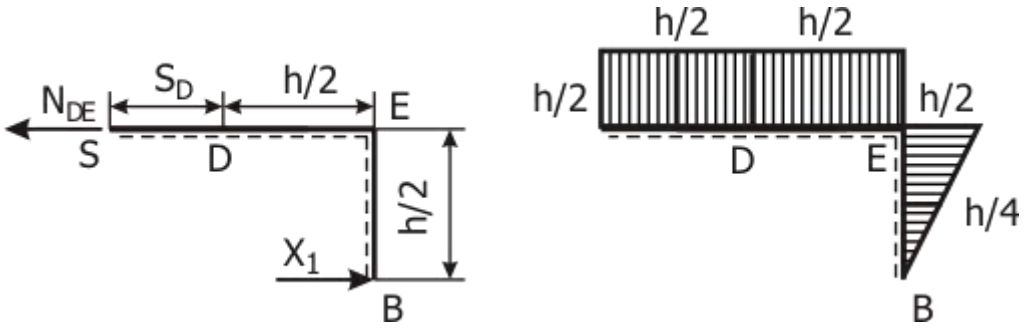
4.1.2. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке ED*. Разрежем раму на участке BE в сечении S, лежащем S_E на расстоянии от точки E (рис. 9.9.а). Рассматриваем равновесие правого (свободного) куска. Кусок не поворачиваем, так как пунктирная линия лежит ниже сплошной. Сила $\bar{X}_1$ уравновешена осевой силой N_{ES}, приложенной в сечении S. Эта пара сил создаёт в сечении S положительный изгибающий момент $\bar{M}_1(S_E)=\bar{X}_1 h/2$, постоянный на участке ED.



а б

Рис. 9.9 Эпюра $\bar{M}_1$ на участке ED: а) отрезанный кусок; б) эпюра

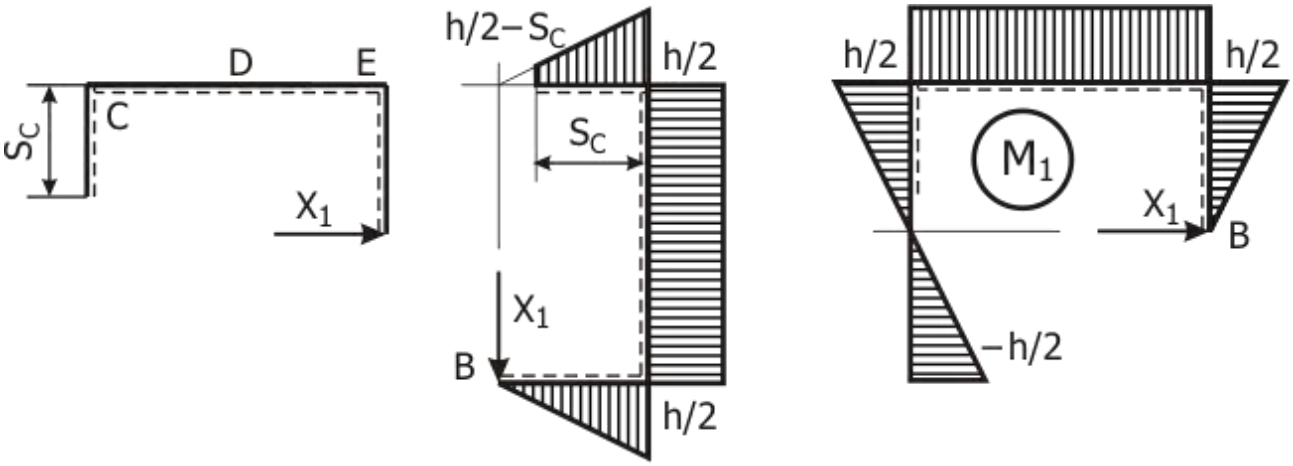
4.1.3. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке DC.* Эпюра на участке DC строится аналогично предыдущему. Результаты построения даны на рис. 9.10.



а б

Рис. 9.10 К построению эпюры $\bar{M}_1$ на участке DC: а) отрезанный кусок; б) эпюра

4.1.4. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке CA.* Разрежем раму в сечении S, лежащем на расстоянии S_C (рис. 9.11.а) от точки C. Рассмотрим равновесие свободного куска. Повернём кусок так, чтобы участок SC стал горизонтальным и пунктирная линия лежала ниже сплошной (рис. 9.11.б). Сила $\bar{X}_1$ уравновешивается поперечной силой Q, приложенной в сечении S. Пара сил $\bar{X}_1$ и Q создаёт в этом сечении S момент равный $\bar{M}_1(S_C) = \bar{X}_1(h/2 - S_C)$. Значения момента в начале, середине, конце участка CA равны $\bar{M}_1(0) = h/2$, $\bar{M}_1(h/2) = 0$, $\bar{M}_1(0) = -h/2$ и строим эпюру изгибающего момента на участке (рис. 9.11.в).



а б в

Рис. 9.11 К построению эпюры $\bar{M}_1$ на участке CA: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) эпюра

4.1.5. *Аналитические выражения для эпюры* $\bar{M}_1$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$\bar{M}_1 = \begin{cases} s_B; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ h/2; & \text{участок } ED \quad 0 \le s_E \le h/2; \\ h/2; & \text{участок } DC \quad 0 \le s_D \le h/2; \\ h/2 - s_C; & \text{участок } CA \quad 0 \le s_D \le h/2. \end{cases}.$$

4.2. *Эпюра* $\bar{M}_2$. Схема приложения силы $\bar{X}_2$ к раме дана на рис. 9.12.

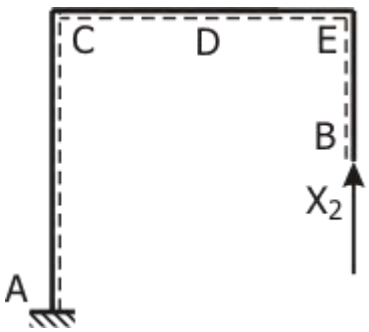


Рис. 9.12 К построению эпюры $\bar{M}_2$

4.2.1. *Участок* BE. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии s_B от точки B. Рассматриваем равновесие нижнего от разреза (свободного) куска (рис. 9.12). Сила $\bar{X}_2$ действует вдоль оси стержня BE. Момент $\bar{M}_2$ на участке равен нулю.

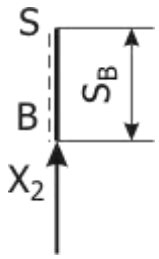
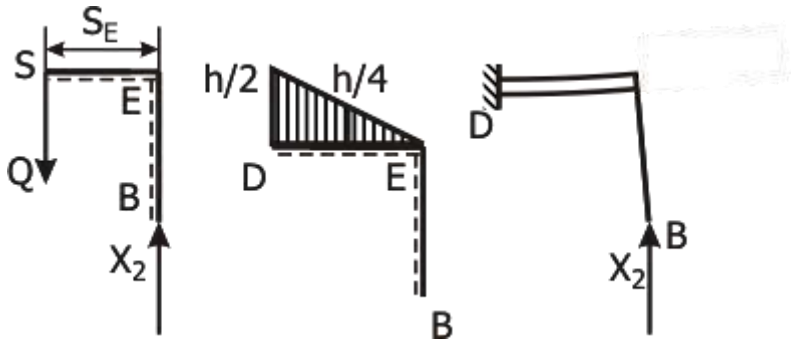


Рис. 9.12 К построению $\bar{M}_2$ на участке BE

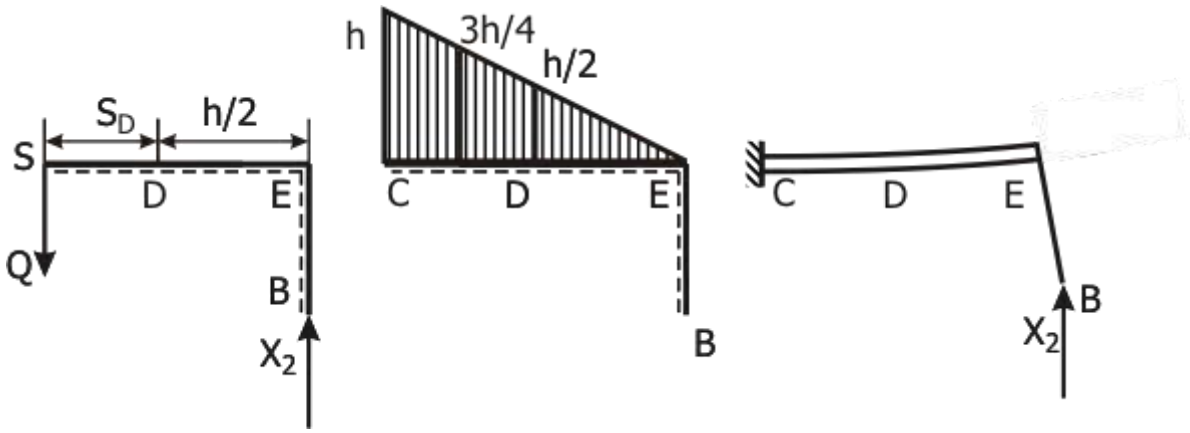
4.2.2. *Участок* ED. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии s_E от точки E. Рассматриваем равновесие свободного куска (рис. 9.13). Пунктирная линия на разрезанном участке лежит ниже сплошной, поэтому поворот не нужен. Поперечная сила Q, приложенная в сечении S, уравновешивает силу $\bar{X}_2$ и образует вместе с ней пару сил с моментом $\bar{M}_2 = \bar{X}_2 S_E = S_E$, вращающую кусок в положительном направлении. Значения момента в начале, середине, конце участка равные $\bar{M}_2(0) = 0$, $\bar{M}_2(h/4) = h/4$ и $\bar{M}_2(h/2) = h/2$ отложены на сжатых волокнах.



а б в

Рис. 9.13 К построению $\bar{M}_2$ на участке ED: а) отрезанный кусок; б) эпюра; в) положение сжатых волокон

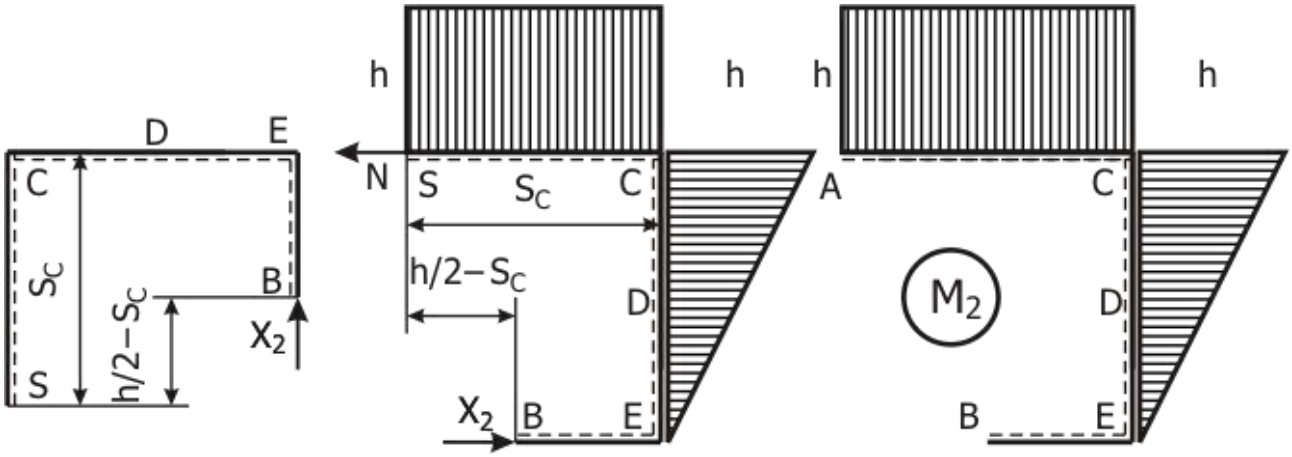
4.2.3. *Участок* DC. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии S_D от точки D. Рассматриваем равновесие свободного куска (рис. 9.14.а). Пунктирная линия на разрезанном участке лежит ниже сплошной, поэтому поворот не нужен. Поперечная сила Q, приложенная в сечении S, уравновешивает силу $\bar{X}_2$ и образует вместе с ней пару сил с моментом $\bar{M}_2 = S_E + h/2$, вращающую кусок в положительном направлении. Значения момента в начале, середине, конце участка равные $\bar{M}_2(0) = h/2$, $\bar{M}_2(h/4) = 3h/4$ и $\bar{M}_2(h/2) = h$ отложены на сжатых волокнах (рис. 9.14.б).



а б в

Рис. 9.14 Эпюра $\bar{M}_2$ на участке DC: а) отрезанный кусок; б) эпюра; в) положение сжатых волокон

4.2.4. *Участок* CA. Разрежем раму в сечении S, лежащем на расстоянии S_C (рис. 9.15.а) от точки C. Повернём свободный кусок так, чтобы участок SC был горизонтальным и пунктирная линия лежала ниже сплошной. Сила $\bar{X}_2$ и уравновешивающая её осевая сила $N(S_C)$ образуют пару сил. Момент пары равен $\bar{M}_2(S_C) = \bar{X}_2\,\mathrm{h}$. Значения момента постоянны по длине участка CA. Строим эпюру изгибающего момента на сжатых волокнах.



а б в

Рис. 9.15 Эпюра $\bar{M}_2$ на участке CA: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) эпюра

4.2.5. *Аналитические выражения для эпюры* $\bar{M}_2$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$\bar{M}_2 = \begin{cases} 0; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ S_E; & \text{участок } ED \quad 0 \le S_E \le h/2; \\ S_D + h/2; & \text{участок } DC \quad 0 \le S_D \le h/2; \\ h; & \text{участок } CA \quad 0 \le S_C \le h/2. \end{cases}$$

4.3. *Эпюра грузового момента* M_Γ. Рассматриваем раму основной системы, нагруженная силой P и равномерно распределённой нагрузкой q (рис. 9.16). Строим эпюру грузового момента от совместного действия P и q. (Возможно раздельное построение эпюр от P и эпюры от q с последующим суммированием полученных результатов).

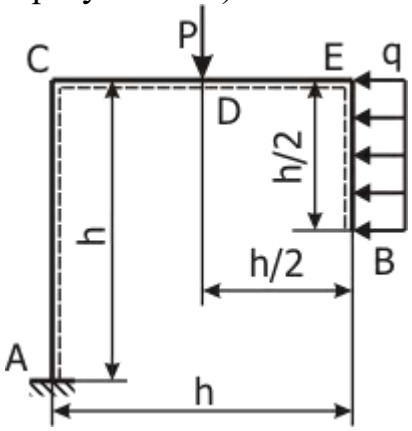


Рис. 9.16 К построению эпюры грузового момента $M_Г$

4.3.1. *Участок* BE. Положительный момент вращает против часовой стрелки. Координата сечения $0 \le S_B \le h/2$ (рис. 9.17.а). Повернём кусок BS в «рабочее» положение (рис. 9.17.б). В «рабочем» положении ось разрезанного участка BS с горизонтальна и подчёркнута пунктиром. Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой qS_B. Эквивалентная сила приложена посередине участка на расстоянии $S_B/2$ от разреза S (рис. 9.17.в). Момент равен $M_Г(S_B) = -qS_B^2/2$. Значения грузового момента в начале, конце, середине участка равны (кН·м):

$$M_Г(0) = -qS_B^2/2 = -5 \cdot \frac{0^2}{2} = 0; \quad M_Г(2) = -qS_B^2/2 = -5 \cdot \frac{2^2}{2} = -10;$$

$$M_Г(1) = -qS_B^2/2 = -5 \cdot \frac{1^2}{2} = -2{,}5.$$

Эпюра приведена на (рис. 9.17.г).

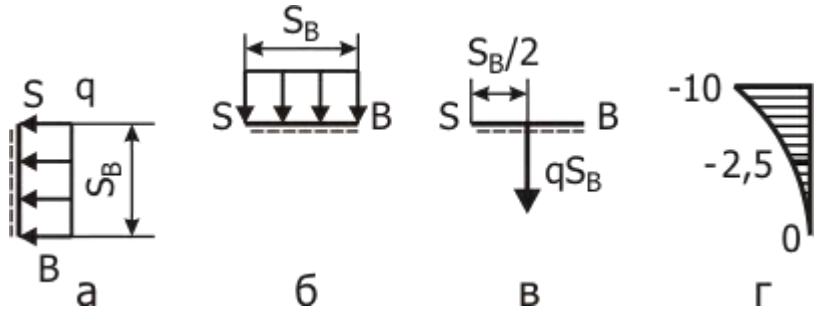


Рис. 9.17 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке BE

4.3.2. *Участок* ED. Отрезанный кусок и выбор координаты сечения S_E показаны на (рис. 9.18.а). Координата изменяется в пределах $0 \le S_E \le h/2$. Поворот не нужен, так как разрезанный участок находится в «рабочем» положении. Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой . Эквивалентная сила приложена посередине участка BE. Её плечо относительно разреза S равно $h/4$ (рис. 9. 18.б). Момент имеет постоянное значение на участке ED равное $M_Г(S_E) = -qh^2/8 = -5 \cdot 4^2/8 = -10$ (кН·м).
Эпюра приведена на (рис. 9. 18.в).

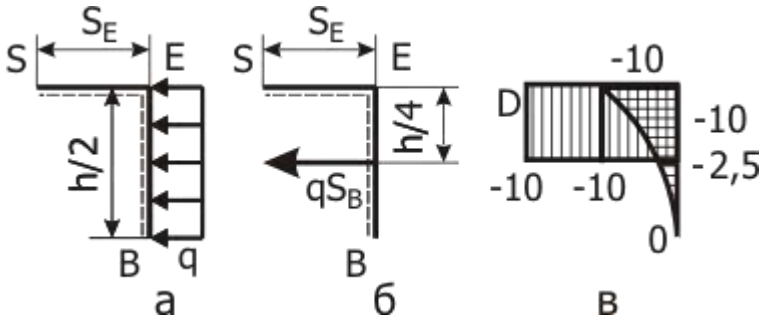


Рис. 9.18 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке ED

4.3.3. *Участок* DC. Отрезанный кусок и выбор координаты разреза S_D показаны на (рис. 9.19.а). Координата изменяется в границах $0 \le S_D \le h/2$.

Поворот не нужен, так как разрезанный участок находится в «рабочем» положении (ось DC горизонтальна, пунктир лежит ниже оси). Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой . Плечо эквивалентной силы относительно разреза S равно $h/4$, а плечо силы P равно S_D (рис. 9.19.б). Момент в сечении с координатой S_D равен $M_Г(S_D) = -qh^2/8 - PS_D$. Значения грузового момента в начале, конце, середине участка DC равны (кН·м):
$M_Г(0) = -qh^2/8 - PS_D = -5 \cdot 4^2/8 - 20 \cdot 0 = -10$;
$M_Г(2) = -qh^2/8 - PS_D = -5 \cdot 4^2/8 - 20 \cdot 2 = -50$;
$M_Г(1) = -qh^2/8 - PS_D = -5 \cdot 4^2/8 - 20 \cdot 1 = -30$.
Эпюра приведена на (рис. 9.19.в).

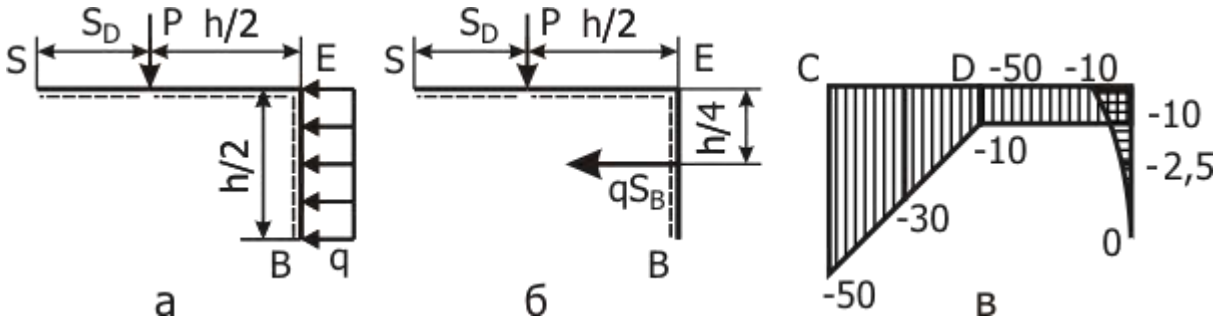


Рис. 9.19 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке DC

4.3.4. *Участок* CA. Отрезанный кусок и выбор координаты разреза S_C показаны на (рис. 9.20.а). Координата изменяется в границах $0 \le S_C \le h$. Поворачиваем кусок и приводим разрезанный участок CA в «рабочее» положение (ось CA горизонтальна, пунктир лежит ниже оси). Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой . Плечо эквивалентной силы относительно разреза S равно $-h/4 + S_C$. Плечо силы P равно (рис. 9.20.б). Момент в сечении с координатой S_C равен . Значения грузового момента в начале, конце, середине участка DC равны, соответственно (кН·м): -50; -30; -10. Эпюра приведена на (рис. 9.20.в).

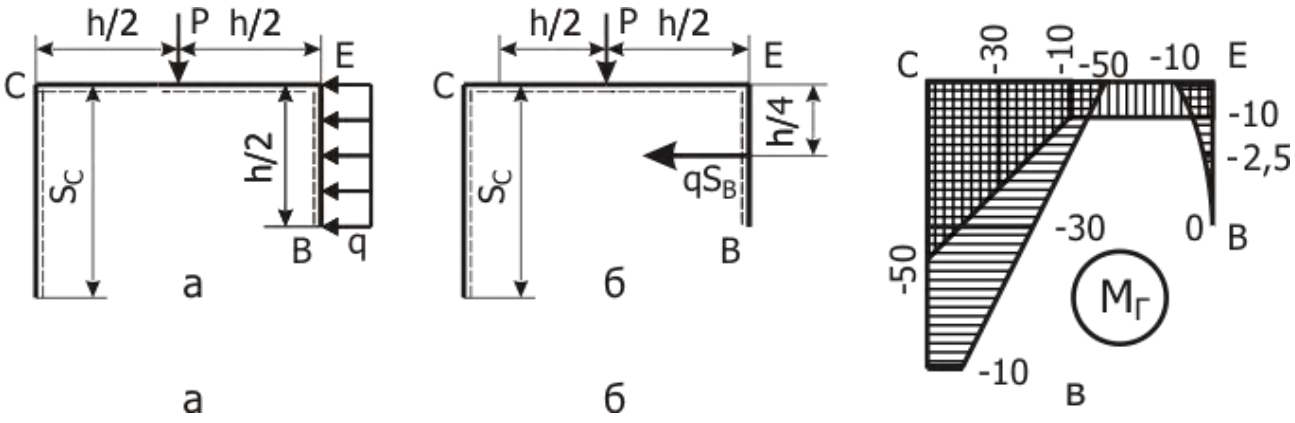


Рис. 9.20 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке AC

4.5. *Аналитические выражения для эпюры* $M_Г$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$M_Г = \begin{cases} qs_B{}^2/2; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ q\mathrm{h}^2/8; & \text{участок } ED \quad 0 \le S_E \le h/2; \\ -pS_D - qh^2/8; & \text{участок } DC \quad 0 \le S_D \le h/2; \\ -p\,h/2 - qh^2/8 + qhs_c; & \text{участок } CA \quad 0 \le S_C \le h/2. \end{cases}$$

5. *Вычисление коэффициентов системы канонических уравнений*

5.1. *Коэффициенты при неизвестных*

Интегралы вычисляем по формуле Симпсона

$$I = \int_0^l f(s)g(s)ds = l/6\left(f(s_н)g(s_н) + 4f(s_с)g(s_с) + f(s_к)g(s_к)\right),$$

где $s_н$, $s_с$, $s_к$ – координаты начала, середины и конца участка интегрирования.

$\delta_{11} = 1/EJ\left(\int_B^E \bar{M}_1^2(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_1^2(s_E)ds_E + \int_D^C \bar{M}_1^2(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_1^2(s_C)ds_C\right)$. Стержни рамы имеют одинаковую жёсткость, поэтому при раскрытии статической неопределимости жёсткость можно не учитывать.

$$\delta_{11} = 2/6\ (0^2 + 4\cdot 1^2 + 2^2) + 2/6\ (2^2 + 4\cdot 2^2 + 2^2) + 2/6\ (2^2 + 4\cdot 2^2 + 2^2) + 4/6\ (2^2 + 4\cdot 0^2 + (-2)^2) = 24$$

;

$$\delta_{12} = \int_B^E \bar{M}_1(s_B)\bar{M}_2(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_1(s_E)\bar{M}_2(s_E)ds_E + + \int_D^C \bar{M}_1(s_D)\bar{M}_2(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_1(s_C)\bar{M}_2(s_C)ds_C$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = 2/6\,(0\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot 0 + 2\cdot 0) + 2/6\,(2\cdot 0 + 4\cdot 2\cdot 1 + 2\cdot 2) + 2/6\,(2\cdot 2 + 4\cdot 2\cdot 3 + 2\cdot 4) + 4/6\,(2\cdot 4 + 4\cdot 0\cdot 4 + (-2)\cdot 4) = 16;$$

$\delta_{22} = \int_B^E \bar{M}_2^2(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_2^2(s_E)ds_E + \int_D^C \bar{M}_2^2(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_2^2(s_C)ds_C.$

$$\delta_{22} = 2/6\ (0^2 + 4\cdot 0^2 + 0^2) + 2/6\ (0^2 + 4\cdot 1^2 + 2^2) + 2/6\ (2^2 + 4\cdot 3^2 + 4^2) + 4/6\ (4^2 + 4\cdot 4^2 + 4^2) = 85{,}3.$$

5.2. *Грузовые коэффициенты*.

$\Delta_1 = \int_B^E \bar{M}_1(s_B)M_Г(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_1(s_E)M_Г(s_E)ds_E + + \int_D^C \bar{M}_1(s_D)M_Г(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_1(s_C)M_Г(s_C)ds_C;$

$$\Delta_1 = 2/6\,(0\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot(-2{,}5) + 2\cdot(-10)) - 2/6\,(2\cdot 10 + 4\cdot 2\cdot 10 + 2\cdot 10) - -2/6\,(2\cdot 10 + 4\cdot 2\cdot 30 + 2\cdot 50) - 4/6\,(2\cdot 50 + 4\cdot 0\cdot 30 + (-2)\cdot 10) = -22300;$$

$\Delta_2 = \int_B^E \bar{M}_2(s_B)M_Г(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_2(s_E)M_Г(s_E)ds_E + + \int_D^C \bar{M}_2(s_D)M_Г(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_2(s_C)M_Г(s_C)ds_C;$

$$\Delta_2 = -2/6\,(0\cdot 0 + 4\cdot 0\cdot 2{,}5 + 2\cdot 10) - 2/6\,(0\cdot 10 + 4\cdot 1\cdot 10 + 2\cdot 10) - -2/6\,(2\cdot 10 + 4\cdot 3\cdot 30 + 4\cdot 50) - 4/6\,(4\cdot 50 + 4\cdot 4\cdot 30 + 4\cdot 10) = -693.$$

6. *Решение системы канонических уравнений метода сил.*

Получена система канонических уравнений метода сил

$$\begin{cases} 24X_1 + 16\,X_2 - 22300 = 0; \\ 16\,X_1 + 85{,}3X_2 - 693 = 0. \end{cases}$$

Корни системы: $X_1 = 4{,}44$; и $X_2 = 7{,}29$.

7. *Эпюры внутренних силовых факторов в заданной раме*.

7.1. *Изгибающий момент*. Действующий в раме момент находим по формуле:

$$M(s) = M_\Gamma(s) + X_1\bar{M}_1(s) + X_2\bar{M}_2(s).$$

Моменты, действующие на отдельных стержнях рамы, равны:

$M(s_B = 0) = 0 + 4{,}44 \cdot\ 0 + 7{,}29 \cdot 0 = 0$;

$M(s_B = 1) = -2{,}5 + 4{,}44 \cdot 1 + 7{,}29 \cdot 0 = 1{,}94$;

$M(s_B = 2) = M(s_E = 0) = -10 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 0 = -1{,}11$;

$M(s_E = 1) = -10 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 1 = 6{,}18$;

$M(s_E = 2) = M(s_D = 0) = -10 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 2 = 13{,}5$;

$M(s_D = 1) = -30 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 3 = 0{,}764$;

$M(s_D = 2) = M(s_C = 0) = -50 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 4 = -11{,}9$;

$M(s_C = 2) = -30 + 4{,}44 \cdot 0 + 7{,}29 \cdot 2 = -0{,}833$;

$M(s_C = 4) = -10 + 4{,}44 \cdot (-2) + 7{,}29 \cdot 4 = 10{,}3$.

Эпюра изгибающих моментов в статически неопределимой раме построена на рис. 9.21.а

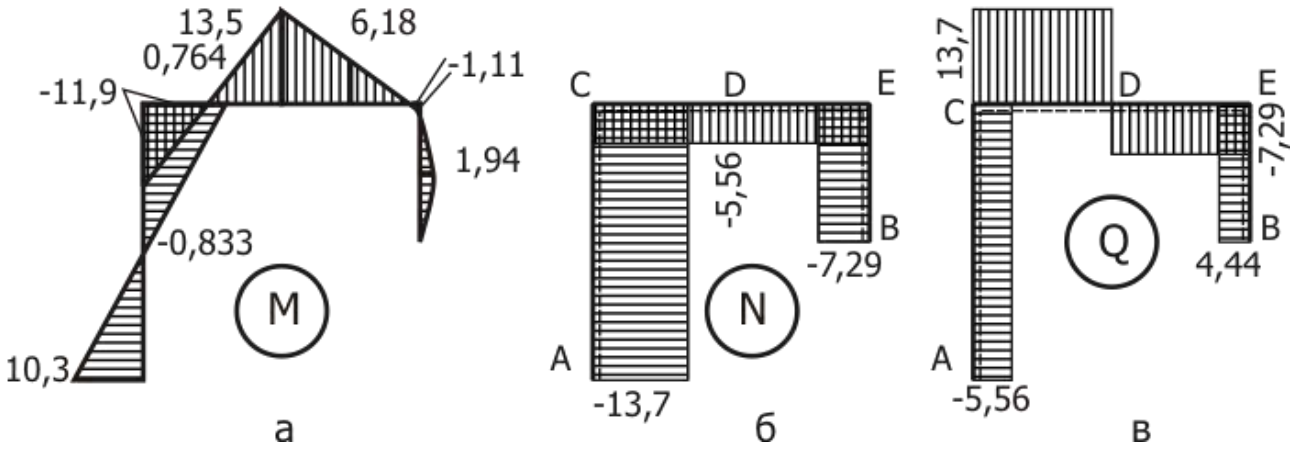


Рис. 9.21 Эпюры момента M, осевой силы N, поперечной силы Q

7.2. *Опорные реакции* X_A, Y_A. Из уравнений равновесия получаем:

$\sum X = 0; \quad X_A = q\,h/2 - X_1 = 5 \cdot 4/2 - 4{,}44 = 5{,}56$ кН;

$\sum Y = 0; \quad Y_A = P - X_2 = 20 - 7{,}29 = 12{,}7$ кН.

7.3. *Эпюра осевых сил* N. Растягивающую силу считаем положительной и откладываем на наружных волокнах стержня (рис. 9.21.б).

7.4. *Эпюра поперечной силы* Q. Поперечной сила считается положительной, если она вместе с внешней нагрузкой поворачивает отрезанный кусок по ходу стрелок часов. Эпюра Q приведена на рис. 9.21.в.

8. *Деформационная проверка.* Проверка состоит в проверке выполнения условий обращения в нуль интегралов:

$D1 = \sum 1/EJ \int M(s)\bar{M}_1(s)ds; \quad D2 = \sum 1/EJ \int M(s)\bar{M}_2(s)ds.$

В результате вычислений получаем: $D1 = -0{,}0000553, \quad D2 = 0{,}000213$.

9. *Подбор сечения двутавровой балки*.
$W = M_{max}/[\sigma] = 13{,}5 10^3/1{,}6\,10^8 = 8{,}43 \cdot 10^{-5}$ м^3 . Выбираем двутавр №16.
$W_{16} = 109 \cdot 10^{-4}$ м^3

ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчётно-пояснительная записка дипломного проекта выполняется на листах формата А4 (210х297 мм) в соответствии с ГОСТ 2.301-68. ЕСКД.

Листы должны иметь нумерацию. При оформлении записки на титульном листе указать тему РГР, фамилию, инициалы студента, специальность и группу.

При выполнении задания все преобразования и числовые расчёты должны быть последовательно проделаны с необходимыми пояснениями.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ицкович Г. М., Минин Л. С., Винокуров А. И.*Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. М.:Высшая школа,1999.

2. *Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А.*Конспект лекций по сопротивлению материалов. Екатеринбург, Издание УГГУ, 2005.

3. *Степин П.А.* Сопротивление материалов. М.: Лань, 2010.

Учебное издание

Чиркова Алена Анатольевна, Золкин Анатолий Павлович,
Суслов Дмитрий Николаевич, Афанасьев Анатолий Ильич,

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие
и контрольные задания для выполнения РГР
и самостоятельной работы студентов специальности *21.05.04 Горное дело*

Редактор *В.В. Баклаева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 5,2 Уч. изд. л. 1,72 Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Уторов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Специальность

21.05.04 Горное дело

Авторы: Двинин Л.А., доцент, к.т.н., Двинина Л. Б., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Технической механики	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Таугер В.М.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 04.04.2019 г.	Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «ГИДРОМЕХАНИКА».

ОБЪЕМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Суммарный объем часов на СРО *очной формы обучения* составляет 116 часов.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					89
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	0, 5 х 32= 16	16
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	6,0 х 4 = 24	24
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,5 х 10 = 5	5
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	1 х 32= 32	32
5	Подготовка к контрольным работам	1 работа	1,0-25,0	3 х 4 = 12	12
Другие виды самостоятельной работы					27
7	Подготовка к экзамену	1 экзамен		27	27
	Итого:				116

Суммарный объем часов на СРО *заочной формы* обучения составляет 168 час.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					101
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	4,0 х 6= 24	24
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	8,0 х 4 = 32	32
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,5 х 16 = 8	8
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	2 х 6 = 12	12
5	Подготовка к контрольной работе	1 работа	1,0-25,0	25 х 1 = 25	25
Другие виды самостоятельной работы					67
6	Подготовка и написание расчетно-графической работы	1 работа	58	58 х 1 = 58	58
	Подготовка к экзамену	1 экзамен		9	9
	Итого:				168

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, контрольные работы, экзамен.

ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа по темам 1-4

Расчетно-графическая работа:

1.Кинематический анализ механизма. Кинетостатический анализ механизма.
2.Анализ и синтез кулачковых механизмов.
3. Зубчатые передачи и расчет их основных параметров.
4. Расчеты на прочность заклепочных и сварных соединений.
5. Расчеты на прочность резьбовых, шпоночных и зубчатых соединений.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.

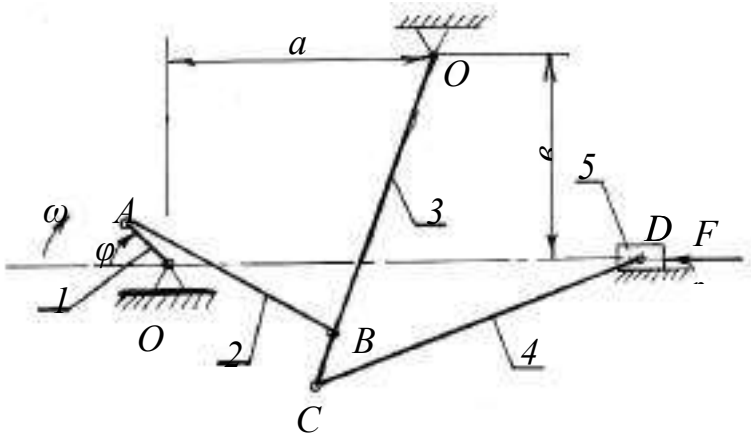
Оформление необходимой документации.

Подготовка к контрольной работе проводится студентом самостоятельно в рамках часов, выделенных на самостоятельную работу в учебном плане.

Контрольная работа № 1 по теме 2

Кинематический анализ плоского механизма (инерционный конвейер).

Инерционный конвейер состоит из кривошипа 1. шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и рештака (ползуна) 5.

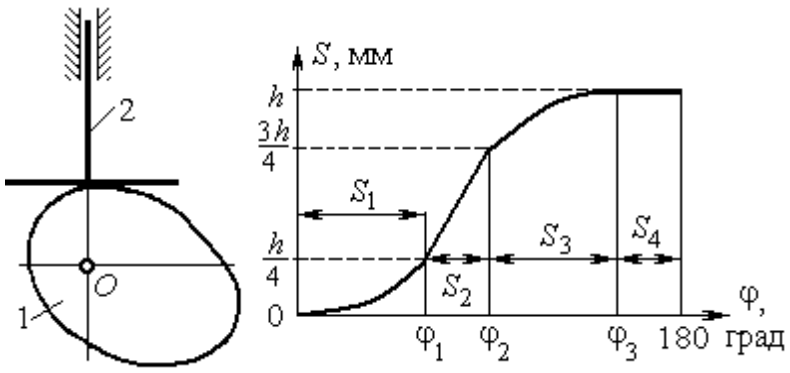


№ варианта	**φ** - Угол поворота кривошипа, град	***a, мм.***	***в, мм.***	***O_1A, мм.***	***AB, мм.***	***O_2B, мм.***	***O_2C, мм.***	***CD, мм***	Скорость вращения кривошипа, об/мин
1	45	900	700	200	800	1000	1200	1200	190
2	90	900	700	200	800	1000	1200	1200	95
3	235	60	40	100	110	120	100	250	200
4	255	40	60	100	110	120	120	250	180
5	120	150	50	100	290	250	150	300	150
6	115	350	110	100	230	250	250	400	170
7	140	40	60	100	110	120	150	400	250
8	50	75	0	100	110	120	120	300	190
9	148	800	600	240	920	840	900	1450	100

10	150	800	600	250	1060	8760	500	650	120

Контрольная работа № 2 по теме 3

Построить профиль кулачка по заданному закону движения толкателя.



$S_{\max} = h$

Вид законов движения толкателя по фазам движения кулачка

1-й участок: $0 \le \varphi \le \varphi_1$. Парабола с вершиной при $\varphi = 0$.

2-й участок: $\varphi_1 \le \varphi \le \varphi_2$. Линейный закон движения.

3-й участок: $\varphi_2 \le \varphi \le \varphi_3$. Парабола с вершиной при $\varphi = \varphi_3$.

4-й участок: $\varphi_3 \le \varphi \le 180^\circ$. Движения нет, $S_4 = h$

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Максимальный ход толкателя, мм	h	12	18	16	22	18	16	15	18	20	12
Границы фаз движения толкателя, рад	φ_1	60	85	75	80	65	90	85	68	82	92
	φ_2	100	125	100	115	100	125	135	102	125	130
	φ_3	160	165	145	160	150	160	170	162	162	170

Контрольная работа № 3 по теме 4

Выполнить проектировочный расчет одноступенчатой зубчатой передачи на усталостную прочность. Передача длительной эксплуатации. Двигатель передает мощность P при оборотах n_1, равных оборотам ведущего вала-шестерни, передаточное число редуктора равно u. Конструкции узла с симметричным расположением колеса относительно точек опоры вала даны на рис. 1. Материал вала сталь 45Х, термообработка - улучшение. Предел прочности материала σ_B. Допустимое напряжение смятия шпонок $[\sigma]_{см} = 100$ МПа.

Обозначения, принятые на схемах конструкций узлов:

$l_к$ $d_к$ - длина и диаметр консольной части вала;

$l_п$, $d_п$ - длина и диаметр участка вала в месте посадки подшипника;

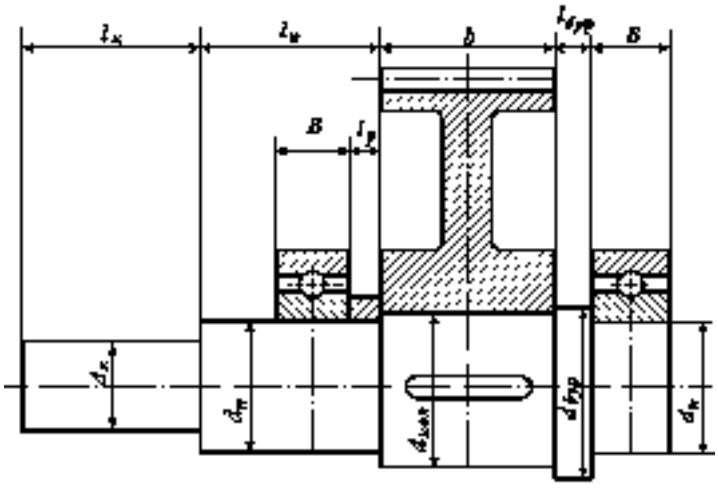
B - ширина подшипника;

$d_{кол}$ - диаметр вала под зубчатым колесом;

b - ширина зубчатого колеса;

$l_{бур}$, $d_{бур}$ - длина и диаметр буртика на валу;

$l_р$ - длина распорной втулки.

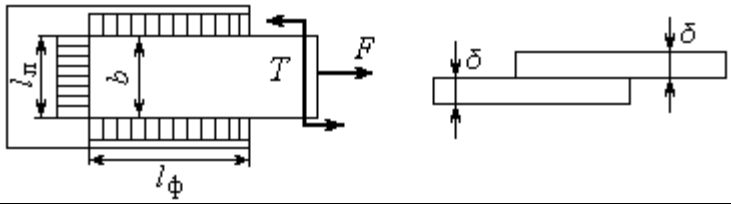


Исходные данные для зубчатой передачи

Параметр	Варианты заданий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, кВт	7,51	11	15	18,5	22	30	3	4	5,5	7,5
n_1,об/мин	1455	1460	1465	1465	1470	1470	700	720	720	730
u	8	9	6,3	7,1	4,5	5,6	2,8	3,55	4	4,5
σ_B, МПа	750	700	650	750	700	650	750	700	650	700

Контрольная работа № 4 по теме 5

Рассчитать сварное соединение, нагруженное центральным растягивающим усилием F и парой сил с моментом T, действующим в плоскости свариваемых листов. Материал скрепляемых листов (основного металла) - Ст3, Ст5 или Ст6. Толщина листов δ, запас прочности сварного шва s. Характер нагрузки статический. Сварка автоматическая под слоем флюса или ручная дуговая электродами Э42, Э50.

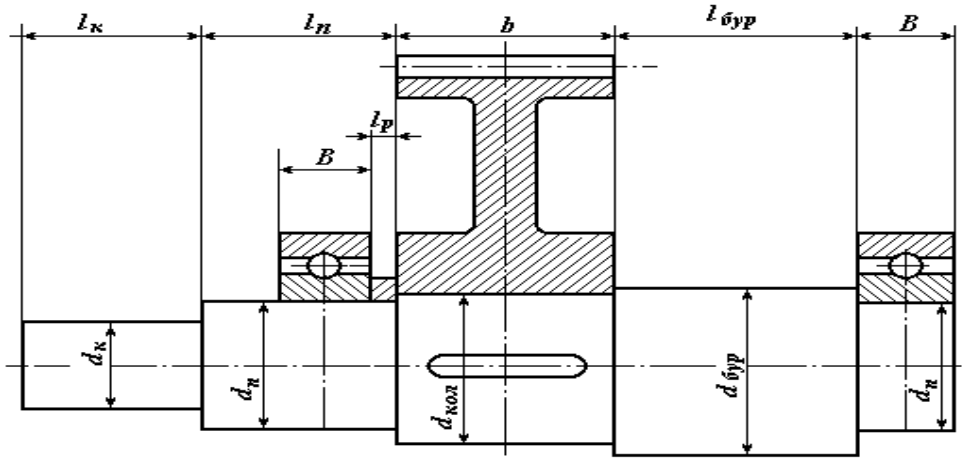


Параметры соединения	Номер задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Материал	Ст5	Ст6	Ст3	Ст6	Ст5	Ст6	Ст3	Ст5	Ст6	Ст3
F, кН	23	26	20	31	27	29	18	25	32	18
T, кНм	8	10	6	10	8	10	12	10	14	8
δ, мм	6	8	10	12	14	16	8	10	12	14
Запас прочн-ти,s	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,4	1,6	1,4	1,5	1,6
Сварка,	РучнЭ 50А	РучнЭ 42	Авто-мати-	РучнЭ 50А	РучнЭ 50	РучнЭ 42А	РучнЭ 50	Авто-мати-	РучнЭ 50	РучнЭ 42

электрод			ческая					ческая		

Контрольная работа № 5 по теме 6

Выполнить расчет шпоночного соединения тихоходного вала цилиндрического одноступенчатого редуктора. Двигатель передает мощность P при оборотах n_1, равных оборотам ведущего вала-шестерни, передаточное число редуктора равно u. Конструкции узла с несимметричным расположением колеса относительно точек опоры вала даны на рис. 2. Материал вала сталь 40Х, улучшение. Предел прочности материала $\sigma_{\text{В}}$. Допустимое напряжение смятия шпонок $[\sigma]_{см}$ = 120 МПа.



Обозначения, принятые на схемах конструкций узлов:

$l_к$ $d_к$ - длина и диаметр консольной части вала;

$l_п$, $d_п$ - длина и диаметр участка вала в месте посадки подшипника;

B - ширина подшипника;

$d_{кол}$ - диаметр вала под зубчатым колесом;

b - ширина зубчатого колеса;

$l_{бур}$, $d_{бур}$ - длина и диаметр буртика на валу;

$l_р$ - длина распорной втулки.

Исходные данные для шпоночного соединения

Параметр	Варианты заданий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P, кВт	11	15	18,5	22	30	37	45	4	5,5	7,5
n_1,об/мин	730	730	730	730	740	740	735	950	965	960
u	2,8	3,55	2	4	4,5	3,5	6	3,55	4	4,5
$\sigma_в$, МПа	750	650	700	750	650	700	750	650	650	700

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Угоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ГИДРОМЕХАНИКА

Специальность

21.05.04 Горное дело

Авторы: Двинин Л.А., доцент, к.т.н., Двинина Л. Б., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Технической механики
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Таугер В.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 04.04.2019 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)

Екатеринбург
2019

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «ГИДРОМЕХАНИКА».

ОБЪЕМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Суммарный объем часов на СРО *очной формы обучения* составляет 96 часов.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					92
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	1 х 32= 32	32
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	8,0 х 3 = 24	24
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,5 х 20 = 10	10
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	1,2 х 16= 19,2	20
5	Подготовка к контрольным работам	1 работа	1,0-25,0	2 х 3 = 6	6
Другие виды самостоятельной работы					4
7	Подготовка к зачету	1 зачет		4	4
	Итого:				96

Суммарный объем часов на СРО *заочной формы* обучения составляет 132 час.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					128
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	4,0 х 6= 24	24
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	8,0 х 6 = 48	48
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,5 х 46 = 23	23
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	2 х 6 = 12	12
5	Подготовка к контрольной работе	1 работа	1,0-25,0	25 х 1 = 25	25
Другие виды самостоятельной работы					4
	Подготовка к зачету	1 зачет		4	4
	Итого:				132

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, контрольные работы, экзамен.

ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа по темам 1-4

Расчетно-графические работы выполняются по методической литературе, изданной кафедрой:

Часс С. И. [Текст]: Гидромеханика. Сборник задач. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010.– 145 с.

Часс С. И. [Текст]: Гидравлика. Гидромеханика. Сборник задач и контрольных заданий. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009.– 137 с.

Номера вариантов берутся по номеру в списке группы или назначаются преподавателем, номера заданий берутся по таблице.

Методические рекомендации для решения задач и примеры для самостоятельного решения приведены в учебных пособиях:

Бебенина Т.П: Гидромеханика: Конспект лекций. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 224 с.

Часс С. И.: Гидравлика, гидромеханика. Механика жидкости и газа. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013.– 215 с.

Для подготовки к практическим занятиям преподаватель может привлекать дополнительную литературу, а также раздаточный материал.

Подготовка к контрольной работе проводится студентом самостоятельно в рамках часов, выделенных на самостоятельную работу в учебном плане.

Контрольная работа № 1 (Гидростатика)

№1

1.Дать понятие вязкости жидкости. Представить коэффициенты, характеризующие вязкость жидкости, единицы измерения коэффициентов. Записать закон Ньютона.

2.Представить давление $\boldsymbol{p}$=720 мм рт. ст. в единицах измерения системы СИ.

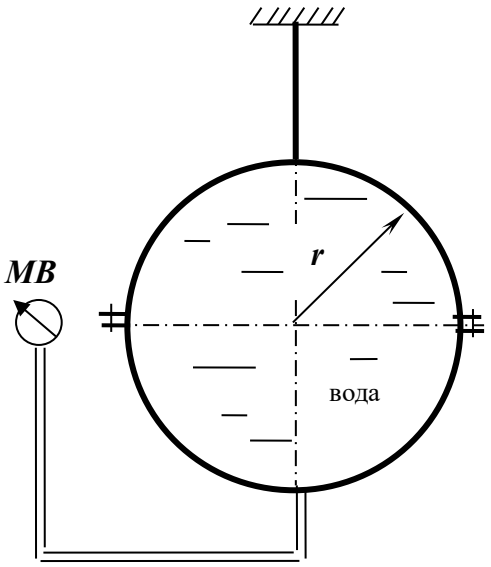
3.Определить какое давление – манометрическое или вакуум – показывает мановакуумметр, если абсолютное давление в измеряемой области равно 68 кПа. Величину давления представить в барах.

4.Определить давление в резервуаре, заполненном водой, на глубине $\boldsymbol{h}$ = 1,2 м, если избыточное давление на поверхности жидкости $\boldsymbol{p}_{изб}$=62 кПа.

5.Сформулировать закон Архимеда.

Задача

Шаровой сосуд радиусом r = 0,4 м, заполненный водой, висит на тяге, прикрепленной к его верхней половине. Найти давление в центре сосуда (показание пружинного мановакуумметра ***МВ***), при котором нижнюю половину сосуда, имеющую силу тяжести G =1500 Н, можно не закреплять. Каким должно быть показание прибора, если силу тяжести не учитывать?



№2

1.Записать формулу связи коэффициентов вязкости: динамического μ и кинематического ν.

2.Представить давление p = 1,2 ат в единицах измерения системы СИ.

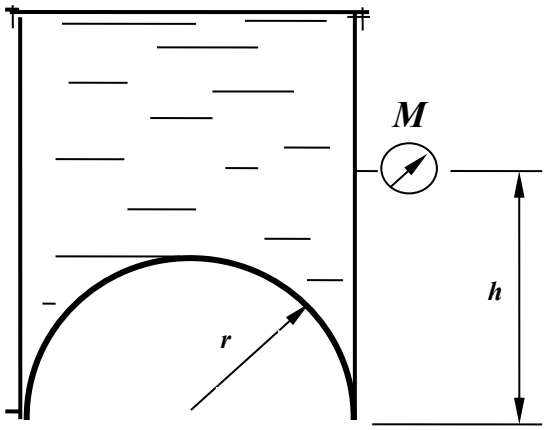
3.Определить абсолютное давление в резервуаре, заполненном воздухом, если показание вакуумметра, установленного на резервуаре, равно $p_{вак}$=0,6 ат.

4.Определить каким будет показание манометра (в бар), установленного на глубине h =1,2 м открытого резервуара, заполненного бензином. Плотность бензина $\rho_б$= 700 кг/м^3.

5.Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости.

Задача

Определить силу давления воды на полусферическое дно резервуара радиуса r = 1 м, если показание манометра ***М***, установленного на расстоянии h = 1,3 м, равняется $p_{ман}$= 0,2 бар.


M
h
r

№3.

1.Дать понятие физического свойства жидкости ***сжимаемость.***
Привести формулу коэффициента объемного сжатия.

2.Представить давление p = 196 кПа в атмосферах технических (ат).

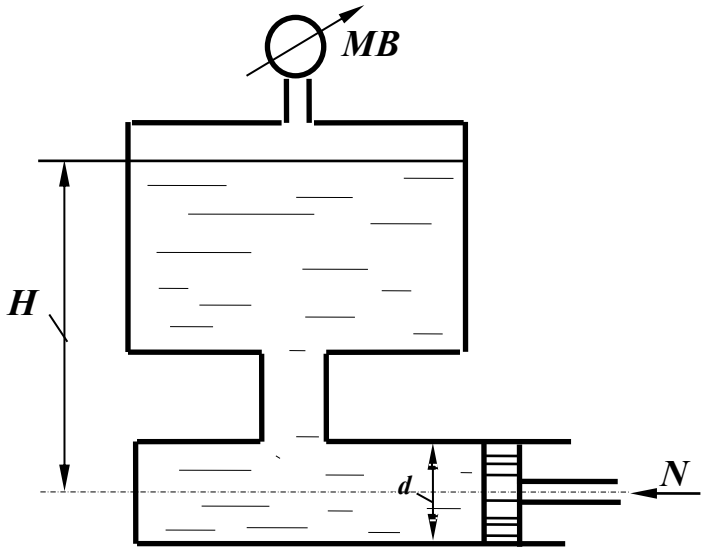
3.Манометрическое давление в измеряемой области равно $p_{ман}$ = 32 кПа. Записать величину абсолютного давления в области измерения.

4.Избыточное давление на поверхности масла в закрытом резервуаре равно $p_{изб}$= 0,13 ат. На какой глубине h установлен манометр, если его показание равно $p_{ман}$= 0,31 ат; плотность масла $\rho_м$= 900 кг/м^3.

5.Записать гидростатический закон распределения давления.

Задача

Определить усилие N, которое надо приложить к штоку поршня для удержания его на месте, если показание мановакуумметра $p_{МВ}$= 0,5 ати, диаметр штока d = 100 мм, высота уровня масла над осью штока H = 1,5 м, плотность масла $\rho_м$ = 800 кг/м^3.



№4

1.Дать понятие физического явления ***кавитация***.
2.Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 500 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

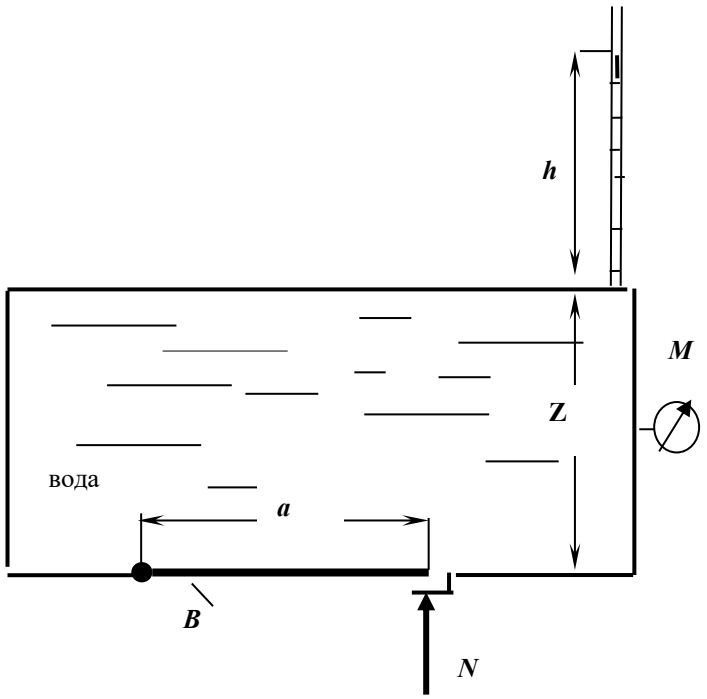
3.Вакуумметрическое давление в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{вак}$=38 кПа, записать величину абсолютного давления в области измерения.

4.Определить, каким должно быть давление на поверхности масла закрытого резервуара, если показание манометра на глубине $\boldsymbol{h}$ = 0,8 м равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Плотность масла принять равной $\rho_м$ =900 кг/м^3.

5.Сформулировать закон Паскаля.

Задача

Определить показание манометра ***M*** в центре боковой стенки резервуара с водой, а также усилие ***N***, приложенное к запорному устройству плоской квадратной крышки ***B*** при следующих данных: ***Z*** = 3 м; ***h*** = 2 м; ***a*** = 1 м.



№5

1.Дать понятие гидростатического давления. Свойства гидростатического давления. Единицы измерения давления в системе СИ.

2.Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 200 мм рт. ст. в Па.

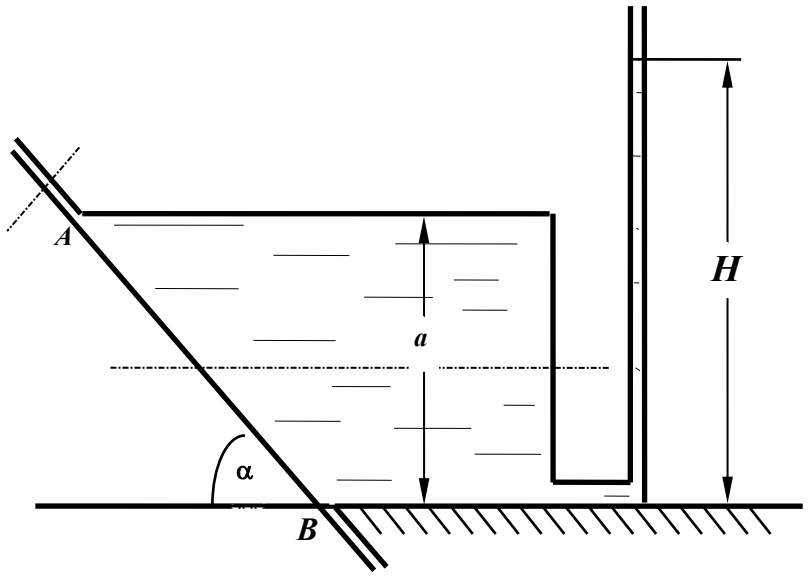
3.Определить, какое давление, манометрическое или вакуум, показывает мановакуумметр и его величину, если абсолютное давление в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{абс}$= 0,8 ат.

4.Определить, каким будет показание мановакуумметра на глубине $\boldsymbol{h}$ = 2,2 м закрытого резервуара, заполненного водой, если на поверхности жидкости действует вакуумметрическое давление $\boldsymbol{p}_{вак}$= 0,1 ат.

5.Дать определение свойства жидкости ***вязкость***.

Задача

Определить силу давления на крышку маслобака ***AB***, если показание пьезометра $\boldsymbol{H}$ = 400 мм, угол наклона крышки $\boldsymbol{\alpha}$ = 45°. В сечении бак имеет форму квадрата со стороной $\boldsymbol{a}$ = 200 мм. Плотность масла $\boldsymbol{\rho_м}$ = 900 кг/м^3.



№6

1. Дать понятие плоскости уровня, представить уравнение плоскости уровня.

2. Представить перевод давления p =1,2 ат в м вод.ст., в Па.

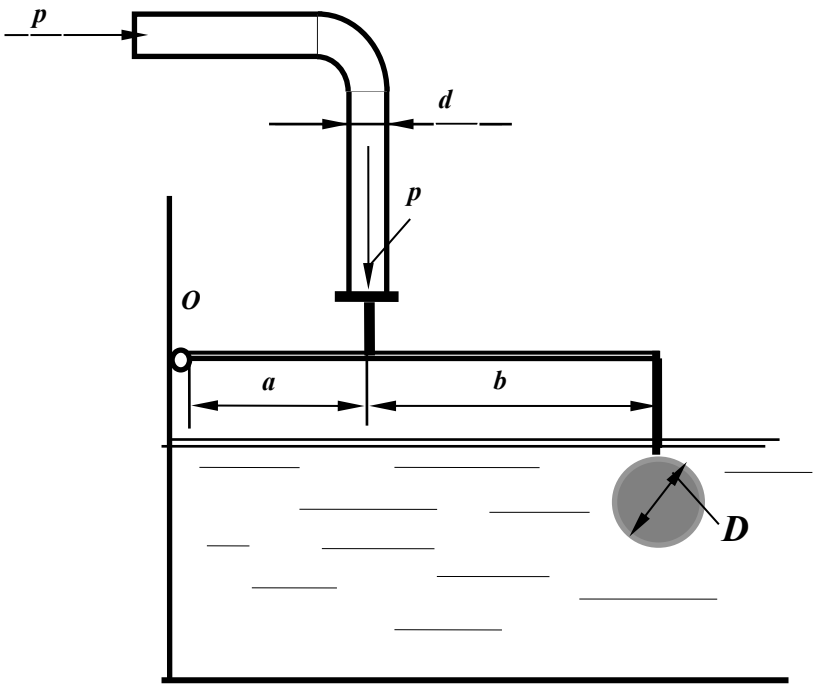
3. Дать понятие абсолютного давления. Записать абсолютное давление при манометрическом давлении $p_{ман}$= 32 кПа.

4. Показание манометра на определенной глубине в открытом резервуаре с водой равно $p_{ман}$=0,14 ат. Определить, как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить маслом плотностью $\rho_м$= 800 кг/м^3.

5. Нарисовать схему пьезометра для измерения абсолютного давления.

Задача

Вода, подаваемая под давлением p = 2,5 ати по трубе d = 150 мм, заполняет резервуар. Определить минимально необходимый диаметр D шарообразного поплавка, обеспечивающий автоматическое закрытие клапана при наполнении резервуара, если: a = 100 мм; b = 500 мм. Собственным весом рычага, клапана и поплавка пренебречь



№7

1. Записать основное уравнение гидростатики, пояснить все входящие в него параметры.

2. Представить давление p = 1,6 ат в единицах измерения системы СИ.

3. Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления при вакуумметрическом давлении $p_{вак}$= 38 кПа.

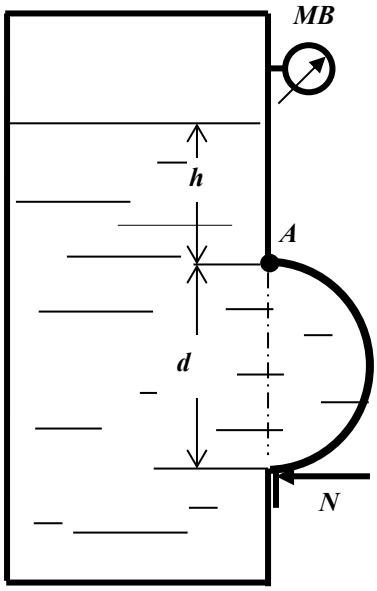
4. Показание манометра на определенной глубине открытого резервуара, заполненного бензином плотностью $\rho_{бен}$= 700 кг/м^3, равно $p_{ман}$= 0,12 ат. Как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить маслом плотностью $\rho_{мас}$= 900 кг/м^3.

5. По какой формуле следует определять силу давления жидкости на плоскую стенку, если на свободной поверхности жидкости действует абсолютное давление p_0 больше атмосферного, а не смоченная сторона стенки находится под атмосферным давлением?

Задача

Закрытый резервуар заполнен дизельным топливом с плотностью ρ = 846 кг/м^3. В вертикальной стенке резервуара имеется прямоугольное отверстие, закрытое полуцилиндрической крышкой. Она может поворачиваться вокруг горизонтальной оси в точке A. Пренебрегая силой тяжести крышки, определить усилие N, которое нужно приложить к крышке, чтобы она не открывалась при следующих данных: p_{MB} = 11,4 кПа; d = 1 м; h = 1 м; b =1,2 м.

Размер b перпендикулярен плоскости чертежа.



№8

1.Записать гидростатический закон распределения давления. Дать определение геометрического и пьезометрического напоров.

2.Представить давление $\boldsymbol{p}$ =196 кПа в технических атмосферах (ат).

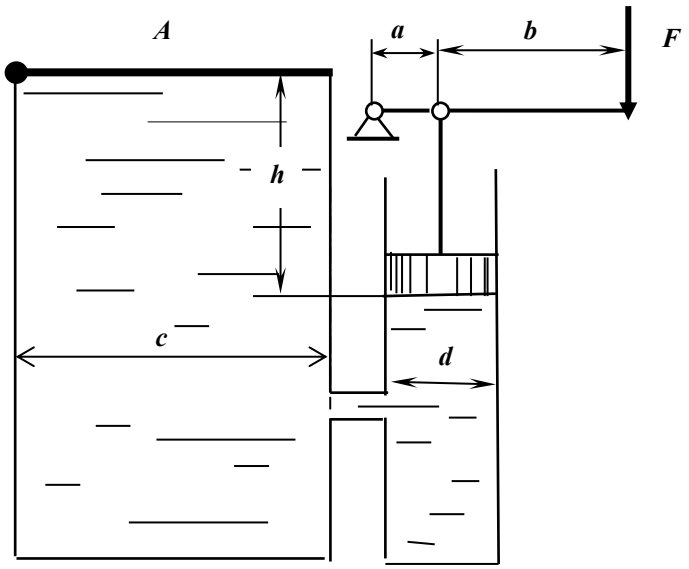
3.Определение абсолютного давления. Чему равно абсолютное давление при манометрическом давлении $\boldsymbol{p}_{ман}$= 62 кПа.

4.Показание манометра, установленного на закрытом резервуаре, заполненном маслом плотностью $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3, равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Рассчитать, какой должна быть высота уровня масла в пьезометре, выведенном на уровне установки манометра.

5.Дать понятие тела давления, на примерах пояснить различные тела давления.

Задача

К рычагу гидроусилителя приложена сила ***F***. Определить силу давления жидкости с плотностью ρ = 900 кг/м^3 на квадратную крышку ***A*** при следующих данных: ***F*** = 180 Н; ***d*** = 40 мм; ***c*** =1 м; ***h*** = 1 м; ***a*** = 10 мм; ***b*** =40 мм.



№9

1.Понятие гидростатического давления. Расчетная формула давления. Единицы измерения давления.

2.Представить давление, равное $\boldsymbol{p}$ = 12 м вод. ст., в единицах измерения системы СИ.

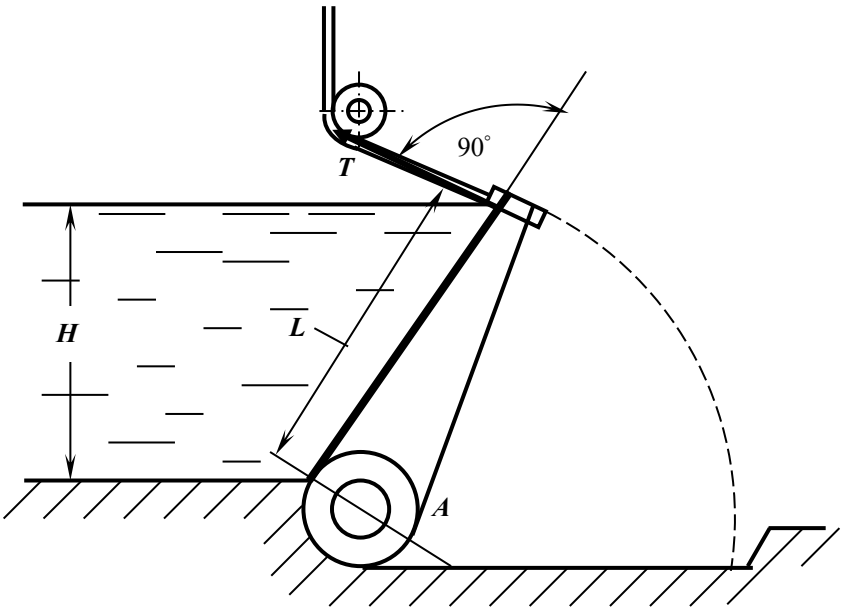
3.Абсолютное давление в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{абс}$= 0,38 ат. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления, рассчитать его величину в системе СИ.

4.Определить давление на поверхности жидкости закрытого резервуара, если показание ртутного U- образного манометра, установленного на глубине $\boldsymbol{h}$ = 1,5 м равно $\boldsymbol{p}$ = 100 мм рт.ст.

5.Какой зависимостью выражается гидростатический напор?

Задача

Плоский прямоугольный затвор с размерами $\boldsymbol{L}$ = 2,5 м и $\boldsymbol{B}$ = 10 м создает подпор воды $\boldsymbol{H}$ = 2,3 м. Затвор может вращаться относительно оси шарнира ***A.*** Определить силу натяжения троса ***T***, удерживающую затвор в заданном положении. Размер ***B*** перпендикулярен плоскости чертежа



№10

1.Понятие физического свойства ***вязкость.*** Коэффициенты, характеризующие вязкость, единицы их измерения.

2.Перевести давление, равное 12 м вод.ст., в мм рт.ст.

3.Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание манометра в этой области равно $p_{ман}$= 0,8 ат.

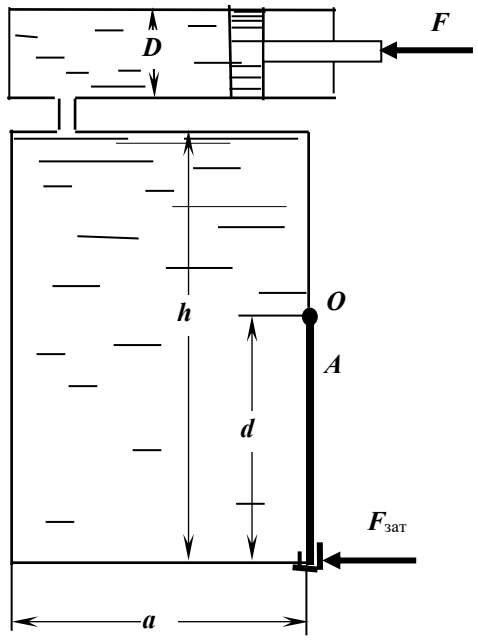
4.Вакуумметрическое давление на поверхности воды в закрытом резервуаре равно $p_{вак}$= 0,6 ат. Установить, каким прибором следует измерить давление на глубине h = 1,5 м и рассчитать его величину.

5.Как расположена линия действия силы избыточного (весового) давления жидкости, действующей на плоскую фигуру любой формы?

Задача

Жидкость в емкости axaxh нагревается на 20ºС. Определить усилие F, которое надо приложить к поршню расширительного цилиндра диаметром D, чтобы сохранился прежний объем жидкости?

А также найти усилие $F_{зат}$, на которое должен быть рассчитан затвор круглой крышки диаметром d: ρ = 1000 кг/м^3, d =500 мм, D =260 мм, h = 2 м, a =1,5 м; $\beta_т$=150·10^{-6}1/град; $\beta_р$=0,5 ·10^{-10}Па$^{-1}$.



№11

1. Понятие ***плоскости уровня***. Уравнение плоскости уровня. Значение параметров, входящих в уравнение.

2. Представить перевод давления p = 100 мм рт. ст. в единицах измерения системы СИ.

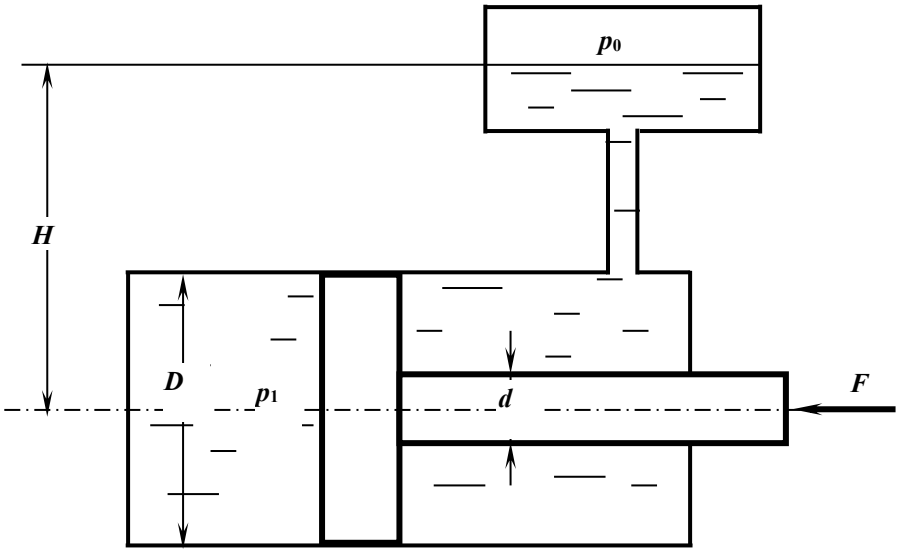
3. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание вакуумметра в этой области $p_{вак}$= 0,6 ат.

4. Вакуумметрическое давление на поверхности закрытого резервуара равно $p_{вак}$= 0,1 ат. Установить каким прибором следует измерить давление на глубине h = 3,0 м и рассчитать его величину.

5. Размерность кинематического коэффициента вязкости в системе СИ

Задача

Определить давление жидкости p_1 в гидроцилиндре, необходимое для преодоления усилия на штоке F при следующих данных: F = 10 кН; диаметр поршня D =160 мм; диаметр штока d = 80 мм; p_0 = 20 кПа, H = 10 м; ρ =900 кг/м^3.



№12

1.Записать гидростатический закон распределения давления. Дать понятие геометрического и пьезометрического напоров.

2.Представить давление p = 68 кПа в м вод. ст.

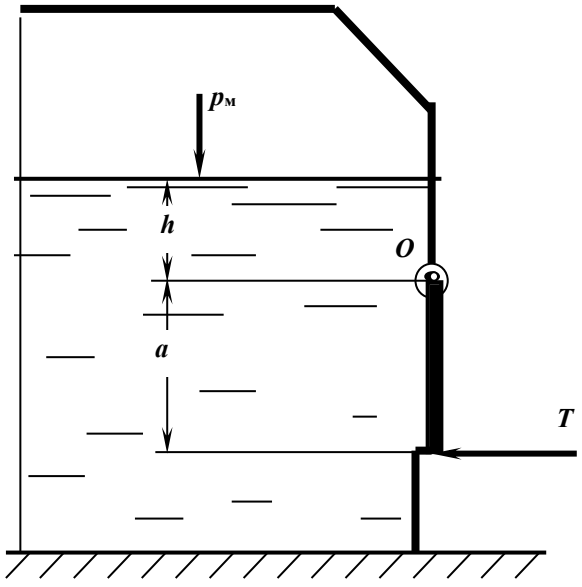
3.Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$ =198 кПа. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления и рассчитать показание этого прибора.

4.Показание манометра на глубине h =1,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,121 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3.

5.Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости; пояснить параметры, входящие в уравнения.

Задача

Усилие T удерживает плоскую квадратную крышку со стороной a в закрытом положении. Определить предельно допустимое значение избыточного давления над уровнем жидкости $p_м$, при котором крышка остается в закрытом положении, при следующих данных: T = 2100 Н, a = 50 см, h = 2 м, ρ =1000 кг/м^3.



№13

1. Понятие физического свойства жидкости ***капиллярность***.

2. Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 300 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

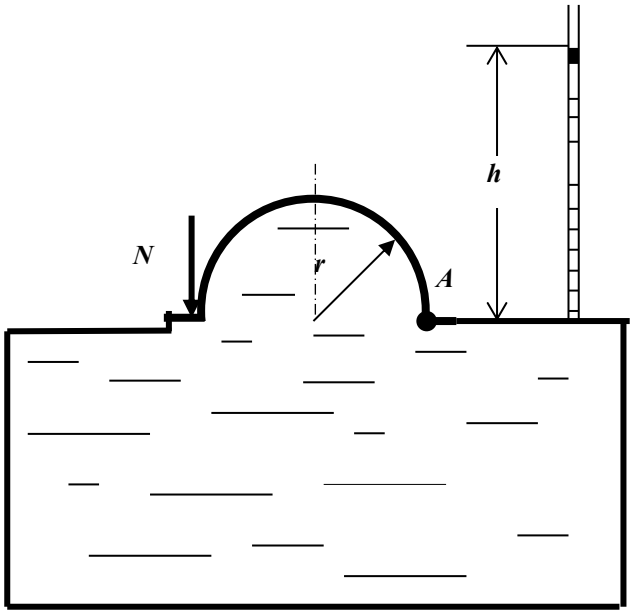
3. Показание манометра в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{\text{ман}}$= 0,12 ат. Представить расчет абсолютного давления в этой области и его величину в системе СИ.

4. В закрытом резервуаре, заполненном бензином, показание манометра на некоторой глубине составляет $\boldsymbol{p}_{\text{ман}}$= 0,07 ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению: $\rho_б$=700 кг/м^3.

5. Каковы единица измерения ***динамической вязкости*** ?

Задача

Определить усилие ***N***, которое нужно приложить к цилиндрическому затвору, установленному на квадратном отверстии крышки резервуара с водой, при следующих данных: $\boldsymbol{h}$ = 1м, $\boldsymbol{r}$ = 0,2 м. Затвор поворачивается вокруг шарнира в точке ***A***.



№14

1. Представить ***основное уравнение гидростатики***, дать определение, пояснить значение входящих параметров.

2. Представить давление p = 730 мм рт.ст. в ат.

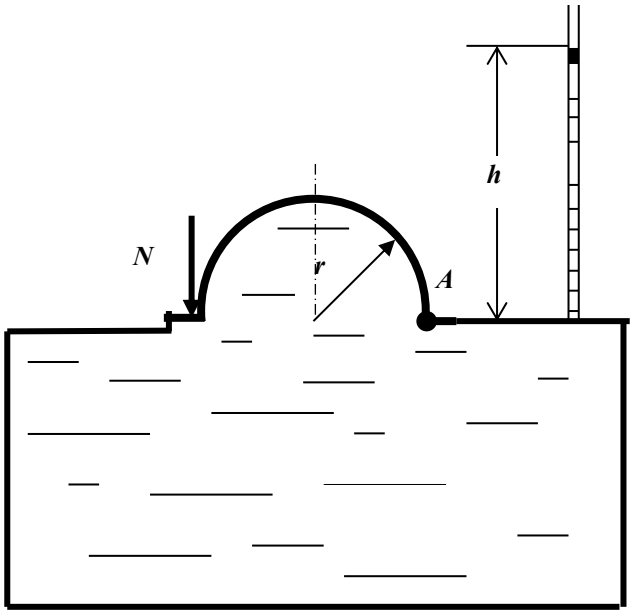
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 68 кПа. Определить, каким будет показание мановакуумметра, установленного в этой области, и величину давления.

4. В закрытом резервуаре, заполненном маслом, показание манометра на определенной глубине составляет $p_{ман}$= 0,06 ат. Определить какой будет пьезометрическая высота (напор) на уровне установки манометра. Плотность масла принять $\rho_м$ = 800 кг/м^3.

5. Дать определение свойства жидкости ***сжимаемость.***

Задача

Запорное устройство полусферической крышки радиусом r рассчитано на усилие N. Определить показание манометра в центре боковой стенки при максимально допустимом давлении в жидкости плотностью ρ = 900 кг/м^3: N = 90 кН, a =3 м, r =0,4 м.



№15

1.Записать уравнения Эйлера для равновесного состояния жидкости. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

2.Показание манометра на глубине h =2,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,32 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3.

3.Определить показание механического вакуумметра (в ат), установленного на воздушном резервуаре, если показание ртутного вакуумметра, присоединенного к тому же резервуару, составляет 0,2 м.

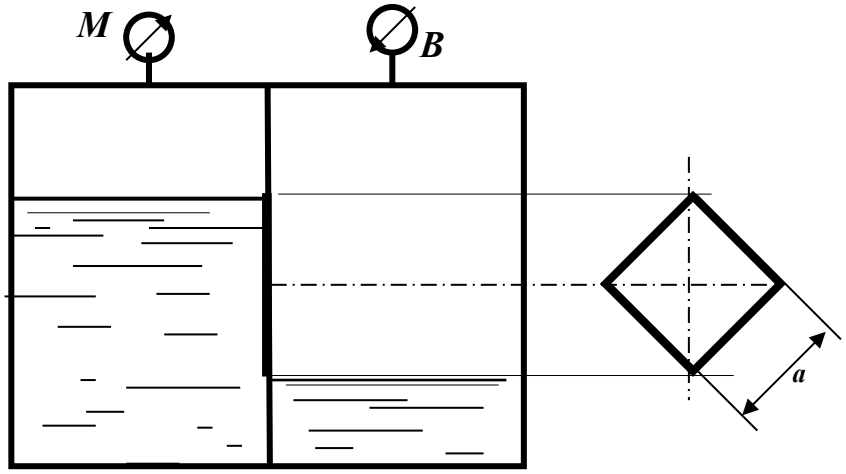
4.В чем физический смысл понятия ***гидростатического давления***.

5.Какие силы действуют в жидкости?

Задача

Замкнутый резервуар с нефтью (ρ =900 кг/м^3) разделен на две части плоской перегородкой, имеющей квадратное отверстие со стороной a = 1 м. Давление над нефтью в левой части резервуара определяется показанием манометра p_M= 0,15 ат, а в правой – показанием вакуумметра p_B= 0,2 ат.

Найти величину силы давления, действующей на крышку, закрывающую отверстие в перегородке, и точку ее приложения.



№16

1.Представить давление p = 2,1 ат в единицах измерения системы СИ.

2.Записать уравнение поверхностей равного давления, привести примеры таких поверхностей.

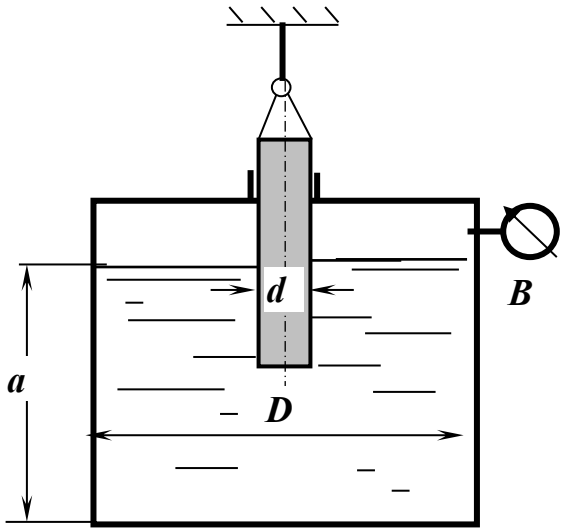
3.В закрытом резервуаре, заполненном спиртом (ρ□= 800 кг/м^3) , показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман}$= 0,07 ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению.

4.Дать определение понятия ***тело давления.*** Привести примеры.

5.Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание вакуумметра в этой области $p_{вак}$= 0,45 ат.

Задача

Определить вакуум, обеспечивающий равновесие цилиндрического сосуда диаметром ***D***, который висит без трения на плунжере диаметром ***d***. Сила тяжести сосуда ***G*** = 500 Н. Найти также силы давления на верхнюю и нижнюю крышку сосуда: жидкость – вода, ***a*** =0,3 м; ***D*** = 0,4 м; ***d*** = 0,2 м.



№17

1.Назвать принцип действия, положенный в основу устройства механических приборов для измерения давления.

2.Как определяется горизонтальная составляющая силы давления на криволинейную поверхность?

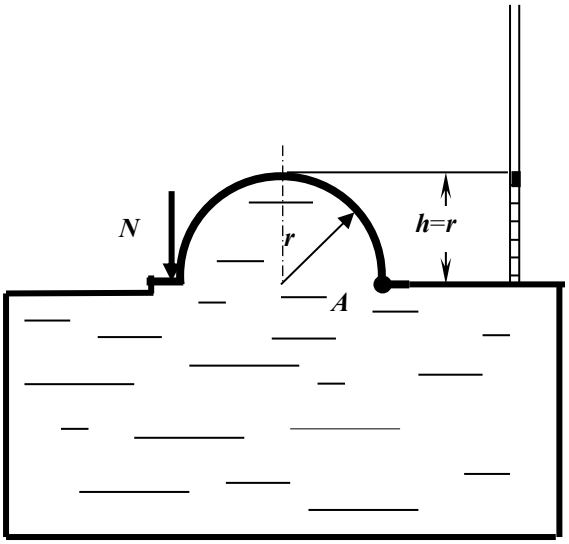
3.Показание манометра на определенной глубине в открытом резервуаре с водой равно $p_{ман}$=0,34 ат. Определить, как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить нефтью плотностью $\rho_м$= 840 кг/м^3.

4 Записать абсолютное давление при манометрическом давлении $p_{ман}$=162 кПа.

5.Пояснить свойство жидкости ***капиллярность***.

Задача

Определить радиус цилиндрического затвора, установленного на квадратном отверстии крышки резервуара с водой, при следующих данных: усилие, приложенное к запору затвора, N = 500 Н. Затвор поворачивается вокруг оси шарнира в точке A.



№18

1. ***Основное уравнение гидростатики***. Единицы измерения давления.

2 .Представить давление, равное $\boldsymbol{p}$ = 15 м вод. ст., в единицах измерения системы СИ.

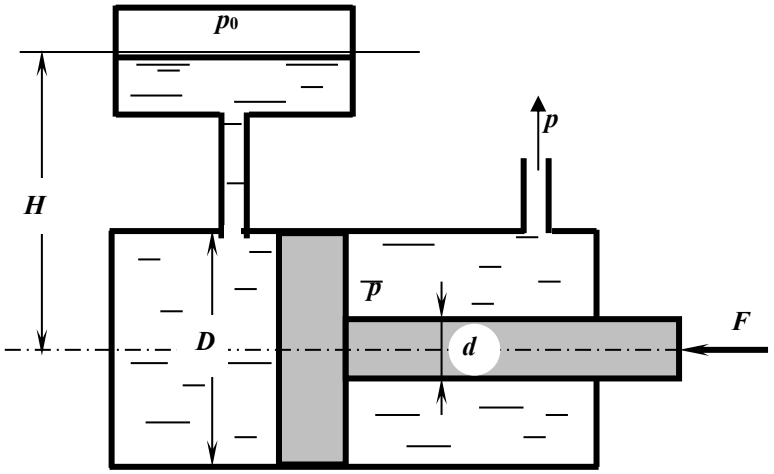
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{абс}$= 0,5 ат. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления, определить показание прибора и его величину в системе СИ.

4. Определить давление на поверхности воды в закрытом резервуаре, если показание ртутного U- образного манометра, установленного на глубине $\boldsymbol{h}$ = 1,5 м равно $\boldsymbol{p}$ = 100 мм рт.ст.

5. Какой зависимостью выражается ***гидростатический закон распределения давления***?

Задача

Определить давление $\boldsymbol{p}$ в правой полости гидроцилиндра, заполненного маслом Индустриальное 20 (ρ = 890 кг/м^3), если сила, действующая на шток поршня ($\boldsymbol{D}$ = 200 мм, $\boldsymbol{d}$ = 50 мм), равна $\boldsymbol{F}$ = 5 кН, избыточное давление на поверхности жидкости $\boldsymbol{p_o}$= 1,4 ат, $\boldsymbol{H}$ = 5 м.



№19

1.Записать уравнения Эйлера для равновесного состояния жидкости. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

2.Показание манометра на глубине h =2,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,32 ат. Определить, каким будет показание пьезометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3.

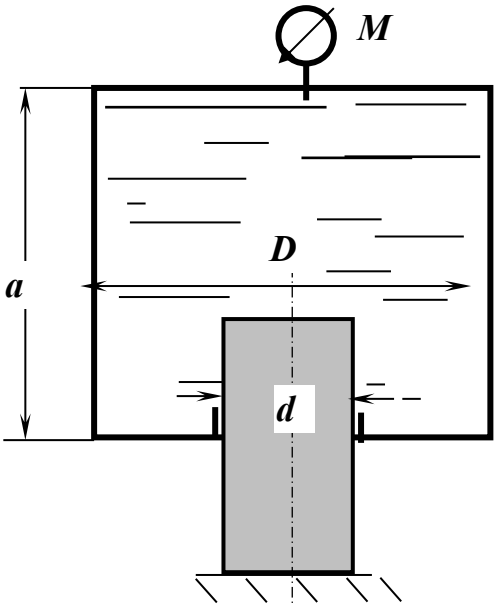
3.Определить показание механического вакуумметра, установленного на воздушном резервуаре, если показание ртутного вакуумметра, присоединенного к тому же резервуару, составляет 0,2 м.

4.В чем физический смысл понятия ***гидростатического давления***.

5.Как определяется сила давления на криволинейную поверхность?

Задача

Полностью заполненный водой цилиндрический сосуд диаметром D и высотой a опирается на плунжер диаметром d. Определить показание манометра M, а также силы давления на верхнюю и нижнюю крышки при условии равновесия сосуда, если сила его тяжести G = 5700 Н: D = 0,2 м; a = 0,4 м; d = 0,1 м.



№20

1. Перечислить, какие жидкостные приборы используются для измерения давления. Назвать их принцип действия .

2. В закрытом резервуаре, заполненном бензином (ρ =□ 700 кг/м^3), показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман}$= 0,14 ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению.

3. В закрытом резервуаре, заполненном водой, показание манометра на глубине h = 3 м равно $p_{ман}$= 0,6 ат. Определить абсолютное давление на поверхности жидкости.

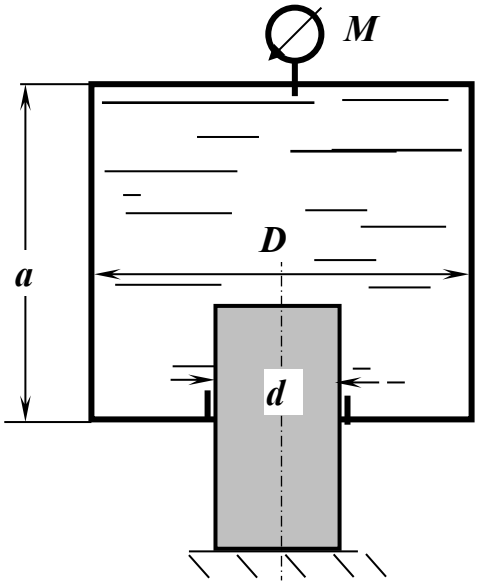
4. Записать формулу для определения силы давления на плоскость.

5. Пояснить свойство жидкости ***сжимаемость***.

Задача

.

Полностью заполненный водой цилиндрический сосуд диаметром D и высотой a опирается на плунжер диаметром d. Определить минимальный диаметр плунжера из условия равновесия сосуда, если сила его тяжести G = 5700 Н; D = 0,2 м; a = 0,4 м, а показание манометра M составляет p_M= 30 ат.



№21

1. Коэффициенты, характеризующие вязкость жидкости, единицы измерения коэффициентов. Записать закон Ньютона.

2. Определить каким будет показание манометра (в ат), установленного на глубине h =3,2 м открытого резервуара, заполненного бензином. Плотность бензина □□= 700 кг/м^3.

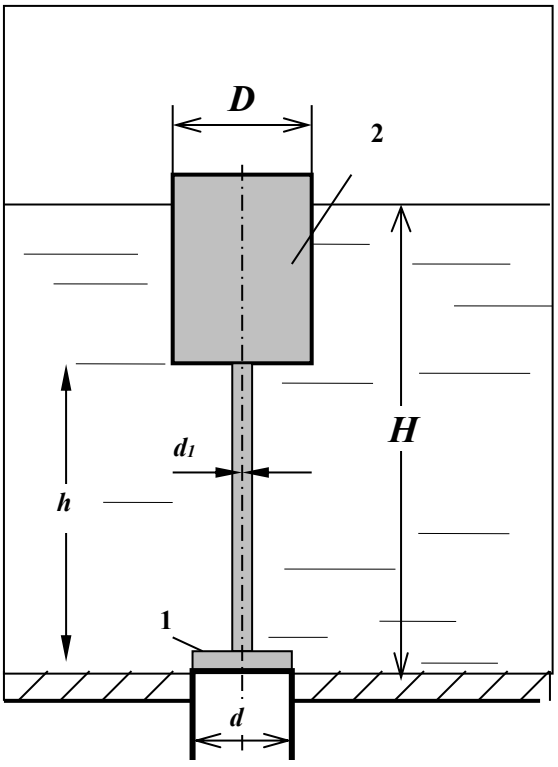
3. Представить давление p = 4,2 бар в единицах измерения системы СИ.

4. Дать понятие гидростатического давления. Свойства гидростатического давления.

5. Определить, какое давление, манометрическое или вакуум, показывает мановакуумметр и его величину (в Па), если абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,3 ат.

Задача

Резервуар водопроводной башни оборудован ограничителем уровня воды, представляющим собой клапан 1, соединенный тягой с цилиндрическим поплавком 2. Определить расстояние от дна резервуара до низа поплавка, при котором будет обеспечена глубина воды в резервуаре H =5 м, если D = 0,4 м; d =150 мм; d_1=50 мм; вес клапана с поплавком G =120 Н.



№22

1.Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$ =158 кПа. Каким прибором следует пользоваться для измерения давления, рассчитать показание прибора в ***ат***.

2.Показание манометра на глубине ***h*** =2,5 м закрытого резервуара, заполненного бензином, равно $p_{ман}$= 0,21 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен водой. Плотность бензина равна $\rho_{мас}$= 700 кг/м^3.

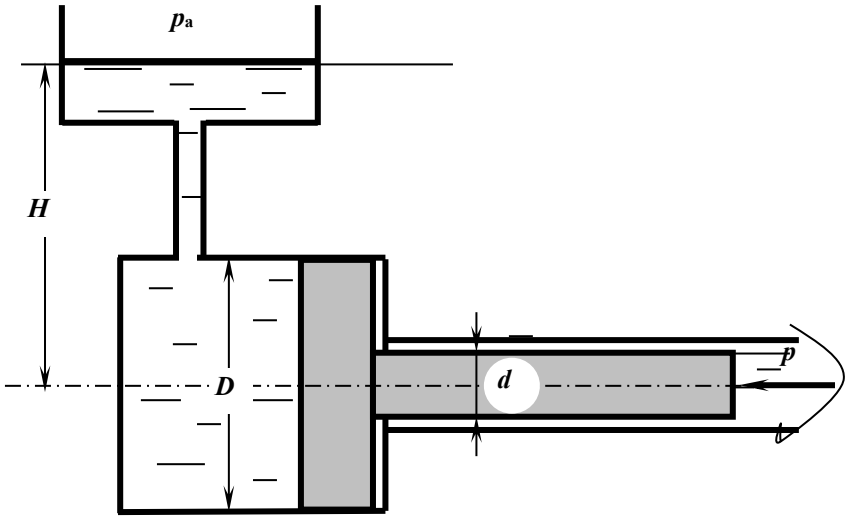
3.Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости; пояснить параметры, входящие в уравнения.

4.Сформулировать закон Архимеда.

5.Какие коэффициенты характеризуют свойство жидкости ***сжимаемость***?

Задача

Определить отношение ***D*** / ***d,*** а также значение диаметра поршня ***D***, если давление в полости скалки ***p*** = 25 ати, ее диаметр ***d*** =10 см, ***H*** = 1 м.



№23

1.Что такое модель жидкой среды? Основные модели, применяемые при изучении гидромеханики.

2.Перевести давление, равное 12 м вод.ст., в ***бары***.

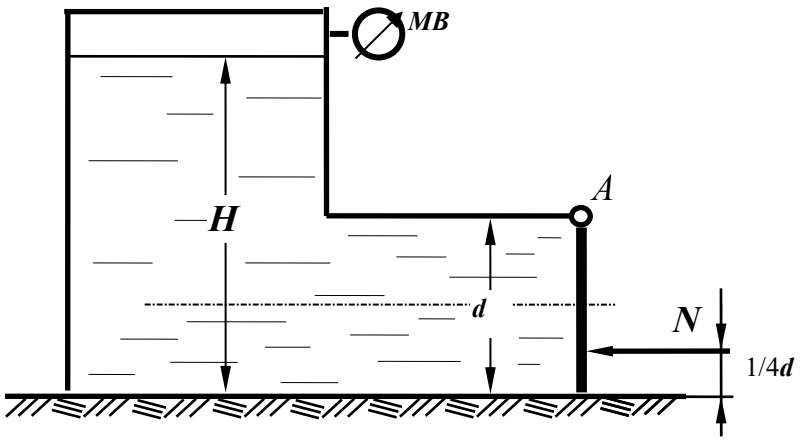
3.Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание манометра в этой области равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 2,8 ат.

4.Вакуумметрическое давление на поверхности воды в закрытом резервуаре равно $\boldsymbol{p}_{вак}$= 54000 Па. На какой глубине величина давления будет равна атмосферному?

5.Как расположена точка приложения силы весового давления жидкости, действующей на плоскую фигуру любой формы, по отношению к центру тяжести?

Задача

Труба диаметром d = 100 мм, выходящая из резервуара, заполненного бензином, перекрыта крышкой, вращающейся вокруг шарнира A. Определить усилие N, удерживающее крышку в закрытом положении, если H = 1,2 м; плотность бензина $\rho_б$ = 750 кг/м^3, показание прибора соответствует $p_{вак}$= 0,1ат. Как изменится показание прибора, если усилие N составит 350 кН?



№24

1.Какое свойство жидкости проявляется только при ее движении? К появлению каких напряжений оно приводит?

2.Как определяется сила давления на плоскость? Что такое центр давления? От чего зависит его положение для плоской стенки?

3.В закрытом резервуаре, заполненном спиртом, показание манометра на определенной глубине составляет $p_{ман}$= 0,16 ат. Определить какой будет пьезометрическая высота (напор) на уровне установки манометра. Плотность спирта принять $\rho_{сп}$ = 800 кг/м^3.

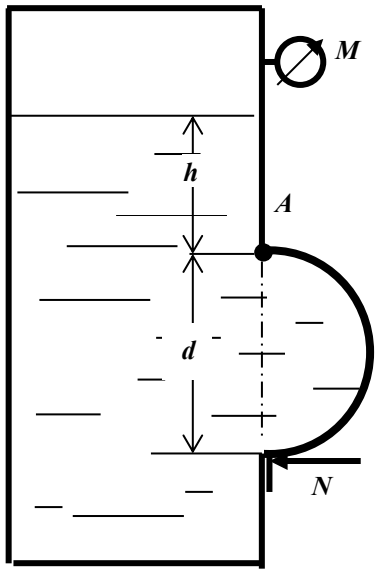
4.Эпюры гидростатического давления, примеры построения.

5.Как связаны коэффициент объемного сжатия и модуль упругости жидкости? Каковы их размерности?

Задача

Закрытый резервуар заполнен дизельным топливом с плотностью ρ = 846 кг/м^3. В вертикальной стенке резервуара имеется прямоугольное отверстие, закрытое полуцилиндрической крышкой. Она может поворачиваться вокруг горизонтальной оси ***A***. Определить минимальное показание манометра, установленного в верхней части резервуара, при котором крышка остается закрытой, при следующих данных: сила тяжести крышки ***G*** =1200 Н, усилие ***N*** =5кН, ***d*** = 0,2 м; ***h*** = 1 м; ***b*** =1,2 м.

Размер ***b*** перпендикулярен плоскости чертежа.



№25

1. Какое свойство жидкости проявляется только при ее движении? К появлению каких напряжений оно приводит? От чего зависят эти напряжения?

2. В закрытом резервуаре, заполненном маслом, показание манометра на определенной глубине составляет $p_{ман}$= 0,06 ат. Определить какой будет пьезометрическая высота на уровне установки манометра. Плотность масла составляет $\rho_м$ = 800 кг/м^3.

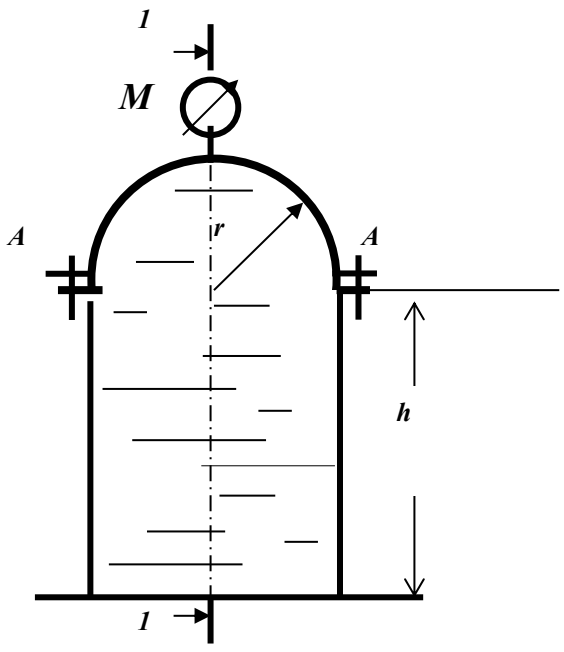
3. Сопоставить формулы силы давления жидкости на плоскую стенку и горизонтальной составляющей силы давления на криволинейную поверхность. В чем их аналогия и различия?

4. В закрытом резервуаре со спиртом на некоторой глубине показание манометра составляет 0,08 ат. На каком расстоянии от этого места может находиться манометр , показания которого будут равны 0. Чему равно абсолютное давление на этом уровне?

5. Пояснить закон Архимеда с точки зрения определения силы давления на криволинейную поверхность.

Задача

Вертикальная цилиндрическая цистерна с полусферической крышкой до самого верха заполнена жидкостью с плотностью ρ = 900 кг/м^3, находящейся под давлением $p_м$ =19,2 кПа. Определить силу, растягивающую болты ***A***, и горизонтальную силу, разрывающую цистерну по сечению 1-1, при следующих данных: ***r*** = 1 м; ***h*** = 4 м.



№26

1. Как связаны коэффициент объемного сжатия и модуль упругости жижкости? Каковы их размерности?

2.В закрытом резервуаре, заполненном спиртом (ρ□= 800 кг/м^3) , показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман}$= 0,07 ат. Определить показание манометра на этой же глубине, если резервуар будет заполнен водой.

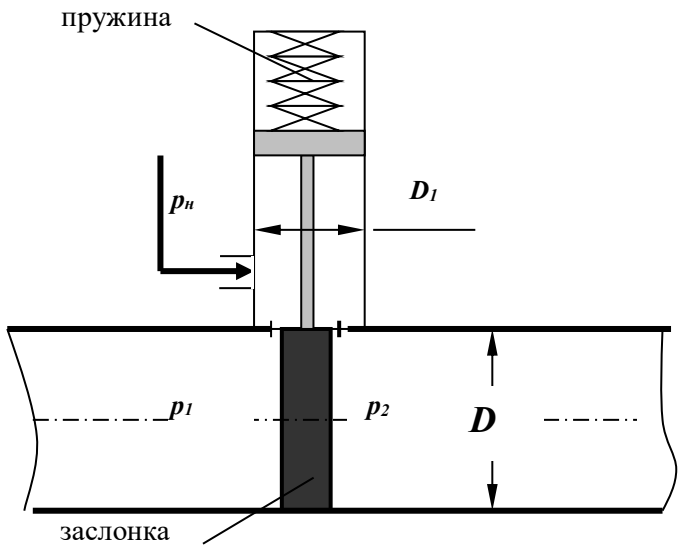
3. Что такое поверхность равного давления? Каковы ее свойства? Что представляет собой поверхность равного давления в случае равновесия жидкости под действием одной силы тяжести?

4. Вакуумметрическое давление на поверхности жидкости равно $p_{вак}$= 50 кПа. На какой глубине в воде показание манометра составит 0,2 ат?

5. Назвать основные свойства жидкости. Какие из них совпадают с физическими свойствами твердых тел или газов?

Задача

Подъем заслонки в трубе диаметром D = 400 мм осуществляется гидроцилиндром с диаметром поршня D_1 = 200 мм. Масса заслонки с поршнем и штоком составляет 70 кг. Жесткость пружины равна k = 8 Н/мм, Принять коэффициент трения заслонки в направляющих f = 0,1. Определить давление нагнетания $p_н$, необходимое для подъема заслонки при давлениях p_1 =0,2 МПа и p_2 =20кПа.



Контрольная работа № 2 (Гидродинамика)

№1

1. Какое движение жидкости называется установившимся?

2. Определить диаметр трубы для пропуска воды с расходом Q = 2,0 л/с при скорости V= 1,0 м/с.

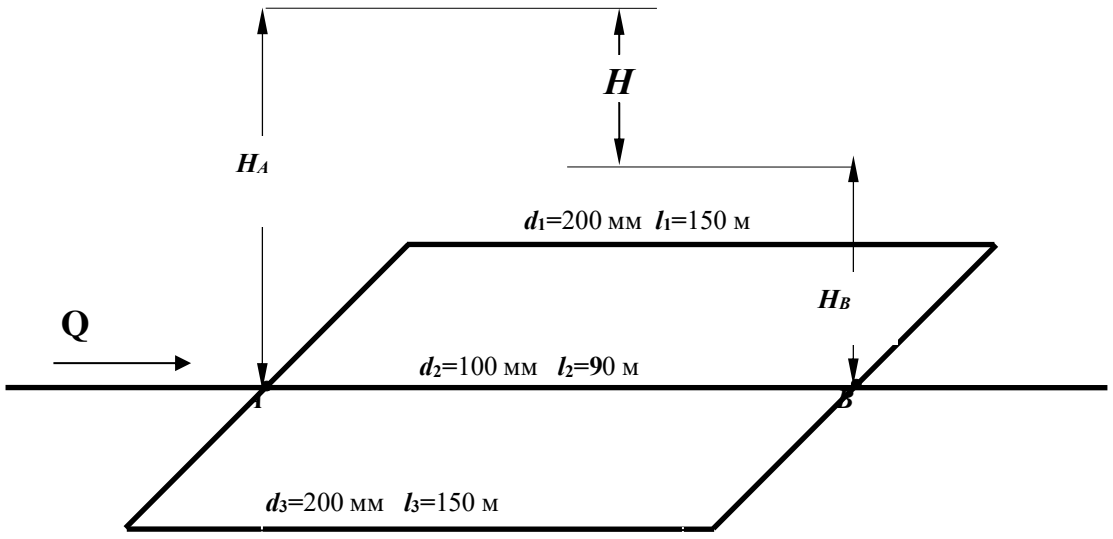
3. Рассчитать коэффициент сопротивления вентиля $\zeta_{вент}$, если потери напора в нем составляют $h_{вент}$= 0,25 м при скорости V= 0,5 м/с.

4. Записать уравнение Бернулли для целого потока реальной жидкости, представить диаграмму уравнения.

5. Определить режим движения жидкости в трубе d = 100 мм, шероховатостью Δ = 0,05 мм при скорости движения V = 0,21 м/с. Коэффициент кинематической вязкости жидкости $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с. Для турбулентного режима проверить область сопротивления.

Задача

Определить расход воды, подводимый к системе параллельно соединенных труб, если действующий напор H=10 м. Трубы стальные, новые. Местными потерями пренебречь.



№2

1.Какое движение жидкости называется равномерным?

2.Определить скорость движения воды в трубе диаметром d_1 = 50 мм, если при постоянном расходе скорость в трубе d_2= 100 мм равна V_2 = 1,0 м/с.

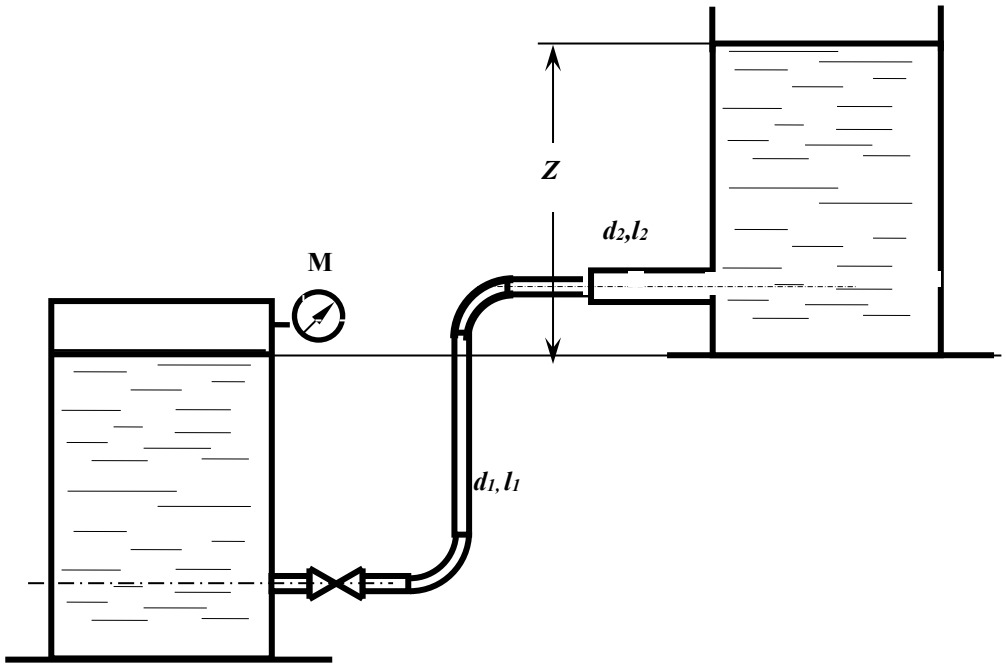
3.Геометрический смысл уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Диаграмма уравнения.

4.Определить потери напора в пробковом кране $h_{кр}$, если коэффициент сопротивления крана $\zeta_{кр}$= 17,0, а скорость движения воды V = 1,2 м/с.

5.Определить потери напора при подаче воды по трубопроводу d=200 мм и длиной l=1500 м при скорости потока V=13,1 см/с и температуре 10^0С (ν=0,0131 см^2/с). Трубы стальные, новые (Δ=0,05мм).

Задача

Определить максимально возможную высоту наполнения верхнего резервуара Z из нижней емкости при расходе воды Q = 8 л/с по двум коротким трубам d_1= 100 мм, l_1= 40 м, d_2 = 150 м, l_2 = 60 м при показании манометра $p_м$ = 50 кПа; ν = 0,01 Ст; Δ = 0,1 мм; пробковый кран закрыт на 30^o.



№3

1.Какой трубопровод называется коротким?

2.Рассчитать расход воды в трубе d = 100 мм при скорости V =1,27 м/с.

3.Как экспериментально определяется скоростной напор и рассчитывается скорость в точке потока? Нарисовать схему прибора.

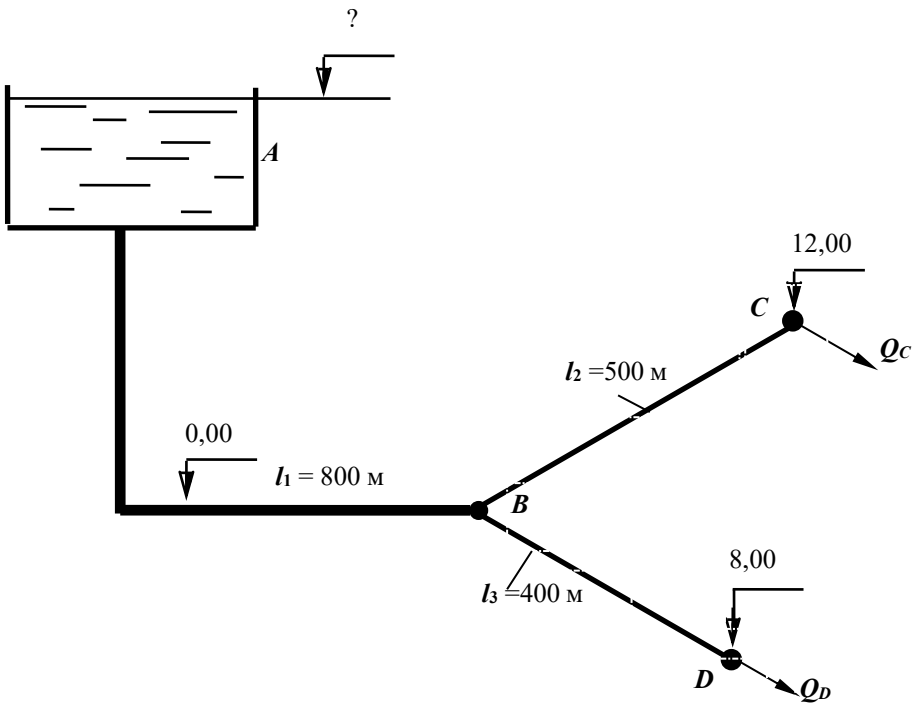
4.Какие гидравлические сопротивления называются местными? Привести расчетную формулу определения потерь напора в местных сопротивлениях.

5.Определить режим движения жидкости в трубе d = 100 мм и шероховатостью Δ = 0,05 мм при пропускной способности Q = 1,6 л/с, если коэффициент кинематической вязкости $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с. Для случая турбулентного режима движения установить область сопротивления.

Задача

Из напорного бака ***A*** идет магистральный трубопровод длиной ***l*** =800 м.

В т.***B*** магистраль разделяется на две нитки: одна идет к пункту ***C***, где расходуется $\boldsymbol{Q_C}$ =11 л/с, другая -к пункту ***D***, где потребляется $\boldsymbol{Q_D}$ =95 л/с. Определить диаметры каждого участка и отметку уровня воды в баке, при условии, что $\boldsymbol{V} \leq$ 1,2 м/с.



№4

1.От чего зависит величина коэффициента гидравлического трения в квадратичной области сопротивления турбулентного режима?

2. Рассчитать диаметр трубопровода для пропуска расхода Q =2 л/с при скорости V =1,0 м/с.

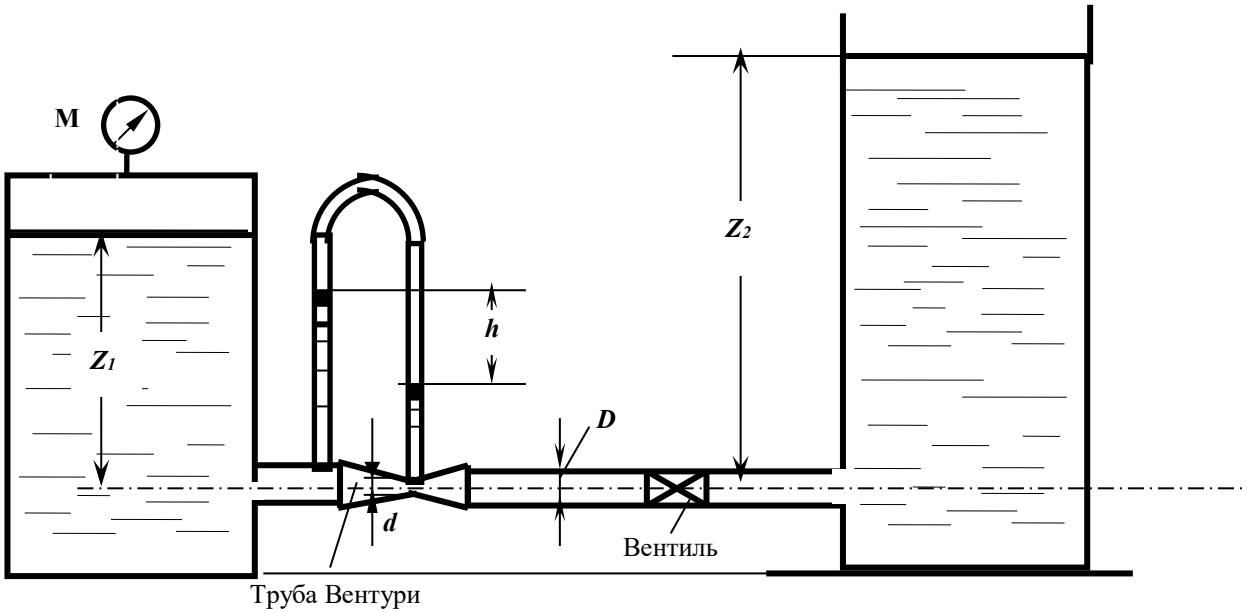
3.Каким прибором определяется полный напор в точке потока жидкости? Начертить схему прибора.

4.Какие внешние факторы вызывают потери напора по длине? Записать расчетные зависимости для определения этих потерь.

5.Определить режим движения жидкости в трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм при расходе **Q** = 1,2 л/с, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\boldsymbol{\nu} = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

В трубопроводе диаметром $\boldsymbol{D}$ = 100 мм длиной $\boldsymbol{l}$ = 100 м установлен расходомер Вентури с модулем $\boldsymbol{d^2/D^2} = 0{,}3$.Определить расход воды $\boldsymbol{Q}$ по перепаду уровней жидкости в дифманометре $\boldsymbol{h}$ = 0,5 м. Определить избыточное давление на поверхности жидкости в баке, под действием которого происходит движение при следующих данных: $\boldsymbol{Z_1}$ = 2 м, $\boldsymbol{Z_2}$ = 5 м, коэффициенты сопротивления вентиля принять $\zeta_{вен}$= 7,0; трубы Вентури $\zeta_{Вент}$= 0,5; остальные коэффициенты местных сопротивлений по таблице. Труба водопроводная нормальная (коэффициет Дарси при турбулентном режиме можно определить по таблице).



№5

1.Какой трубопровод называется простым?

2.Рассчитать гидравлический радиус потока жидкости в круглой трубе диаметром d = 100 мм и в трубе квадратного сечения со стороной a = 200 мм.

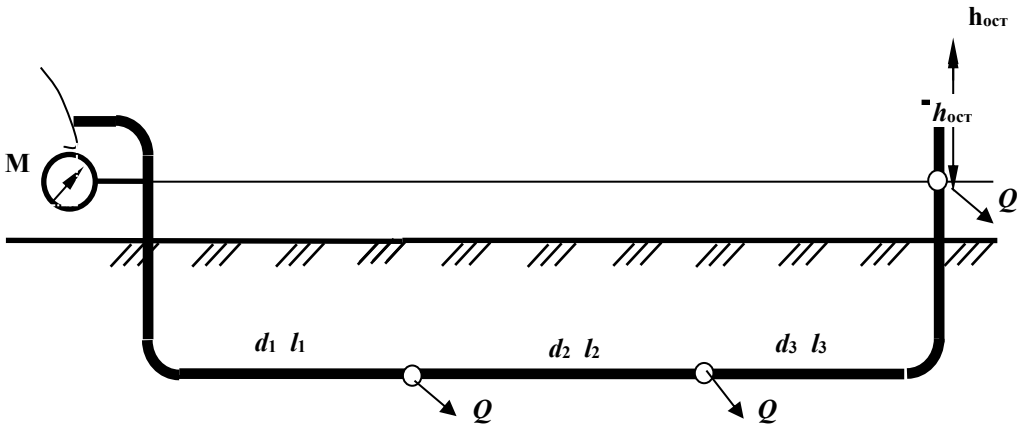
3.Представить уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения. Дать пояснение всех параметров, входящих в уравнение.

4.Как изменятся потери напора по длине при постоянном расходе, если диаметр трубопровода уменьшится в 2 раза? Показать расчетом.

5.Определить, при каком значении коэффициента кинематической вязкости ν возможен ламинарный режим в трубе d = 50 мм при скорости движения V =1,2 м/с.

Задача

Определить расходы воды у потребителей в системе трех последовательно соединенных труб: d_1 = 200 мм, l_1 = 600 м, d_2 = 150 мм, l_2 = 300 м, d_3 = 100 мм, l_3 = 200 м, если показания манометра в начале системы $p_м$ = 3,0 ат и остаточный напор у потребителя должен быть не менее 10 м. Местные потери принять равными 5% от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию.



№6

1.Дать определение ламинарного режима.

2.Определить, при какой скорости воды в трубе диаметром d = 100 мм будет обеспечен расход **Q** = 2 ,0 л/с.

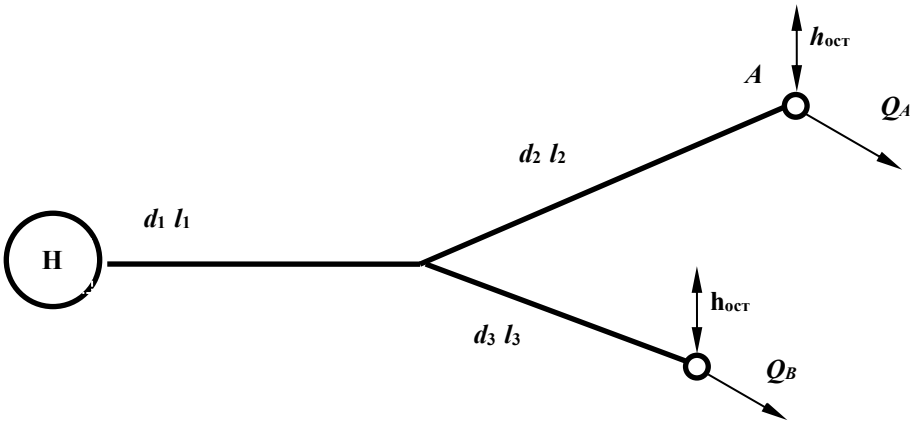
3. Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, построить диаграмму уравнения, пояснить параметры, входящие в уравнение.

4.Рассчитать потери напора по длине в трубе диаметром d = 100 мм длиной L = 10 м при расходе Q = 8,2 л/с и коэффициенте гидравлического трения λ = 0,04.

5.Определить режим движения воды в трубе диаметром d = 100 мм при скорости V =1,2 м/с, если кинематический коэффициент вязкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с, шероховатость внутренней поверхности трубы Δ=0,5мм. При турбулентном режиме установить область сопротивления.

Задача

Рассчитать тупиковую водопроводную систему, снабжающую водой шахты A и B, а также определить высоту водонапорной башни H (действующий напор), если остаточный напор у потребителя должен быть не менее 10 м , расходы шахт составляют Q_A = 40 л/с; Q_B = 60 л/с, эксплуатационная скорость в трубах $V_{экс}$ =1,5 м/с; длины участков: l_1 = 1000 м, l_2 = 1200 м, l_3 = 900 м. Местные потери принять равными 10% от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию. Чертеж представлен в плане



№7

1.Охарактеризовать турбулентный режим движения.

2.Определить пропускную способность (расход) для трубы диаметром d = 100 мм при скорости движения потока воды V =1,27 м/с.

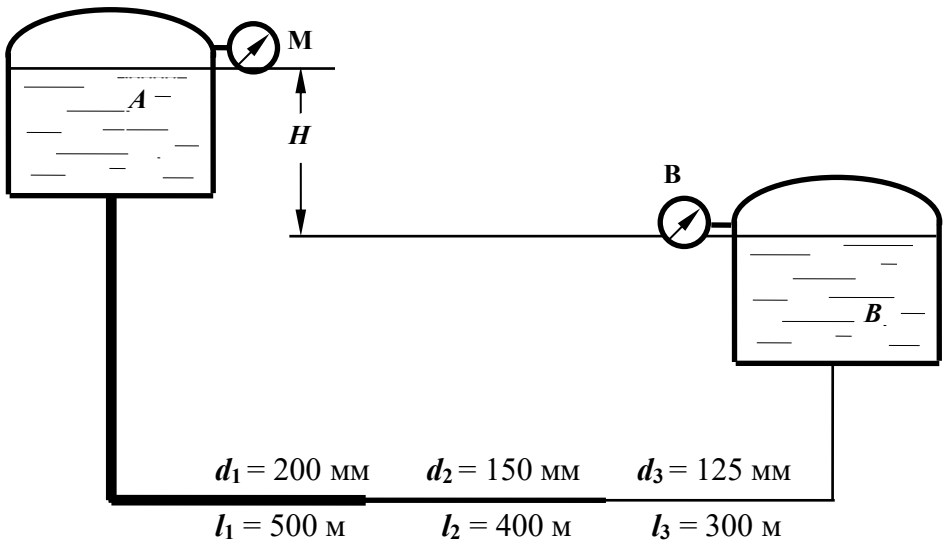
3.Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

4.Рассчитать коэффициент гидравлического трения λ для водопроводной трубы d = *100* мм, длиной L = 40 м, если потери напора по длине h_l = 1,5 м при расходе Q = 9 ,5 л/с.

5.Определить режим движения воды в трубе диаметром d = 50 мм с шероховатостью Δ= 1,0 мм при скорости V =1,2 м/с, если кинематический коэффициент вязкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с. Для турбулентного режима установить область сопротивления.

Задача

Расход Q = 20 л/с поступает из напорного бака A в резервуар B по системе последовательно соединенных труб (размеры – на схеме). Определить H при следующих показаниях приборов: $p_{ман}$=0,5 ат, $p_{вак}$= 0,2 ат. Трубы водопроводные нормальные. Местные потери составляют 10% потерь по длине. Построить пьезометрическую линию.



№8

1.Что такое критическая скорость и как ее определить для трубопровода?

2.Определить пропускную способность (расход) для трубы диаметром d = 100 мм, при скорости движения потока воды V =2,0 м/с; какой режим движения в трубе при этой скорости?

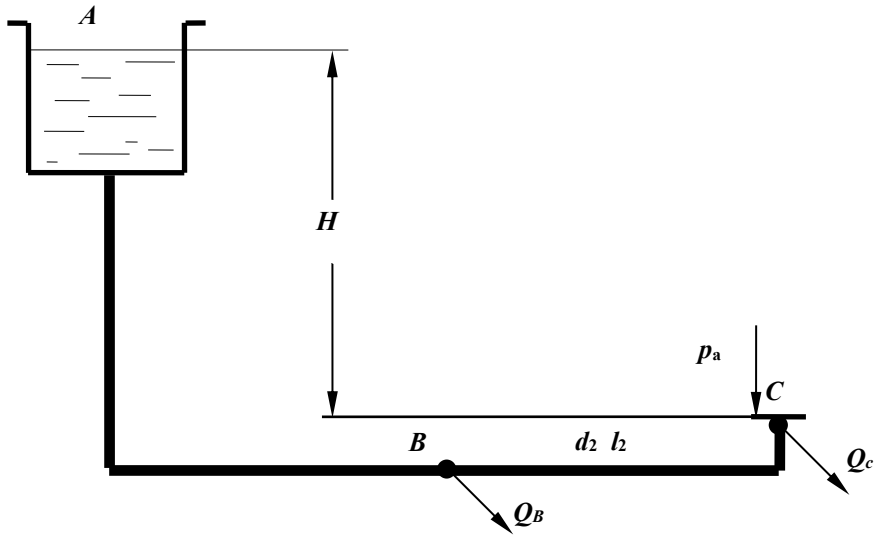
3.Построить диаграмму уравнения Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости; пояснить геометрический смысл уравнения.

4.Как изменятся потери напора по длине, если расход жидкости увеличится в 2 раза, показать расчетом.

5.Определить, при какой скорости возможен ламинарный режим для потока жидкости в трубе диаметром d = 50 мм, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

Из водонапорного бака A в пункты B и C подаются одинаковые расходы воды $Q_B = Q_c = Q$. Определить величину Q расхода у потребителей, если напор H =15 м, трубы водопроводные, нормальные, соединены последовательно: d_1 = 100 мм, l_1 = 500 м, d_2 = 75 мм, l_2 = 300 м. Местные потери принять равными 5% от потерь по длине.



№9

1.Записать уравнение неразрывности потока.

2.Дать понятие гидростатического напора в сечении потока. Как он определяется экспериментально?

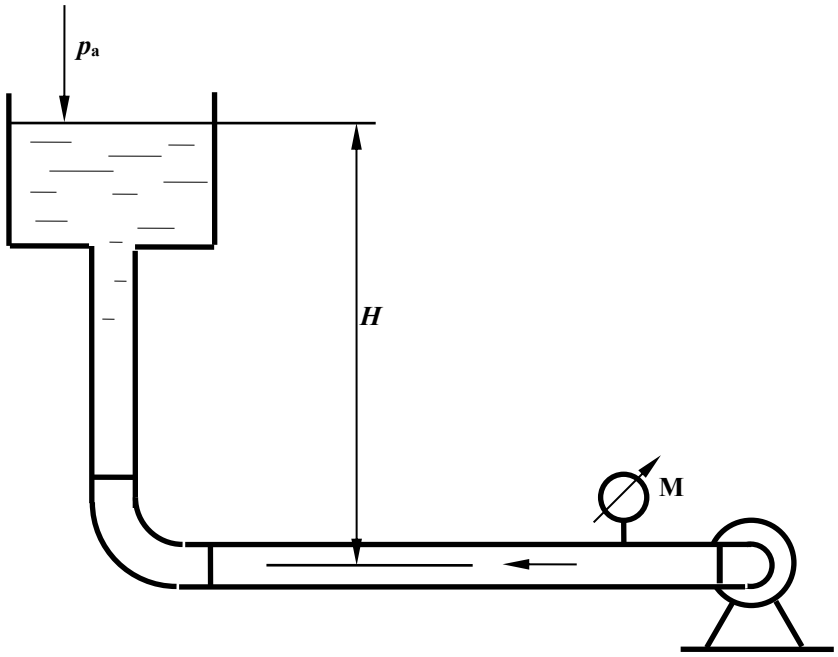
3.Рассчитать при каком значении коэффициента сопротивления пробкового крана $\zeta_{кр}$ будет обеспечен расход **Q** = 1 л/с в трубе диаметром ***d*** = 50 мм, если величина потерь напора в кране составляет $h_{кр}$= 25 см.

4.Определить потери напора по длине в трубе длиной ***L*** = 20 м диаметром ***d*** = 50 мм с абсолютной шероховатостью **Δ**= 0,5 мм при расходе **Q** = 2,5 л/с, если коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

5.Рассчитать гидравлический радиус потока жидкости в круглой трубе диаметром ***d*** = 200 мм и в трубе квадратного сечения со стороной ***a*** = 100 мм.

Задача

Определить манометрическое давление, которое должен создавать насос, чтобы подать воду в количестве ***Q*** = 5 л/с в водонапорный бак на высоту ***H*** = 12 м по трубопроводу длиной ***l*** = 50 м с высотой выступов шероховатости внутренней поверхности трубы $\Delta_э$ = 1мм; при температуре воды ***t*** = 15^{0}С (ν = 0,011463 см^2/с). Диаметр трубы ***d***=150 мм, коэффициент сопротивления колен $\zeta_{кол}$ = 0,29.



№10

1.Определение потерь напора по длине с помощью обобщенных параметров.

2. Рассчитать диаметр трубопровода для пропуска расхода **Q** =4 л/с при скорости V =1,6 м/с.

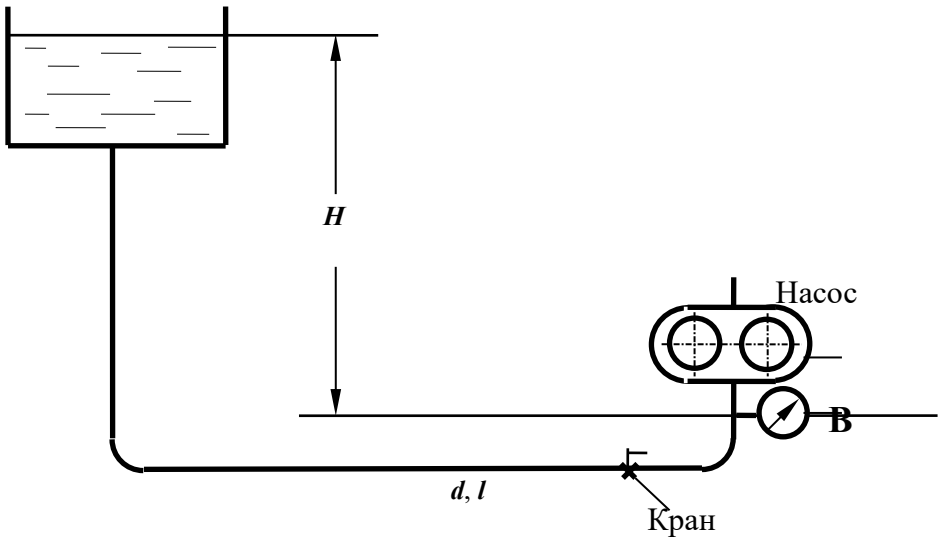
3.Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение, исходя из геометрической интерпретации уравнения.

4.Определить потери напора в пробковом кране $h_{кр}$, если коэффициент сопротивления крана $\zeta_{кр}$= 27,0, а скорость движения воды V = 2,1 м/с.

5.Определить режим движения жидкости в трубе диаметром d = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,05 мм при скорости V =0,21 м/с, если коэффициент кинематической вязкости жидкости $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с.

Задача

Определить расстояние H от уровня жидкости в маслобаке, если давление на входе в шестеренный насос системы смазки, подающий расход Q = 1 л/с машинного масла $p_{вак}$=0,1 ат; $\rho_м$ = 900 кг/м^3, ν = 38·10^{-6} м^2/с, d = 35 мм, l = 5 м, , $\zeta_{кр}$ = 4, $\zeta_{кол}$ = 0,3.



№11

1.Дать определение понятия «***гидравлически гладкие стенки***».

2.Определить разность показаний трубки Пито и пьезометра, если скорость в точке установки прибора равна $\boldsymbol{u}$ =0,21 м/с. Начертить схему установки приборов.

3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке реальной вязкой жидкости; привести формулы, пояснить параметры.

4.Определить разность показаний пьезометров, установленных до и после пробкового крана, если скорость движения воды в трубопроводе равна $\boldsymbol{V}$ =0,8 м/с, а коэффициент сопротивления пробкового крана равен $\zeta_{кр}$= 7,0.

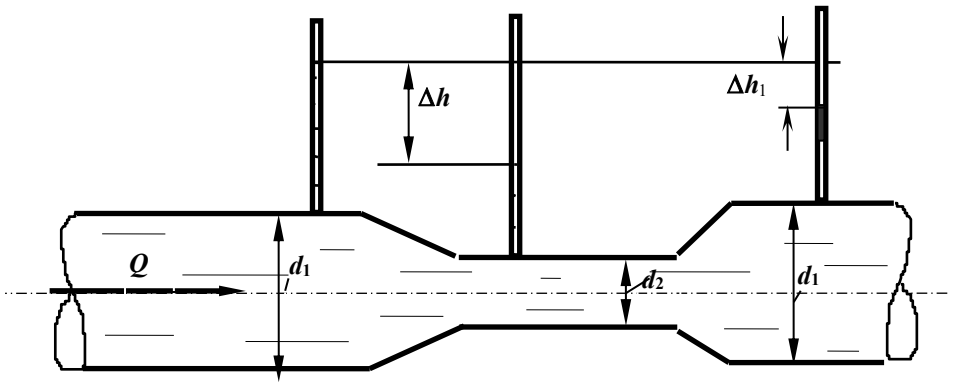
5.Определить, каким должно быть давление в начале трубы для транспортирования воды, если длина участка составляет $\boldsymbol{L}$ = 150 м, диаметр $\boldsymbol{d}$ = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм, показание манометра в конце участка $\boldsymbol{p}$ = 0,7 ат, пропускная способность трубы равна $\boldsymbol{Q}$ = 6,3 л/с, кинематической коэффициент вязкости жидкости ν = 10^{-6} м^2/с.

Задача

Определить разность показаний пьезометров $\Delta\boldsymbol{h}$, установленных на водомере Вентури с диаметрами $\boldsymbol{d_1}$ = 100 мм, $\boldsymbol{d_2}$ = 50 мм, если расход воды равен $\boldsymbol{Q}$ = 3 л/с.

Потерями напора в водомере пренебречь, коэффициент Кориолиса α принять равным 1.

Найти также $\Delta\boldsymbol{h}_1$ для случая учета сопротивления трубы Вентури , если принять $\zeta_{\text{Вентури}}$= 0,5.



№12

1.Каким должен быть коэффициент сопротивления вентиля, чтобы при пропускной способности трубопровода $\boldsymbol{Q}$ = 2,5 л/с потери напора в вентиле составили $h_{вент}$= 32 см. Диаметр трубопровода равен $\boldsymbol{d}$ = 50 мм.

2.Определить скорость по оси потока жидкости в горизонтальной трубе, если показание трубки Пито, установленной по оси потока равно 100 мм, а показание пьезометра – 50 мм. Начертить схему установки приборов.

3.Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения.

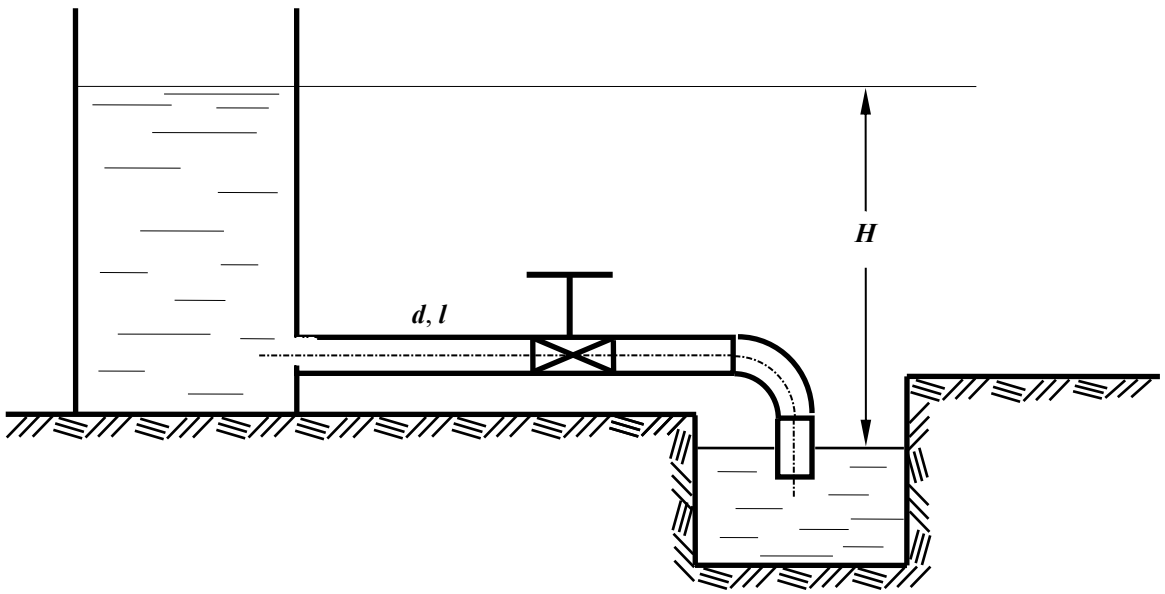
4.Разность показаний пьезометров, установленных на расстоянии $\boldsymbol{L}$ = 5 м в горизонтальной водопроводной трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм, равна 30 см. Определить коэффициент гидравлического трения (λ), если расход воды составляет $\boldsymbol{Q}$ = 2,5 л/с.

5.Что такое квадратичная область сопротивления?

Задача

Определить, какой должна быть разность уровней трансформаторного масла в резервуаре и отстойнике, чтобы по трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм и длиной $\boldsymbol{l}$ = 25 м проходил расход $\boldsymbol{Q}$ = 3,0 л/с. На трубе установлен пробковый кран с углом открытия α = 20°. Кинематический коэффициент вязкости масла

$\nu = 0{,}38 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.



№13

1.Пояснить, какие параметры составляют гидравлическую характеристику сечения потока. Дать определения.

2.В горизонтальной трубе с плавным сужением скорость в первом сечении равна V =0,5 м/с, пьезометрический напор – $p_1/\rho g$ = 0,8 м. Рассчитать пьезометрический напор во втором сечении, если диаметр трубы уменьшится в два раза.

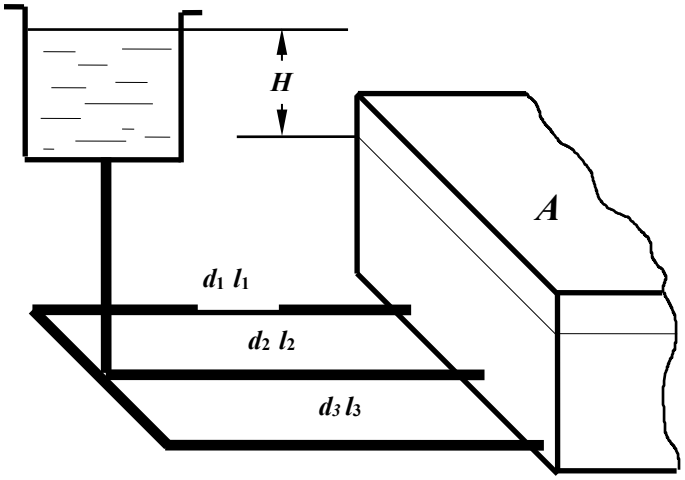
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке реальной жидкости. Записать уравнения.

4. Рассчитать критическую скорость для потока бензина в трубе диаметром d = 50 мм, если кинематический коэффициент вязкости бензина равен $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с.

5.Определить давление в начале водопроводной стальной трубы длиной L =200 м, диаметром d = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм, если показание манометра в конце участка p = 0,9 ат, пропускная способность трубы равна Q = 5,3 л/с, кинематической коэффициент вязкости жидкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

Задача

В бассейн A из напорного бака через три параллельно соединенных трубопровода поступает расход Q = 50 л/с. Определить необходимый напор H и расход в каждом трубопроводе, трубы водопроводные, нормальные; область сопротивления - квадратичная. Местные потери напора принять равными 10% от потерь по длине. Размеры труб: d_1=150 мм; l_2=450м d_2 =100 мм; l_2=400м; d_3=200мм; l_3=420м.



№14

1.Записать дифференциальные уравнения движения жидкости (уравнения Эйлера).

2.Рассчитать скоростной напор потока воды в трубе диаметром d = 100 мм, если при таком же расходе скоростной напор в трубе диаметром d = 50 мм равен 0,2 м.

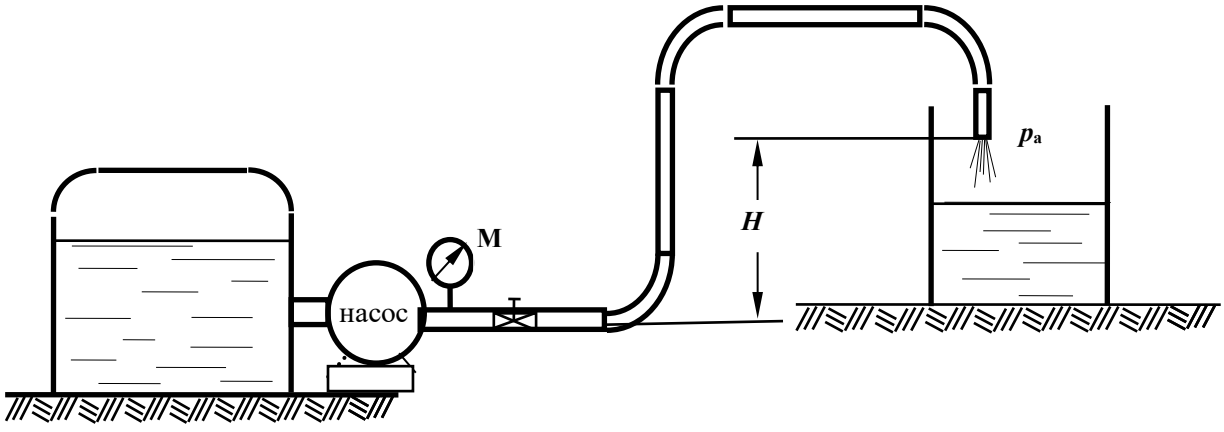
3.Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости. Дать пояснения параметров, входящих в уравнение, учитывая его геометрическую интерпретацию. Построить диаграмму уравнения.

4.При какой скорости потока воды произойдет переход от ламинарного режима к турбулентному в стеклянной трубе диаметром d = 30 мм, если кинематический коэффициент вязкости равен $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

5.Определить потери напора при подаче воды по трубопроводу диаметром d = 50 мм и длиной l=150 м при скорости потока V=1,3 м/с и температуре 10^0С (ν=0,0131 см^2/с). Трубы стальные, новые (Δ=0,05мм).

Задача

Определить длину трубопровода диаметром d = 100 мм (Δ = 0,5 мм), с помощью которого бензин ($\rho_б$ = 700 кг/м^3 и ν = 3,0·10^{-6}м^2/с) может быть поднят на высоту H = 12 м при пропускной способности **Q** = 6 л/с, если показания манометра, установленного после насоса, $p_м$ = 1,2 ат. Истечение бензина происходит в атмосферу. Сумму коэффициентов местных сопротивлений принять равной $\sum\zeta$ = 6,0.



№15

1.Пояснить понятие ***коэффициент расхода трубопровода.***

2. Определить сторону ***a*** квадратного сечения трубопровода пропускной способностью ***Q*** = 2,5 л/с при скорости движения жидкости ***V*** = 1,0 м/с.

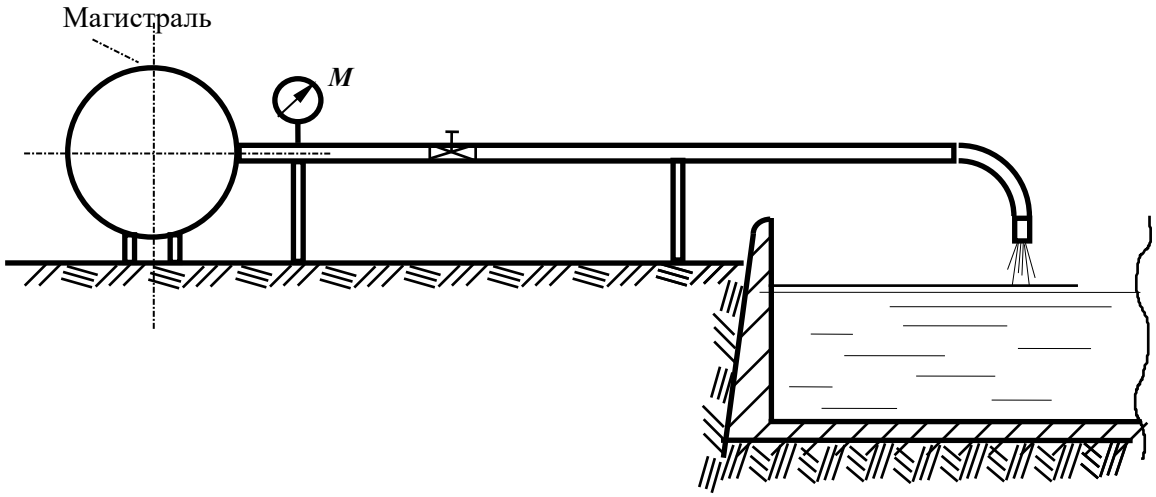
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки реальной жидкости к целому потоку? Записать уравнения.

4.Определить при какой скорости движения воды в водопроводной трубе диаметром ***d*** = 50 мм и длиной ***L*** = 40 м потери напора по длине составят h_l = 30 см. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0{,}03$.

5. Определить давление в конце водопроводной трубы длиной ***L*** = 150 м, диаметром ***d*** = 100 мм (Δ= 1,0 мм), если показание манометра в начале трубы ***p*** = 0,87 ат, расход составляет ***Q*** = 6,3 л/с ($\nu = 10^{-6}$ м^2/с).

Задача

Определить какой объем воды (***W***) наполнится в бассейне за 30 мин. через нормальную водопроводную трубу длиной ***l*** = 50 м и диаметром ***d*** = 100 мм, присоединенную к магистральному трубопроводу с избыточным давлением $p_м$ = 100 кПа, если на трубе установлен пробковый кран с углом закрытия $\alpha = 30^o$ и одно колено.



№16

1. Назвать области сопротивления турбулентного режима, пояснить как их определить при расчете.

2. Определить показание пьезометра, установленного в сечении трубы, если показание трубки Пито в центре этого сечения равно 150 мм. Скорость по оси потока принять равной $\boldsymbol{u}$ =1,0 м/с.

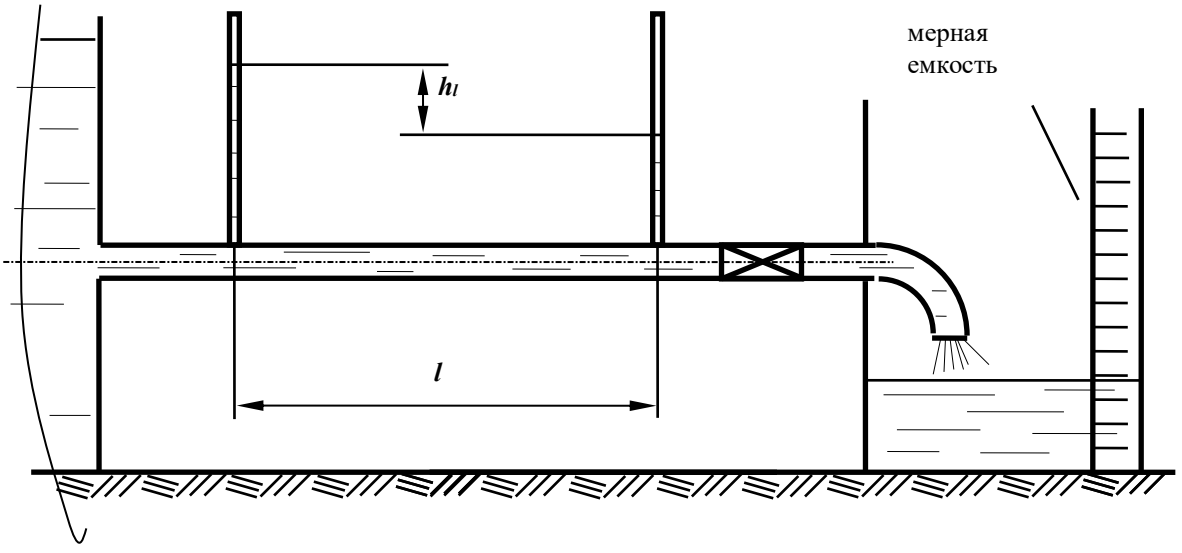
3. Чем отличается уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости от уравнения для элементарной струйки реальной жидкости? Начертить диаграммы для каждого случая.

4. Рассчитать критическую скорость для потока нефти в трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ =150 мм, если коэффициент кинематической вязкости нефти равен $\boldsymbol{\nu} = 1{,}4 \times 10^{-4}$ м^2/с.

5. Определить давление в конце водопроводной трубы длиной $\boldsymbol{L}$ = 150м, диаметром $\boldsymbol{d}$ = 100 мм ($\boldsymbol{\Delta}$= 1,0 мм), если показание манометра в начале трубы $\boldsymbol{p}$ = 0,87 ат, расход составляет $\mathbf{Q}$ = 6,3 л/с ($\boldsymbol{\nu} = 10^{-6}$ м^2/с).

Задача

Определить разность показаний пьезометров, выведенных на расстоянии $\boldsymbol{l}$ = 20 м на стальной трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм с эквивалентной шероховатостью $\boldsymbol{\Delta_э}$ = 0,5 мм, если за 30 сек. в мерную емкость набирается 50 литров воды. Кинематический коэффициент вязкости воды равен $\boldsymbol{\nu} = 0{,}0115 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.



№17

1.Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения для трех сечений трубы переменного сечения.

2.Как изменятся потери напора по длине при постоянном расходе, если диаметр трубопровода увеличить в 2 раза? Показать расчетом.

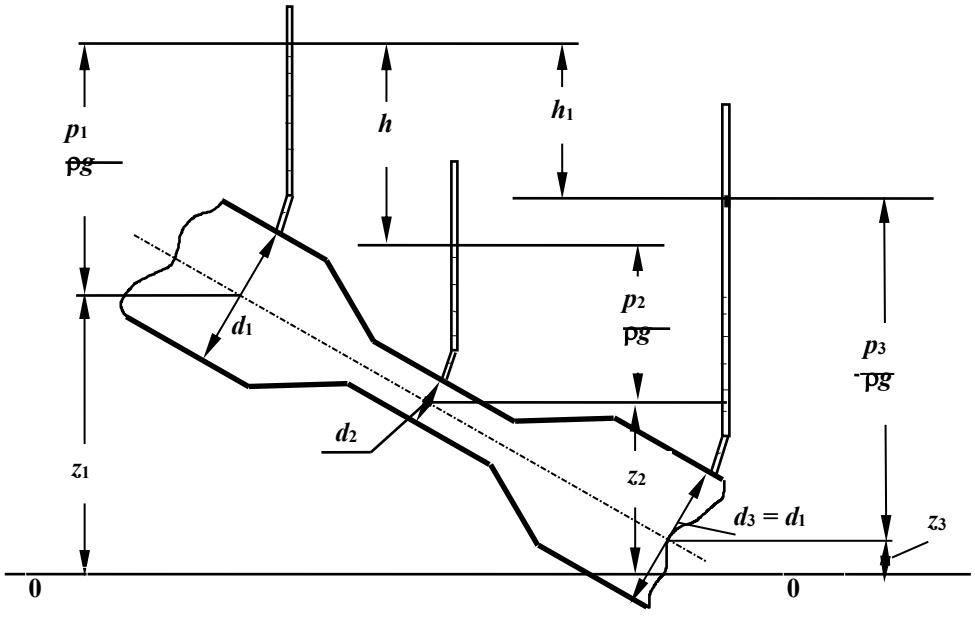
3.Рассчитать скорость по оси потока, если разность показаний трубки Пито, установленной в центре сечения, и пьзометра в этом же сечении равно 10 см. Нарисовать схему установки приборов.

4.Какой должна быть скорость протекания воды через пробковый кран с коэффициентом сопротивления $\zeta_{кр}$= 6, чтобы потери напора в кране составили $h_{кр}$ = 30 см.

5.Определить разность показаний пьезометров, установленных на горизонтальной стальной трубе d = 50 мм на расстоянии L = 25 м при расходе **Q** = 1,7 л/с ($\Delta_э$ = 0,5 мм), кинематический коэффициент вязкости воды равен $\nu = 0{,}0115 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

На трубопроводе установлен расходомер Вентури. Определить расход воды, протекающей по трубопроводу, если h = 20 см; d_1 = 100 мм; d_2 = 50 мм. Потерями напора между первым и вторым сечениями пренебречь. Учитывая потери напора между первым и третьим сечениями, найти коэффициент местного сопротивления трубы Вентури, если h_1 = 15 см.



№18

1. Определить диаметр трубопровода при течении воды с критической скоростью при расходе **Q =** 1,8 л/с; кинематический коэффициент вязкости воды равен $\nu = 0{,}0115 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.

2.При движении воздуха в вентиляционной трубе квадратного сечения со стороной a = 400 мм расход составляет **Q =** 2,4 л/с. Определить скорость движения воздуха в трубе.

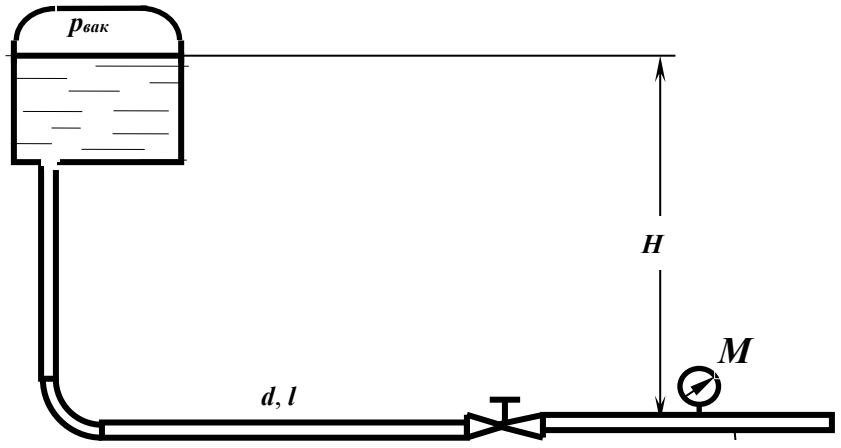
3.Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения, пояснить энергетический смысл членов уравнения.

4.Показание первого пьезометра, установленного по ходу движения масла в трубе диаметром d = 50 мм, равно h_1= 1,5 м. Определить показание второго пьезометра h_2 на расстоянии L = 20 м, если расход составляет **Q =** 2,0 л/с.
Кинематический коэффициент вязкости масла принять $\nu = 0{,}3 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.

5.В горизонтальной трубе с плавным сужением скорость в первом сечении равна V =0,8 м/с, пьезометрический напор – $p_1/\rho g$ = 0,8 м. Рассчитать пьезометрический напор во втором сечении, если диаметр трубы уменьшится в два раза.

Задача

Определить показание манометра, установленного на трубе диаметром d = 150 мм длиной L = 20 м, подающей в закрытый бак с вакуумметрическим давлением на поверхности жидкости $p_{вак}$ = 0,1 ат масло трансформаторное (ρ = 880кг/м^3, $\nu = 28 \cdot 10^{-6}$ м^2/с) при расходе Q = 5,0 л/с на высоту H = 12 м. Труба стальная новая, коэффициент сопротивления задвижки $\zeta_{задв}$= 6.



№19

1.Дать определение понятия ***гидравлический радиус.***

2.Определить диаметр трубы для пропуска воды с расходом $\boldsymbol{Q}$ = 2,4 л/с при скорости $\boldsymbol{V}$ = 1,1 м/с.

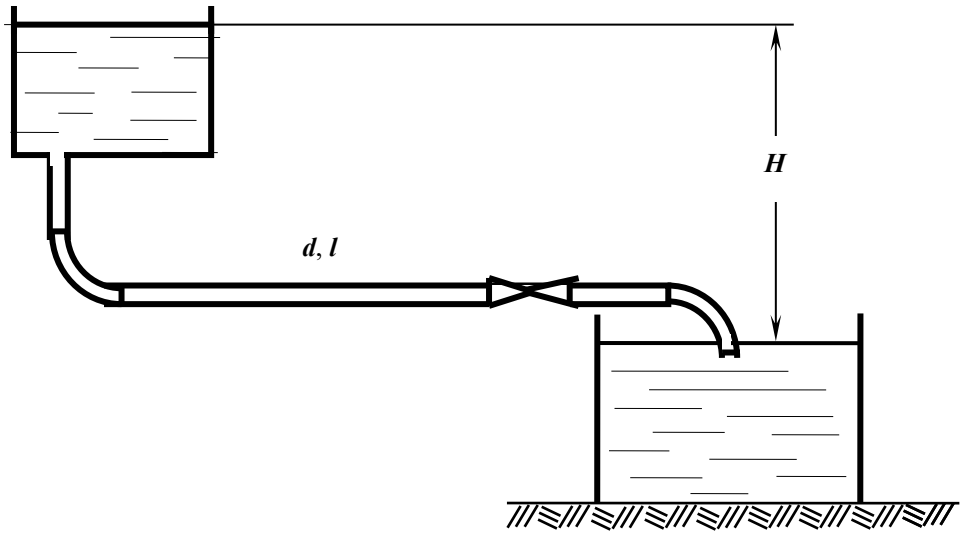
3.Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение, исходя из геометрической интерпретации уравнения.

4.Определить разность показаний пьезометров, установленных на горизонтальной трубе $\boldsymbol{d}$ = 50 мм на расстоянии $\boldsymbol{L}$ = 5 м при расходе $\boldsymbol{Q}$ = 3,14 л/с; коэффициент Дарси принять равным 0,04.

5.Определить режим движения воды и нефти в трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 10 см при скорости движения $\boldsymbol{V}$ = 25 см/с. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu_в$= 0,01 см^2/с; нефти - $\nu_н$ = 0,5 см^2/с.

Задача

Определить расход воды, вытекающей из бака через трубу длиной $\boldsymbol{l}$ = 10 м и диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм под напором $\boldsymbol{H}$ = 4 м. Коэффициент сопротивления крана принять равным $\zeta_{кр}$= 6. Труба стальная новая. Учесть все местные сопротивления



№20

1.Дать определение ламинарного и турбулентного режима.

2.Определить критическую скорость движения воды по трубам диаметрами d = 10 см и 0,1 см. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu_в$= 0,01 см^2/с.

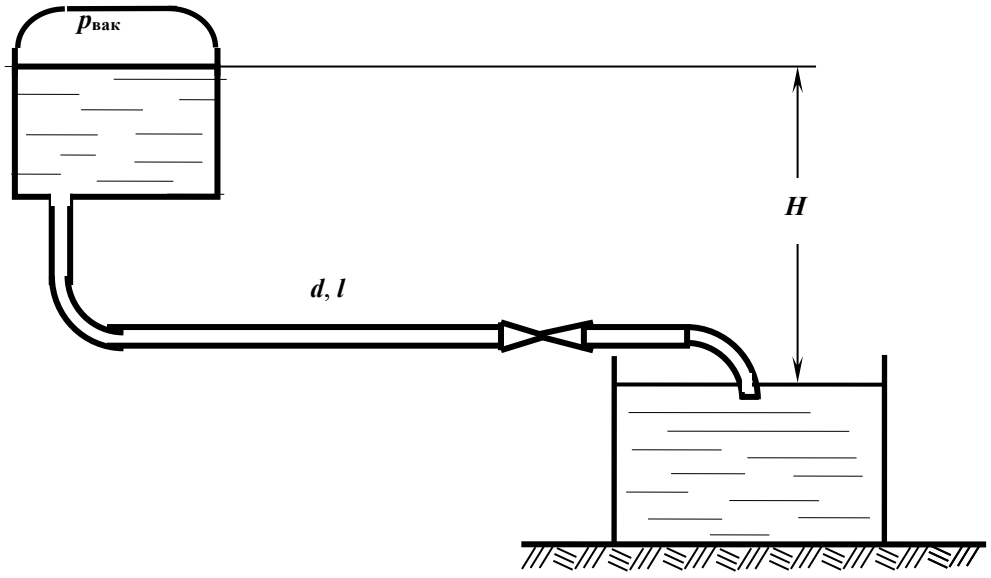
3.Каков геометрический и энергетический смысл каждого члена уравнения Бернулли в отдельности и всего уравнения в целом?

4.Как изменятся потери напора по длине, если расход жидкости уменьшится в 2 раза, показать расчетом.

5.Определить потери напора по длине в трубе длиной L = 20 м диаметром d = 50 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм при расходе Q = 2,5 л/с, если кинематический коэффициент вязкости воды ν = 10^{-6} м^2/с.

Задача

Жидкость плотностью ρ = 700 кг/м^3 с кинематическим коэффициентом вязкости ν =3х10^{-6} м^2/с подается из бака по трубе длиной l = 10 м и диаметром d = 50 мм под напором H = 1 м. Определить расход, если показание вакуумметра $p_{вак}$= 5 кПа. Коэффициент сопротивления задвижки $\zeta_{задв}$ = 5,5, шероховатость трубы Δ= 0,2 мм.



№21

1.По каким признакам движение делится на установившееся и неустановившееся?

2.Чему равен гидравлический радиус в прямоугольном лотке шириной b = 1 м и глубиной наполнения h = 0,5 м?

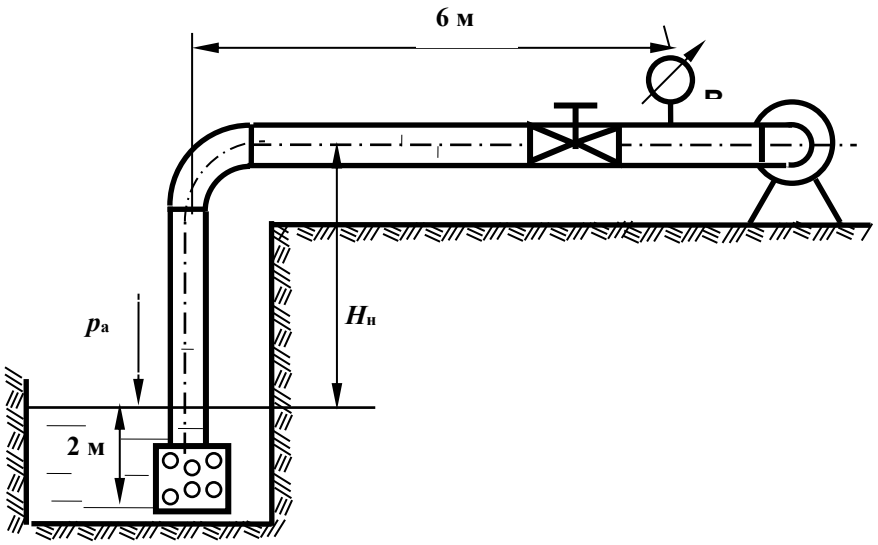
3.Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения, пояснить энергетический смысл членов уравнения

4.Сравнить потери напора по длине в стальной трубе круглого и квадратного сечения при равных длине, площади живого сечения и скоростях движения воды и эквивалентной шероховатости: l =100 м, ω = 0,03 м^2, V =1,0 м/с, Δ = 0,2 мм.

5.Определить расход воды в трубе диаметром d_1 = 250 мм, имеющей плавное сужение до диаметра d_2 =125 мм, если показание пьезометров: до сужения h_1 = 50 см, в сужении h_2 = 30 см.

Задача

Насос, перекачивающий жидкость с плотностью ρ = 900 кг/м^3 и вязкостью ν = 0,5х10^{-4}м^2/с, в количестве Q = 40 л/с, создает во всасывающей линии вакуум $p_{вак}$= 350 мм рт.ст., не вызывая разрыва сплошности потока. Диаметр трубопровода равен d = 200 мм. Найти высоту установки насоса $H_н$, при атмосферном давлении 750 мм рт.ст. и коэффициенте сопротивления задвижки $\zeta_{задв}$= 2.



№22

1.Что такое трубка тока и элементарная струйка? Каковы их свойства?

2.Как зависит средняя скорость от площади живого сечения? Что будет со средней скоростью, если площадь живого сечения увеличивается? уменьшается? остается постоянной(

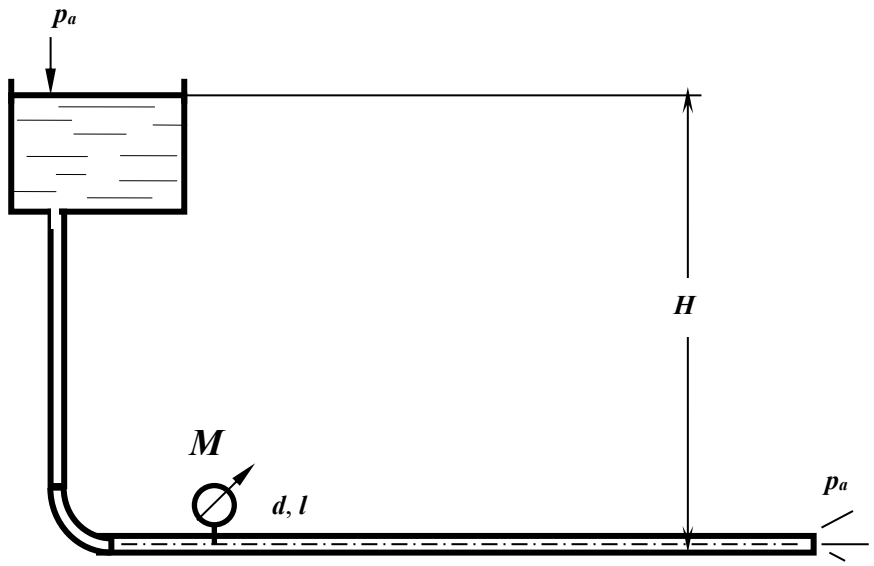
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке вязкой жидкости? Как изменится диаграмма уравнения?

4.По трубопроводу диаметром d = 150 мм перекачивается мазут с плотностью ρ = 900 кг/м^3.Определить объемный расход Q и среднюю скоростьV, если весовой расход составляет G =500 Н/час.

5.Определить, при какой скорости возможен ламинарный режим для потока жидкости в трубе диаметром d = 150 мм, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

Определить, на каком расстоянии от водонапорного бака установлен манометр, показания которого $p_м$ =48 кПа, если длина трубопровода l = 1000 м, диаметр d = 100 мм, H = 10 м, $\Delta_э$= 0,2 мм; принять режим турбулентный, область сопротивления квадратичная.



№23

1.Проанализировать и объяснить возможное положение напорной и пьезометрической линии потока вязкой жидкости. Может ли каждая из них быть горизонтальной, иметь уклон в сторону движения или против него? В каких случаях?

2.Чему равен смоченный периметр в безнапорной трубе диаметром d = 1 м и глубиной наполнения h = 0,5 м?

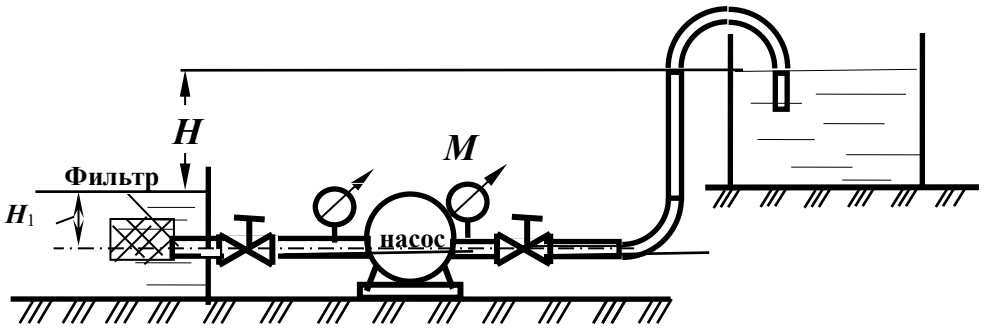
3.В каком смысле следует понимать определение ***потери энергии,*** учитывая, что уравнение Бернулли – закон сохранения энергии при движении жидкости? Может ли потерянная энергия снова перейти в механическую энергию движущегося потока?

4.Чему равна скорость V_1 в напорном трубопроводе, если в сечении 1-1 внутренний диаметр трубы равен d_1 =10 см, а в сечении 2-2 диаметр d_2 = 5см и скорость V_2=1 м/с?

5. Определить давление в конце водопроводной трубы длиной L = 100м, диаметром d = 100 мм (Δ= 1,0 мм), если показание манометра в начале трубы p = 0,96 ат, расход составляет Q = 4,2 л/с ($\nu = 10^{-6}$ м^2/с).

Задача

Насос подает дизельное топливо из нижнего бака в верхний. Определить напор, создаваемый насосом, и его полезную мощность, если плотность жидкости $\rho_б$ = 800 кг/м^3 и кинематическая вязкость $\nu = 3{,}0\cdot10^{-6}$м^2/с. Геометрические параметры всасывающего трубопровода: $d_{вс}$ = 125 мм, длина $l_{вс}$= 10 м; нагнетательного трубопровода - $d_н$ = 100 мм, $l_н$= 800 м, эквивалентная шероховатость Δ = 0,5 мм. Высота подъема топлива H = 20 м при подаче Q = 16 л/с, показания манометра, установленного после насоса, $p_м$ = 1,2 ат. Эквивалентную длину в линии нагнетания принять равной 20 м. В линии всасывания учесть потери напора в фильтре ($\zeta_ф$=17) и в полностью открытом вентиле.



№24

1.Что такое гидравлический уклон? Может ли он быть положительным? отрицательным?

2.Какую размерность имеет число Рейнольдса? Чему равно критическое число Рейнольдса? Как найти критическую скорость?

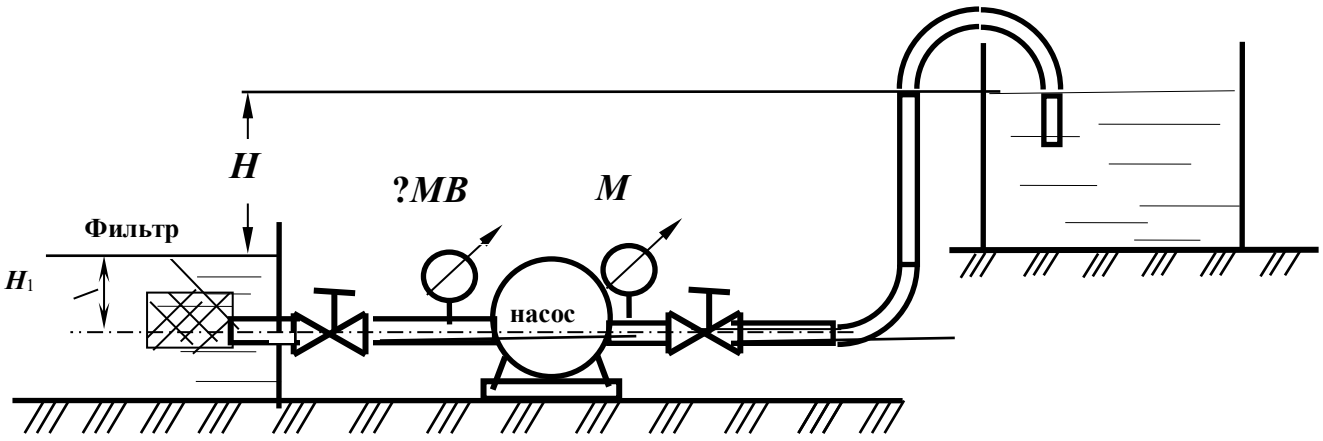
3.Как изменится расход воды в новой стальной трубе диаметром d = 100 мм и длиной L = 100 м, если потери напора составляют 0,5 м, а температура воды изменилась от 5° до 20°С?

4.Построить диаграмму уравнения Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости; пояснить энергетический смысл уравнения.

5.Определить расходы воды в квадратной и круглой трубе при площади живого сечения ω = 0,002 м^2, Δ = 0,2 мм, если потери напора в этих трубах одинаковы и равны 0,2 м, а длина каждой трубы: l =100 м.

Задача

Насос подает дизельное топливо из нижнего бака в верхний. Определить тип прибора, установленного перед входом в насос при H_1= 3 м, если плотность жидкости $\rho_б$ = 800 кг/м^3 и кинематическая вязкость ν = 3,0·10^{-6}м^2/с; расход Q = 16 л/с; геометрические параметры всасывающего трубопровода: $d_{вс}$ = 125 мм, длина $l_{вс}$= 10 м; учесть потери напора в фильтре ($\zeta_ф$=17) и в полностью открытом вентиле.



№25

1.Что такое ***местные*** потери напора и потери напора ***по длине*** потока? Какова природа и физическая сущность этих явлений?

2.Под каким давлением находится напорный поток вязкой жидкости, если пьезометрическая линия проходит ниже, выше или совпадает с продольной осью потока?

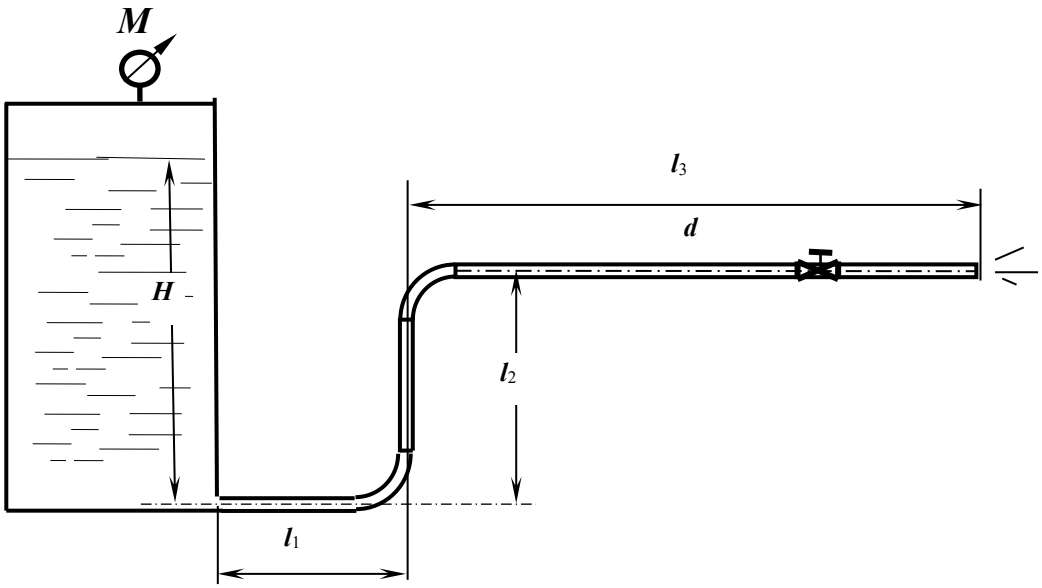
3.Определить давление в начале трубопровода диаметром d = 150 мм и длиной L = 10 км, при подаче жидкости с плотностью ρ = 880 кг/м^3 и вязкостью ν = 1,09 Ст при весовом расходе **G** =12000 Н/сутки. Конечная точка трубопровода лежит выше начальной на 100 м, а давление в конце трубопровода p_2 =1,5 ати.

4.Определить режим движения воды и нефти в трубе диаметром d = 10 см при расходе равном 250 см^3/с. Кинематический коэффициент вязкости воды $\nu_в$= 0,01 см^2/с; нефти – $\nu_н$ = 0,5 см^2/с.

5.Что такое зона квадратичного сопротивления турбулентного режима? Как она определяется при расчете?

Задача

Чему равен напор H, необходимый для обеспечения расхода воды Q = 20 л/с трубопроводе диаметром d = 100 мм и с длинами l_1 = 10 м, l_2 = 4 м, l_3 = 40 м при показании манометра $p_{ман}$=0,1 ат, труба старая, сильно загрязненная, вентиль полностью открытый. Учесть все местные сопротивления.



№26

1.Какое движение жидкости называется равномерным?

2.Определить разность показаний трубки Пито и пьезометра, если скорость в точке установки прибора равна $\boldsymbol{u}$ =1,21 м/с. Начертить схему установки приборов.

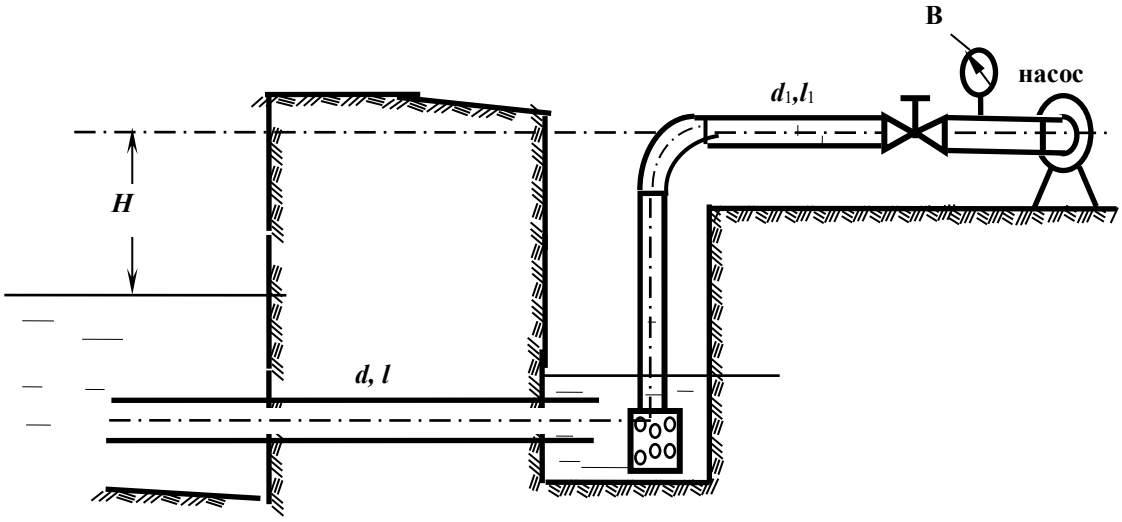
3.Представить уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения.

4.Определить потери напора по длине в трубе длиной $\boldsymbol{L}$ = 200 м диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,01 мм при расходе $\boldsymbol{Q}$ = 2,5 л/с, если коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

5.Определить, при какой скорости возможен ламинарный режим для потока жидкости в трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ =150 мм, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3\text{x}10^{-4}$ м^2/с.

Задача

Вода ($\nu = 10^{-6}$м^2/с) из озера по самотечному трубопроводу ($\boldsymbol{d}$ = 200 мм, $\boldsymbol{l}$ = 50 м) поступает в береговой колодец, откуда насосом подается в промысловый водопровод. Подача насоса $\boldsymbol{Q}$ = 60 л/с, его всасывающая линия ($\boldsymbol{d}_1$ = 150 мм, $\boldsymbol{l}_1$ = 15 м) имеет сетку с обратным клапаном, колено и вентиль. Все трубы сварные, умеренно заржавевшие, $\boldsymbol{H}$ = 3 м. Определить вакуум в трубе перед насосом.



Министерство науки и высшего образования РФ ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

А. В. Угольников

Д. С. Стожков

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Сборник тестовых вопросов и заданий для студентов всех неэлектрических специальностей, изучающих дисциплину «Электротехника» очного и заочного обучения»

Екатеринбург – 2019

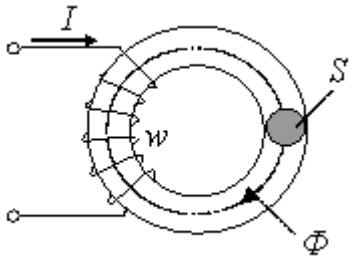
Оглавление

1. Основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей……. 3
Тема 2: Методы расчета линейных цепей постоянного тока …….. 13
Тема 3: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (однофазные цепи)……. 21
Тема 4: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (трехфазные цепи)…… 29
Тема 5: Нелинейные цепи ……...……. 34
Тема 6: Методы измерения электрических и магнитных величин……..….. 38
Тема 7: Трансформаторы…… 40
Тема 8: Машины переменного тока……... 45
Тема 9: Машины постоянного тока…… 50
Тема 10: Синхронные машины…….. 56
Тема 11: Электроника……. 60

ОТВЕТЫ ……..... 70

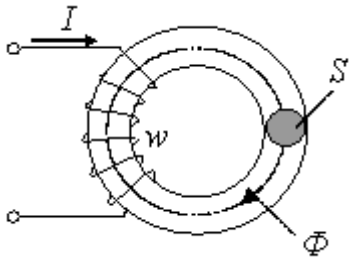
Тема 1. Основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей

1.1. Если при неизменном токе I, площади поперечного сечения S и длине l магнитопровода уменьшить число витков w, то магнитный поток Ф …



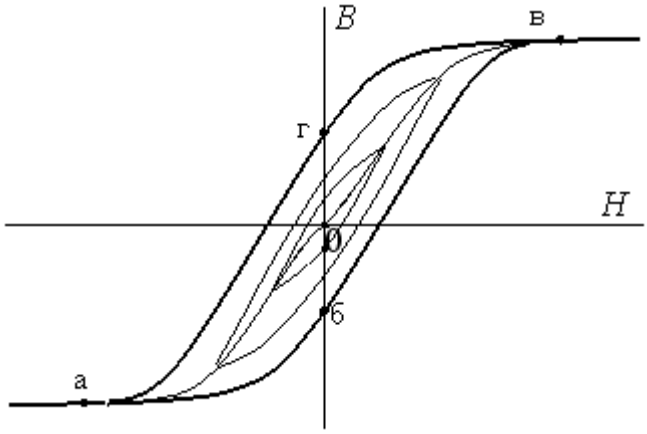
1. уменьшится;
2. не изменится;
3. не хватает;
4. увеличится.

1.2. Если при неизменном токе I, площади S поперечного сечения магнитопровода (сердечник не насыщен) и его длине l увеличить число витков w, то магнитный поток Ф …



1. уменьшится;
2. увеличится;
3. не изменится;
4. не хватает данных.

1.3. Зависимость магнитной индукции B от напряженности магнитного поля H, описывается замкнутой кривой а-б-в-г-а, называется …

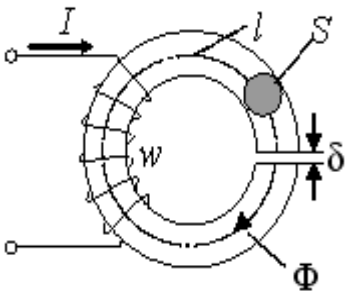


1. частной петлей гистерезиса;
2. предельной петлей гистерезиса;
3. кривой первоначального намагничивания;
4. основной кривой намагничивание.

1.4. Если действующее значение ЭДС в катушке со стальным сердечником равно E, то, пренебрегая рассеянием и активным сопротивлением катушки, амплитуда магнитной индукции B_m равна …

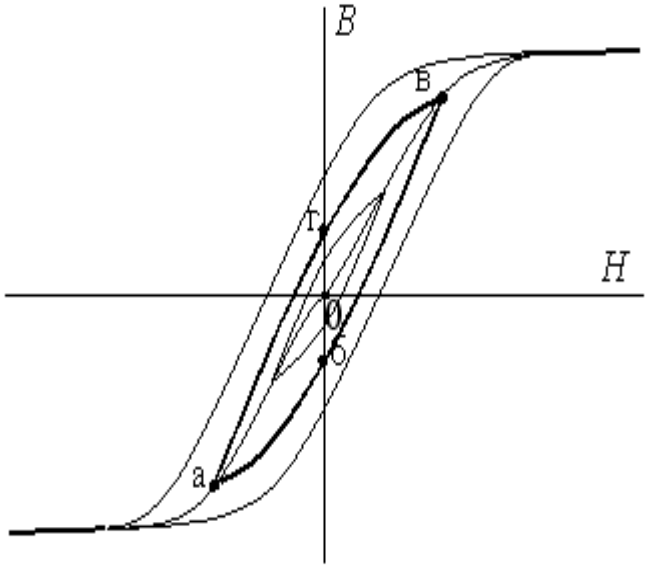
1. 4,44 wfS / E;
2. E_m / (wfS);
3. E / (4,44 wfS);
4. 4,44 wfSE.

1.5. Если при неизменном токе I, числе витков w, площади S поперечного сечения и длине l магнитопровода (сердечник не насыщен), увеличить воздушный зазор δ, то магнитный поток Ф…



1. не изменится;
2. увеличится;
3. не хватает данных;
4. уменьшится.

1.6. Зависимость магнитной индукции B от напряженности магнитного поля H, описываемая замкнутой кривой а-б-в-г-а, называется …

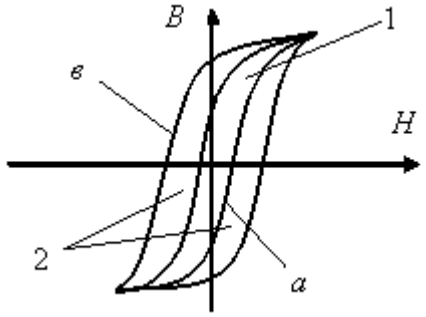


1. предельная петля гистерезиса;
2. частная петля гистерезиса;
3. основная кривая намагничивания;
4. кривая первоначального намагничивания.

1.7. *Если при неизменной амплитуде U_m увеличить частоту синусоидального напряжения, питающего катушку со стальным сердечником, то потери мощности в магнитопроводе …*

1. увеличатся;
2. уменьшаться;
3. не хватает данных;
4. не изменятся.

1.8. Если «а» - статическая, а «в» - динамическая петли гистерезиса, то суммарные потери на гистерезис и вихревые токи за цикл перемагничивания представляет площадь …



1. 1+2;
2. 1;
3. 2;
4. 2-1.

1.9. В ферромагнитных веществах магнитная индукция B и напряженность магнитного поля H связаны соотношением

1. $B = H / \mu_0$;
2. $B = \mu_0 H$;
3. $B = H / \mu_a$;
4. $B = \mu_a H$.

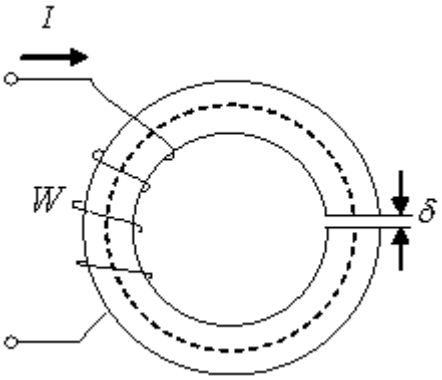
1.10. Фундаментальные уравнения, описывающие электромагнитное поле, это - …

1. уравнения, составленные по законам Кирхгофа;
2. уравнения закона Джоуля-Ленца;
3. уравнения закона Ома;
4. уравнения Максвелла.

1.11. К ферромагнитным материалам относится …

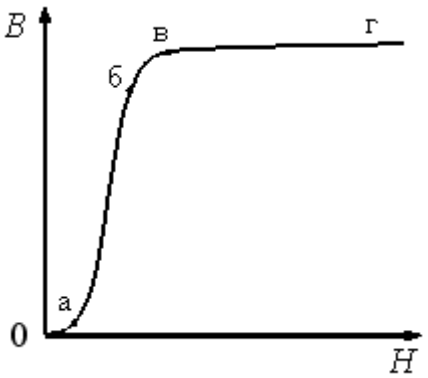
1. электрическая медь;
2. электротехническая сталь;
3. алюминий;
4. чугун.

1.12. Приведенная магнитная цепь классифицируется как …



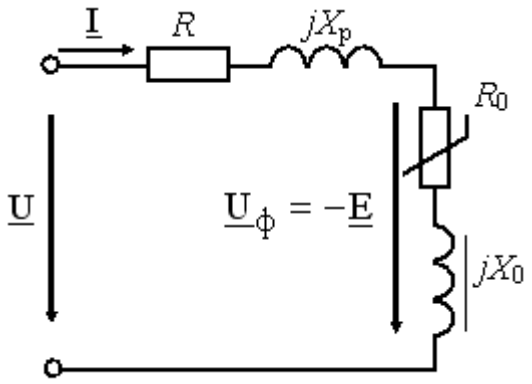
1. неразветвленная однородная;
2. разветвленная неоднородная;
3. разветвленная однородная;
4. неразветвленная неоднородная.

1.13. Отрезок а-б основной кривой намагничивания B(H) соответствует…



1. участку насыщения ферромагнетика;
2. участку интенсивного намагничивания ферромагнетика;
3. размагниченному состоянию ферромагнетика;
4. участку начального намагничивания ферромагнетика.

1.14. На эквивалентной последовательной схеме замещения катушки с ферромагнитным сердечником потери в магнитопроводе учитывает элемент ….



1. $X_р$;
2. X_0;
3. R;
4. R_0.

1.15. Величиной, имеющей размерность Гн/м, является …

1. магнитная индукция *B*;
2. напряженность магнитного поля H;
3. абсолютная магнитная проницаемость $\mu_{o;}$
4. магнитный поток Ф.

1.16. Напряженность магнитного поля связана с индукцией магнитного поля соотношением …

1. $\overline{D} = \varepsilon\varepsilon_0\overline{E}$
2. $\overline{H} = \mu_0\overline{B}$
3. $\overline{B} = \dfrac{\overline{H}}{\mu\mu_0}$
4. $\overline{H} = \dfrac{\overline{B}}{\mu\mu_0}$

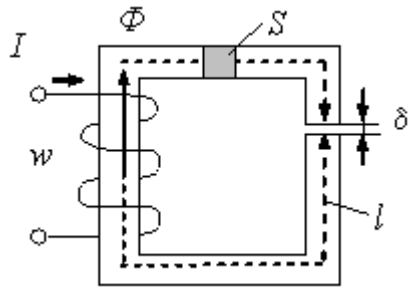
1.17. Если к катушке с ферромагнитным сердечником приложено синусоидальное напряжение $u(t)=U_m \sin\omega t$, *то, пренебрегая рассеянием и активным сопротивлением катушки, можно принять …*

1. $U_m \approx U_{m\,расс}$;
2. $U_m \approx RI_m$;
3. $U_m \approx RI_m + E_{m\,расс}$;
4. $U \approx E$.

1.18. Основной кривой намагничивания ферромагнитных материалов называется …

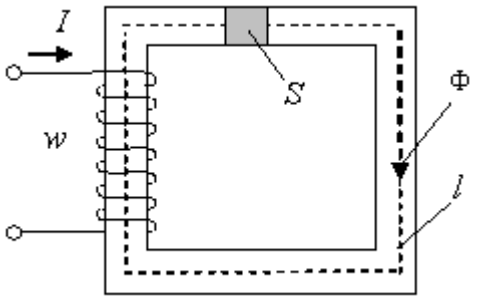
1. геометрическое место вершин симметричных частных петель гистерезиса и предельной гистерезисной петли;
2. частная петля гистерезиса зависимости B (H);
3. кривая магнитной проницаемости;
4. предельная петля гистерезиса зависимости B (H).

1.19. Если при неизменном токе I, числе витков w и площади S поперечного сечения уменьшить длину l магнитопровода (сердечник не насыщен), уменьшить воздушный зазор δ, то магнитный поток Ф …



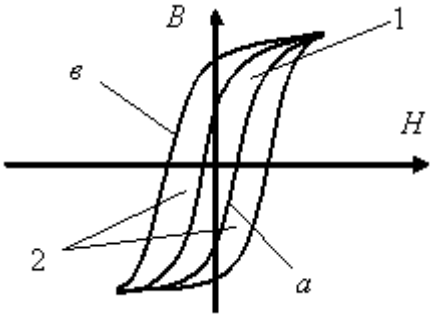
1. не изменится;
2. увеличится;
3. не хватает данных;
4. уменьшится.

1.20. Если при неизменном токе I, числе витков w и площади S поперечного сечения увеличить длину l магнитопровода (сердечник не насыщен), то магнитный поток Ф …



1. не изменится;
2. уменьшится;
3. увеличится;
4. не хватает данных.

1.21. Если площадь 1 – потери на гистерезис за один цикл перемагничивания, а площади 2 – потери на вихревые токи за один цикл перемагничивания, то замкнутая кривая «в» представляет ...

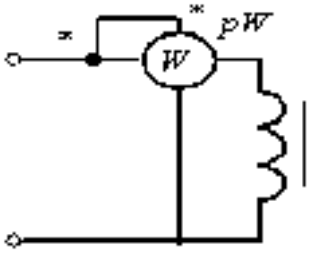


1. статическую петлю гистерезиса;
2. динамическую петлю гистерезиса;
3. основную кривую намагничивания;
4. кривую первоначального намагничивания.

1.22. Законом ома для магнитной цепи называют уравнение ...

1. $\Phi = \frac{R_M}{I_W} = \frac{R_M}{F}$;
2. $\Phi = \frac{I_W}{R_M} = \frac{F}{R_M}$;
3. $\Phi = I_W R_M = F R_M$;
4. $\Phi = \frac{I_W}{U_M} = \frac{F}{U_M}$.

1.23. Если потери мощности в активном сопротивлении провода катушки со стальным сердечником P_R = 2 Вт, потери мощности на гистерезис $P_Г$ = 12 Вт, на вихревые токи P_B = 20 Вт, то показание ваттметра составляет ...



1. 22 Вт;
2. 34 Вт;
3. 32 Вт;
4. 14 Вт.

1.24. Величиной, имеющей размерность А/м, является …

1. магнитная индукция;
2. напряженность электрического поля Е;
3. магнитный поток Ф;
4. напряженность магнитного поля Н.

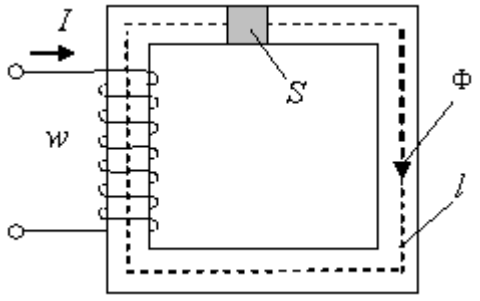
1.25. Величиной, имеющей размерность Вб, является …

1. магнитный поток Ф;
2. магнитная индукция В;
3. напряженность электрического поля Е;
4. напряженность магнитного поля Н.

1.26. При описании магнитного поля используется величина …

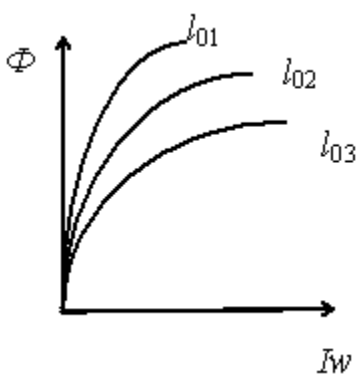
1. напряженности электрического поля Е;
2. электрического смещения D;
3. диэлектрической постоянной ε_0;
4.магнитного потока Ф.

1.27. Если при неизменном токе I, числе витков w и площади S поперечного сечения уменьшить длину l магнитопровода (сердечник не насыщен), то магнитный поток Ф …



1. не изменится;
2. увеличится;
3. не хватает данных;
4. уменьшится.

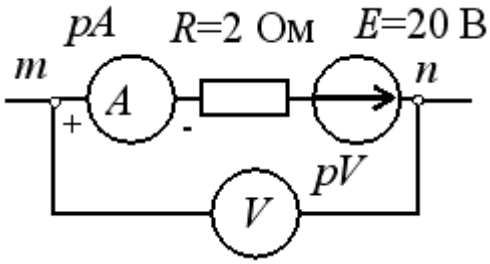
1.28. Соотношение между воздушными зазорами для трех магнитных характеристик Ф=f(Iw) магнитной цепи …



1. $l_{01} < l_{02} < l_{03}$;
2. $l_{01} = l_{02} = l_{03}$;
3. $l_{01} > l_{02} = l_{03}$;
4. $l_{01} > l_{02} > l_{03}$.

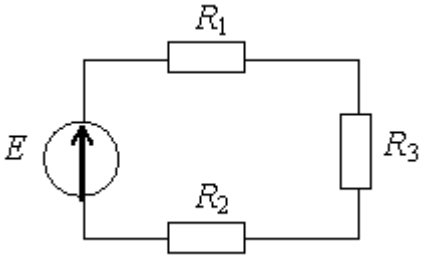
Тема 2: Методы расчета линейных цепей постоянного тока

2.1. Полярность на амперметре pA показывает направление тока. Если показание амперметра составляет pA=5A, то вольтметр покажет …



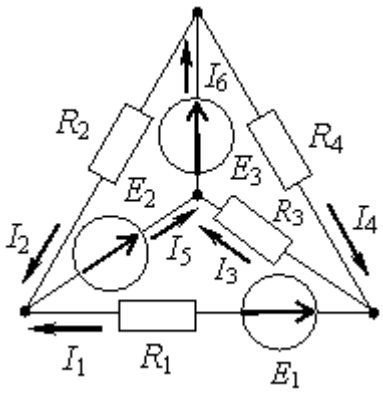
1. 0 В;
2. 10 В;
3. 4 В;
4. 20 В.

2.2. Если R_1 = 1 кОм, R_2 = 200 Ом, R_3 = 20 Ом, то на резисторах будут наблюдаться следующие напряжения…



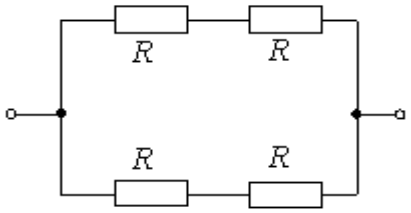
1. на всех одно и то же напряжение;
2. на $R_2 \rightarrow$ max, на $R_1 \rightarrow$ min;
3. на $R_3 \rightarrow$ max, на $R_1 \rightarrow$ min;
4. на $R_1 \rightarrow$ max, на $R_3 \rightarrow$ min.

2.3. Общее количество независимых уравнений по законам Кирхгофа, необходимое для расчета токов в ветвях заданной цепи составит …



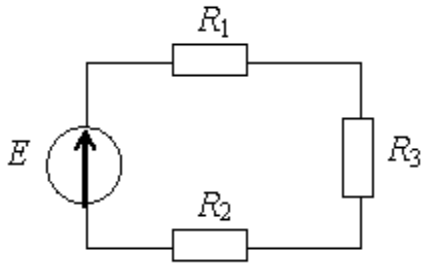
1. 2;
2. 3;
3. 6;
4. 4.

2.4. Если все резисторы имеют одинаковое сопротивление, то эквивалентное сопротивление цепи равно …



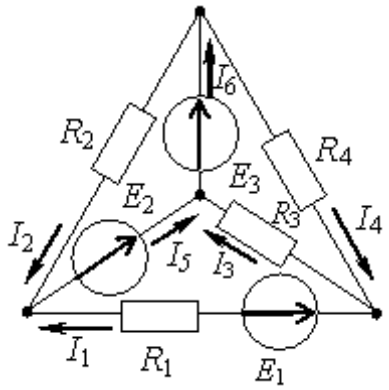
1. $R_э = 2R$;
2. $R_э = R/2$;
3. $R_э = R$;
4. $R_э = 4R$.

2.5. Если сопротивления R_1 = 100 Ом, R_2 = 20 Ом, R_3 = 200 Ом, то на резисторах будут наблюдаться следующие напряжения …



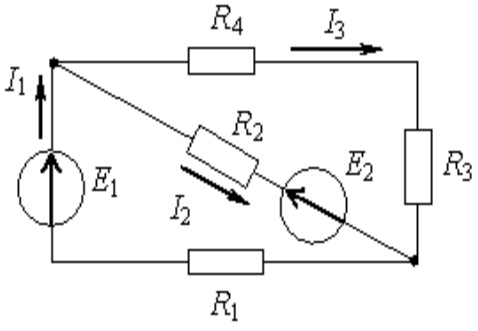
1. на $R_3 \rightarrow$ max, на $R_2 \rightarrow$ min;
2. на $R_2 \rightarrow$ max, на $R_1 \rightarrow$ min;
3. на $R_1 \rightarrow$ max, на $R_2 \rightarrow$ min;
4. во всех одно и тоже напряжение.

2.6. Количество узлов в данной схеме составляет …



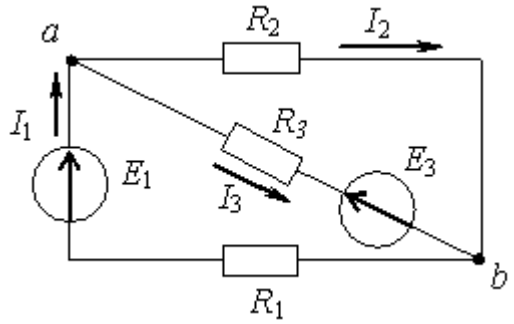
1. три;
2. два;
3. четыре;
4. шесть.

2.7. Источник ЭДС работают в следующих режимах …



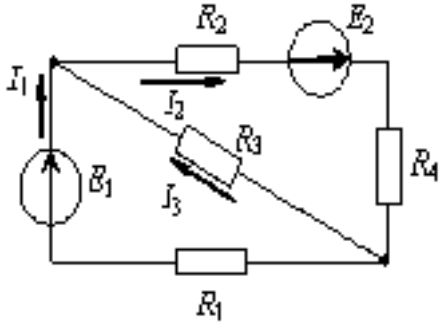
1. оба в генераторном режиме;
2. E_1 – генератор, а E_2 – потребитель;
3. E_1 – потребитель, а E_2 – генератор;
4. оба в режиме потребителя.

2.8. Количество независимых уравнений по второму закону Кирхгофа, необходимое для расчета токов в ветвях составит …



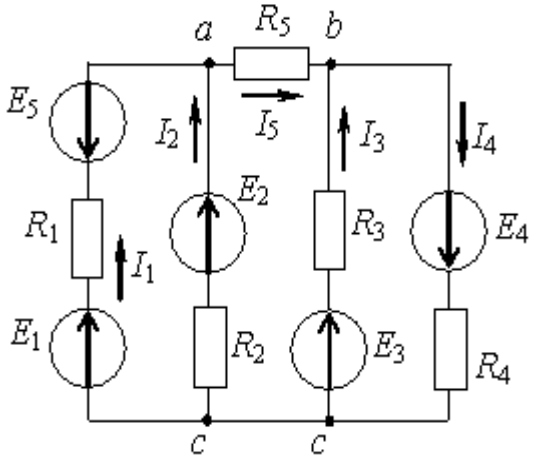
1. четыре;
2. три;
3. два;
4. одно.

2.9. Источники ЭДС работаю в следующих режимах …



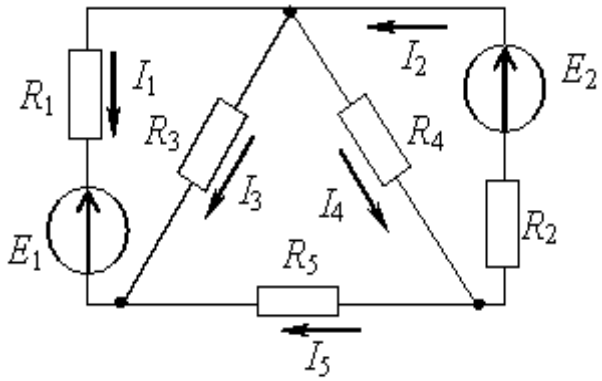
1. E_1 – потребитель, а E_2 – генератор;
2. оба в режиме потребителя;
3. E_1 – генератор, а E_2 – потребитель;
4. оба в генераторном режиме.

2.10. Если токи в ветвях составляют I_1=2А, I_2=10 А, то ток I_5 будет равен …



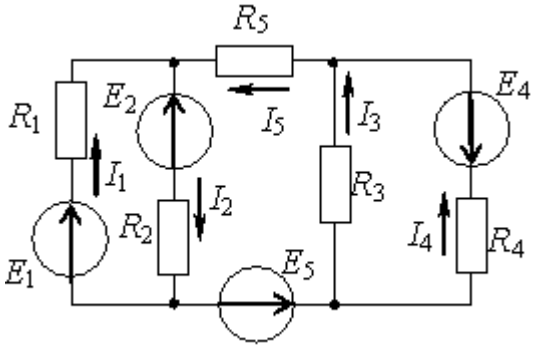
1. 8 А;
2. 20 А;
3. 6 А;
4. 12 А.

2.11. Уравнение баланса мощностей представлено выражением ...



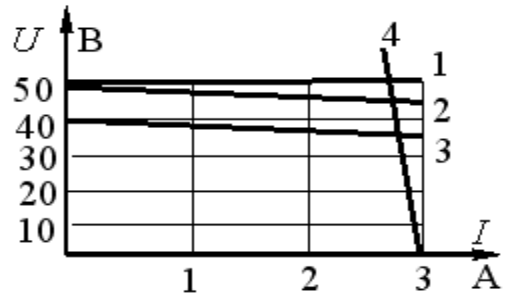
1. $E_1I_1 - E_2I_2 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2 + R_4I_4^2 + R_5I_5^2$;
2. $E_1I_1 + E_2I_2 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2 + R_4I_4^2 + R_5I_5^2$;
3. $E_1I_1 + E_2I_2 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2 + R_4I_4^2 - R_5I_5^2$;
4. $-E_1I_1 + E_2I_2 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2 + R_4I_4^2 + R_5I_5^2$.

2.12. Количество независимых уравнений, необходимое для расчета токов в ветвях по второму закону Кирхгофа составит ...



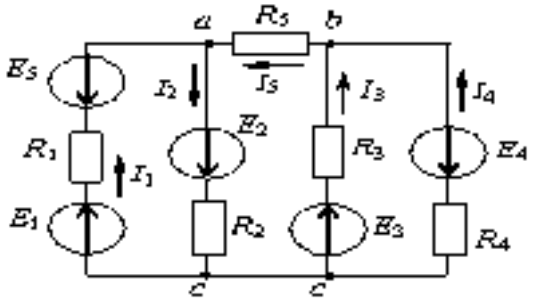
1. четыре;
2. три;
3. два;
4. шесть.

2.13. Идеальному источнику ЭДС соответствует внешняя характеристика по номером ...



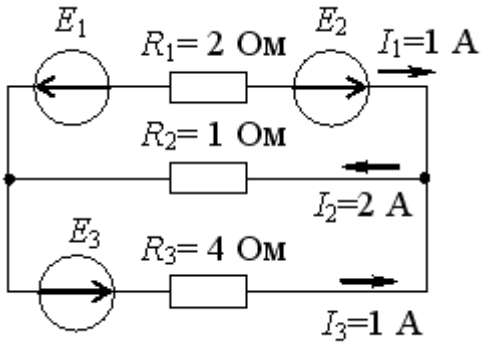
1. три;
2. четыре;
3. один;
4. два.

2.14. Для узла «а» справедливо уравнение по первому закону Кирхгофа …



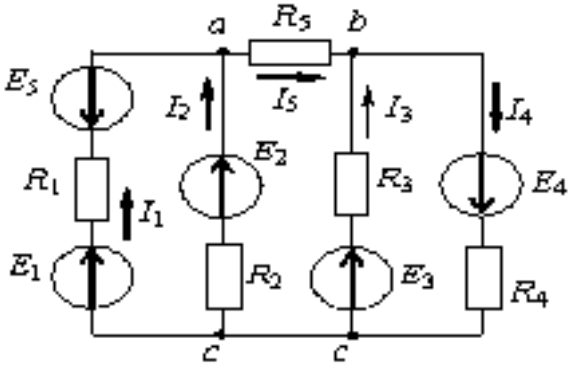
1. $-I_1 - I_2 - I_5 = 0$;
2. $I_1 + I_2 + I_5 = 0$;
3. $-I_1 - I_2 + I_5 = 0$;
4. $I_1 - I_2 + I_5 = 0$.

2.15. При известных величинах токов и сопротивлений, потребляемая мощность составит …



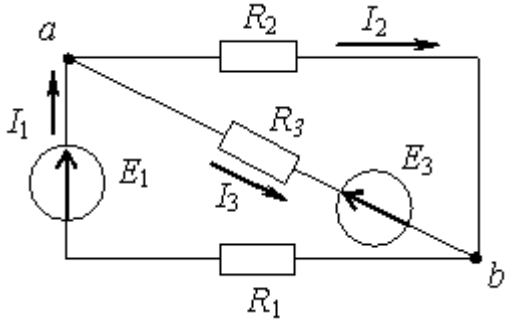
1. 8 Вт;
2. 10 Вт;
3. 20 Вт;
4. 2 Вт.

2.16. Для контура, содержащего ветви с R_2, R_3, R_5, справедливо уравнение по второму закону Кирхгофа…



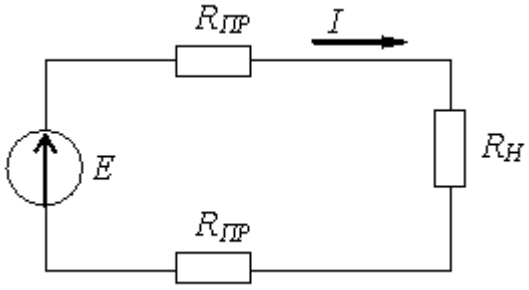
1. $I_2R_2 + I_3R_3 + I_5R_5 = E_2 + E_3$;
2. $I_2R_2 + I_3R_3 + I_5R_5 = E_2 - E_3$;
3. $I_2R_2 + I_3R_3 - I_5R_5 = E_2 - E_3$;
4. $I_2R_2 - I_3R_3 + I_5R_5 = E_2 - E_3$.

2.17. Для узла «а» справедливо следующее уравнение по первому закона Кирхгофа …



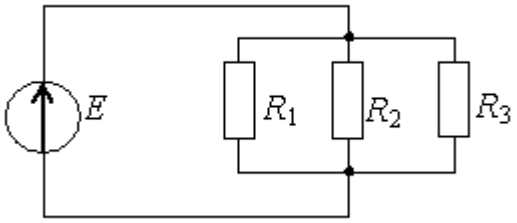
1. $I_1 - I_2 - I_3 = 0$;
2. $-I_1 - I_2 + I_3 = 0$;
3. $I_1 + I_2 + I_3 = 0$;
4. $I_1 - I_2 + I_3 = 0$.

2.18. Если через нагрузку с сопротивлением R_H=10 Ом проходит постоянный ток 5А, а сопротивление одного провода линии $R_{ПР}$=1 Ом, то падение напряжения в линии составит …



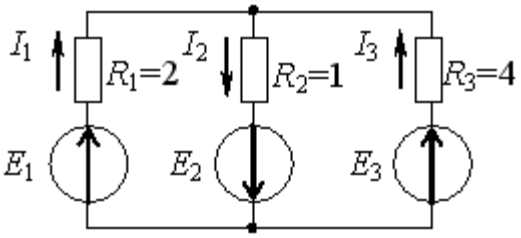
1. 10 В;
2. 5 В;
3. 50 В;
4. 60 В.

2.19. Если сопротивления R_1 = 100 Ом, R_2 = 20 Ом, R_3 = 200 Ом, то в ветвях будут наблюдаться следующие токи …



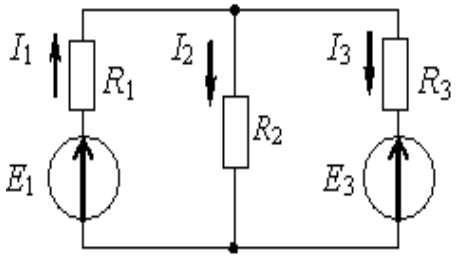
1. во всех один и тот же ток;
2. на $R_2 \rightarrow$ max, на $R_3 \rightarrow$ min.
3. на $R_1 \rightarrow$ max, на $R_2 \rightarrow$ min.
4. на $R_2 \rightarrow$ max, на $R_1 \rightarrow$ min.

2.20. Если сопротивления цепи заданы в Омах, а токи в ветвях составляют I_1 = 1А, I_2 = 2А, I_3 = 1А, то потребляемая мощность имеет величину…



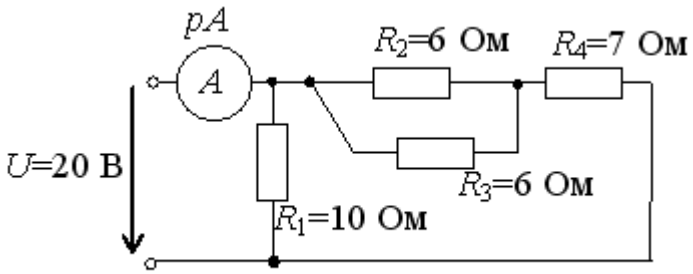
1. 8 Вт;
2. 10 Вт;
3. 20 Вт;
4. 2 Вт.

2.21. Уравнение баланса мощностей представлено выражением…



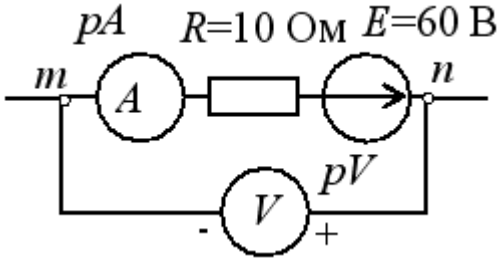
1. $-E_1I_1 + E_3I_3 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2$;
2. $E_1I_1 - E_3I_3 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2$;
3. $E_1I_1 + E_3I_3 = R_1I_1^2 - R_2I_2^2 + R_3I_3^2$;
4. $E_1I_1 + E_3I_3 = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2$.

2.22. Показание амперметра pA составит …



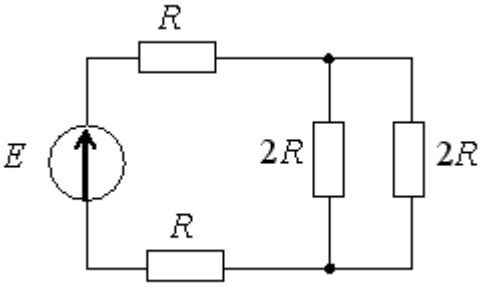
1. 2 А;
2. 6 А;
3. 4 А;
4. 5 А.

2.23. Полярность на вольтметре показывает направление напряжения. Если показание вольтметра pV=50 В, то показание амперметра pA равно …



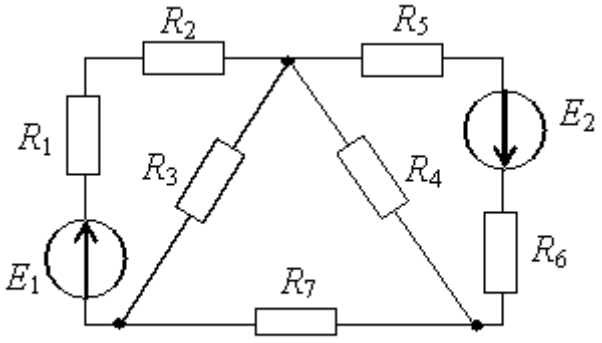
1. 11А;
2. 6А;
3. 10 А;
4. 1А.

2.24. Эквивалентное сопротивление цепи относительно источника ЭДС составит …



1. 6 R;
2. R;
3. 3R;
4. 4R.

2.25. Количество узлов в данной схеме составляет ….

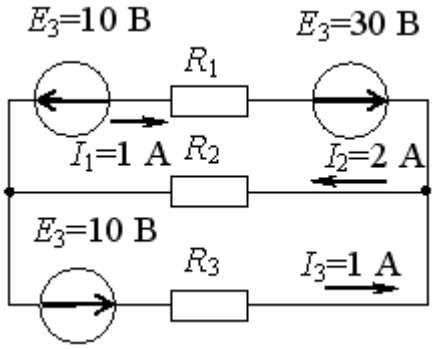


1. три;
2. семь;
3. четыре;
4. пять.

2.26. Источник электрической энергии, напряжение, на выходах которого не зависит от электрического тока в нем, это …

1. реальный источник напряжения;
2. реальный источник тока;
3. идеальный источник напряжения;
4. идеальный источник тока.

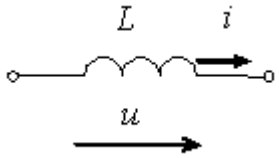
2.27. При известных значениях ЭДС и токов в ветвях вырабатываемая источником мощность составит …



1. 40 Вт;
2. 10 Вт;
3. 20 Вт;
4. 30Вт.

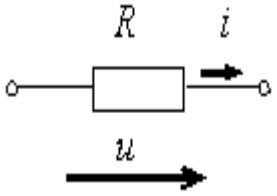
Тема 3: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (однофазные цепи)

3.1. Индуктивное сопротивление Z_L при частоте тока f, равной 50 Гц, и величине L,равной 0,318 Гн, составит …



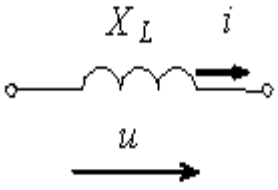
1. 314 Ом;
2. 0,00102 Ом;
3. 0,318 Ом;
4. 100 Ом.

3.2. При напряжении $u(t)=100\sin(314t+\pi/4)$ В и величине R, равной 50 Ом, мгновенное значение тока i(t) …



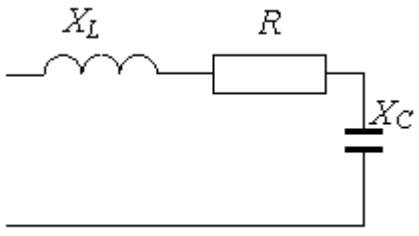
1. $i(t)=5000\sin(314t+\pi/4)$ А;
2. $i(t)=2\sin(314t)$ А;
3. $i(t)=0,5\sin(314t)$ А;
4. $i(t)=2\sin(314t+\pi/4)$ А.

3.3. Амплитудное значение i(t), при напряжении $u(t)=200\sin(314t)$ В и величине X_L, равной 100 Ом, составит …



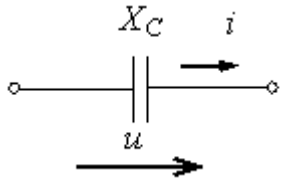
1. 200 А;
2. 1 А;
3. 2 А;
4. 282 А.

3.4. К возникновению режима резонанса напряжений ведет выполнение условия …



1. $X_L = X_C$;
2. $R = X_L$;
3. $R = X_C$;
4. $X_L = 1 / X_C$.

3.5. Амплитудное значение напряжения u(t) при токе i(t)=2sin(314t) А и величине X_c = 50 Ом равно…



1. 100 В;
2. 141 В;
3. 200 В;
4. 25 В.

3.6. Угловая частота ω при частоте синусоидального тока f, равной 50 Гц, составит …

1. 314 $с^{-1}$;
2. 100 $с^{-1}$;
3. 628 $с^{-1}$;
4. 0,01 $с^{-1}$.

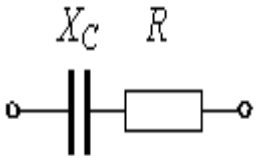
3.7. Действующее значение электрической величины a(t) (ток, напряжение, ЭДС), изменяющейся во времени по синусоидальному закону $a(t)=A_m sin(\omega t+\Psi_a)$ определяется так …

1. A_m / sin Ψ_a;
2. A_m sin Ψ_a;
3. $A_m / \sqrt{2}$;
4. $\sqrt{2}\ A_m$.

3.8. Электрическая цепь, у которой электрические напряжения и электрические токи связаны друг с другом нелинейными зависимостями, называется …

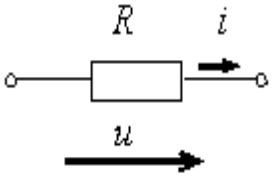
1. линейной электрической цепью;
2. принципиальной схемой;
3. нелинейной электрической цепью;
4. схемой замещения.

3.9. Полное сопротивление Z приведенной цепи при X_c=40 Ом и R=30 Ом составляет…



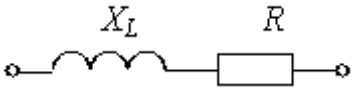
1. 1200 Ом;
2. 10 Ом;
3. 70 Ом;
4. 50 Ом.

3.10. Начальная фаза напряжения u(t) при токе i(t)=2sin(314t-π/6) А равна …



1. –π/6 рад;
2. π/2 рад;
3. +π/6 рад;
4. 0 рад.

3.11. Полное сопротивление Z приведенной цепи при X_L = 30 Ом и R = 40 Ом составляет…



1. 50 Ом;
2. 70 Ом;
3. 1200 Ом;
4. 10 Ом.

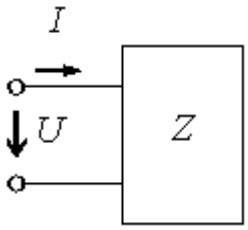
3.12. Критерием возникновения резонансного явления в цепи, содержащей индуктивные и емкостные элементы является …

1. равенство π угла сдвига фаз φ между напряжением и током на входе цепи;
2. равенство нулю активного сопротивления цепи R;
3. равенство L и C;
4. равенство нулю угла сдвига фаз φ между напряжение и током на входе цепи.

3.13. Если период синусоидального тока T составляет 0,001с, то частота f составит ....

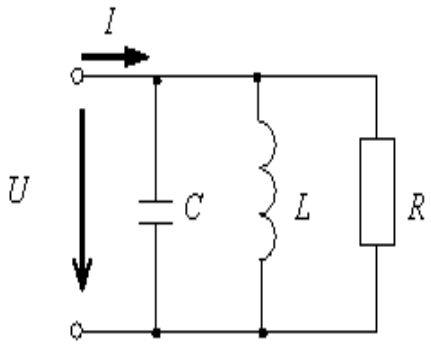
1. 100 Гц;
2. 0,00628 Гц;
3. 628 Гц;
4. 1000 Гц.

3.14. Полное сопротивление пассивного двухполюсника Z при действующем значении напряжения U = 100 В и действующем значении тока I = 2 А составит ...



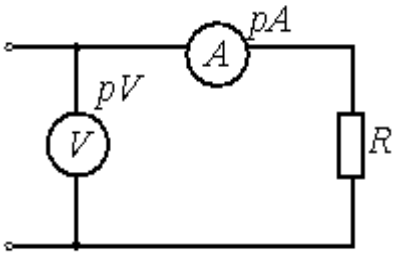
1. 70,7 Ом;
2. 200 Ом;
3. 100 Ом;
4. 50 Ом.

3.15. При неизменной амплитуде приложенного напряжения изменение частоты позволяет добиться ...



1. возникновения режима резонанса напряжений;
2. возникновения режима резонанса токов;
3. повышения напряжения не резистивном элементе R;
4. уменьшение тока в резистивном элементе.

3.16. Если к цепи приложено напряжение U=120В, а сила тока I=2А, то сопротивление цепи равно ...



1. 240 Ом;
2. 120 Ом;
3. 60 Ом;
4. 0,017 Ом.

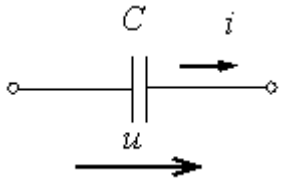
3.17. Если величина начальной фазы синусоидального тока Ψ_i=-π/3, а величина начальной фазы синусоидального напряжения Ψ_u=π/6, то угол сдвига фаз φ между напряжением и током составляет ....

1. –π/2 рад;
2. π/2 рад;
3. +π/3 рад;
4. –π/6 рад.

3.18. Комплексное действующее значение $\underline{I}$ тока i(t)=1,41sin(314t-π/2) А равно ...

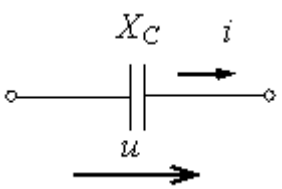
1. $1e^{j\frac{\pi}{2}}$ А;
2. $1e^{-j\frac{\pi}{2}}$ А;
3. $2e^{-j\frac{\pi}{2}}$ А;
4. $1{,}41e^{j\frac{\pi}{2}}$ А.

3.19. Начальная фаза напряжения U(t) в емкостном элементе С при токе i(t)=0,1sin (314t) А равна ...



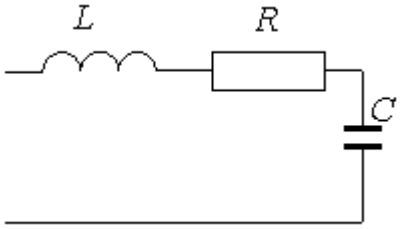
1. π/2 рад;
2. –π/2 рад;
3. 0 рад;
4. π/4 рад.

3.20. При напряжении u(t)=100sin(314t) В и величине X_C, равной 50 Ом, действующее значение тока i(t) равно…



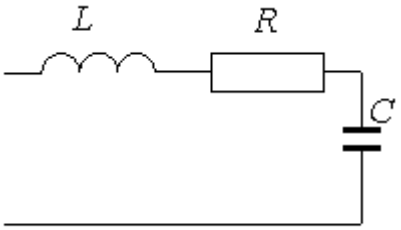
1. 1,41 А;
2. 0,707 А;
3. 0,5 А;
4. 2 А.

3.21. К возникновению режима резонанса напряжений ведет выполнение условия ...



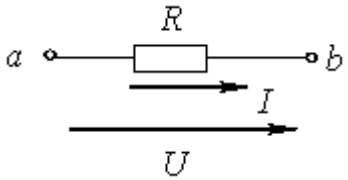
1. ωL = ωC;
2. R = $\sqrt{LC}$;
3. L = C;
4. ωL = 1 / ωC.

3.22. Резонансная частота f_0 для данной цепи определяется ...



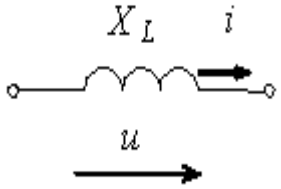
1. $f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$;
2. $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LR}}$;
3. $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$;
4. $f_0 = \frac{\sqrt{LC}}{2\pi}$.

3.23. Если напряжение U = 200 В, а ток I = 5 А, то сопротивление R равно ...



1. 1 кОм;
2. 40 Ом;
3. 100 Ом;
4. 0,025 Ом.

3.24. Действующее значение тока i(t) в индуктивном элементе, при напряжении u(t)=141sin(314t) В и величине X_L, равной 100 Ом, составит ...



1. 141 А;
2. 100 А;
3. 314 А;
4. 1 А.

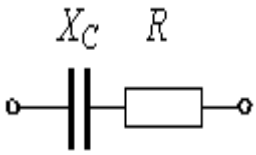
3.25. Действующее значение синусоидального электрического тока i(t)=1,41sin(314t+π/2) А составляет ...

1. 1,41 А;
2. 2 А;
3. 0 А;
4. 1 А.

3.26. Реактивную мощность Q цепи, имеющей входное комплексное сопротивление $\underline{Z} = R + jX$, можно определить по формуле ...

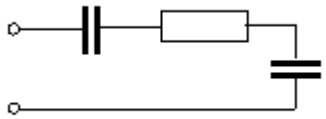
1. $Q = I^2Z$;
2. $Q = IZ^2$;
3. $Q = IX^2$;
4. $Q = I^2X$.

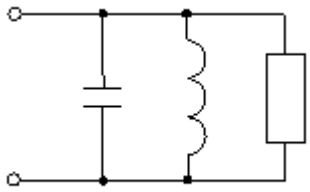
3.27. Комплексное сопротивление приведенной цепи $\underline{Z}$ в алгебраической форме записи при X_c = 40 Ом и R = 30 Ом составляет ...

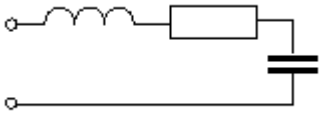


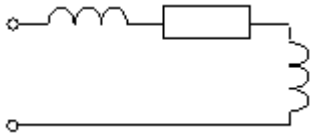
1. $\underline{Z} = 40 + j30$ Ом;
2. $\underline{Z} = 40 - j30$ Ом;
3. $\underline{Z} = 30 + j40$ Ом;
4. $\underline{Z} = 30 - j40$ Ом.

3.28. Режим резонанса напряжений может быть установлен в цепи …

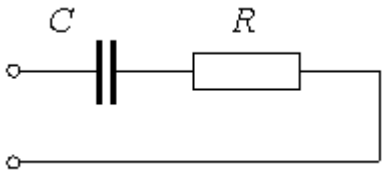
1. 

2. 

3. 

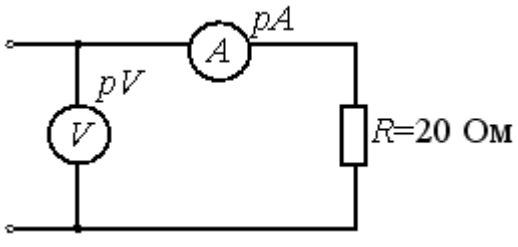
4. 

3.29. При увеличении частоты ƒ полное сопротивление Z ..



1. остается неизменным;
2. увеличивается;
3. уменьшается;
4. достигает минимума, а затем увеличивается.

3.30. Если показание вольтметра pV составляет 40 Вт, то амперметр pA при этом будет показывать …



1. 20 А;
2. 0,5 А;
3. 800 А;
4. 2 А.

Тема 4: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (трехфазные цепи)

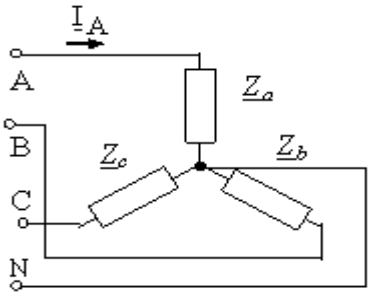
4.1. В симметричной трехфазной системе напряжений прямой последовательности вектор напряжения $\underline{U}_b$ сдвинут относительно вектора $\underline{U}_a$ на угол, равный …

1. $-\pi/3$;
2. $-\pi$;
3. $-2\pi/3$;
4. $-4\pi/3$.

4.2. В трехфазной цепи при соединении по схеме «звезда-звезда с нейтральным проводом» при несимметричной нагрузке ток $\underline{I}_N$ в нейтральном проводе равен …

1. $\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c \neq 0$;
2. $\underline{I}_a + \underline{I}_c$;
3. $\underline{I}_a + \underline{I}_b$;
4. $\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0$.

4.3. В трехфазной цепи был замерен линейный ток $I_A = 5A$, фазный ток I_a равен …

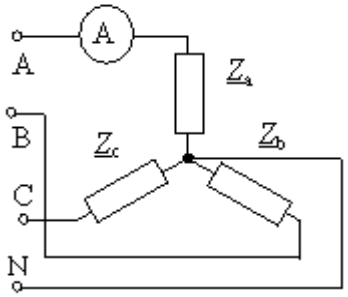


1. 7 А;
2. 5 А;
3. 8,6 А;
4. 2,8 А.

4.4. В симметричной трехфазной системе напряжений прямой последовательности вектор напряжения $\underline{U}_C$ сдвинут относительно вектора $\underline{U}_b$ на угол, равный …

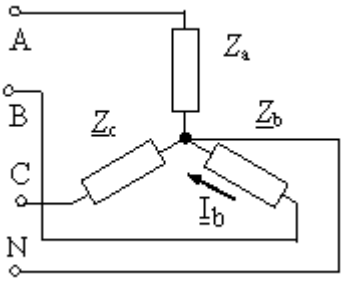
1. -120^0;
2. -90^0;
3. -60^0;
4. -45^0.

4.5. В трехфазной цепи амперметром был замерен тока – 1,5 А, фазный ток I_a равен …



1. 0,86 А;
2. 2,6 А;
3. 1,5 А;
4. 2,1 А.

4.6. В трехфазной цепи был замерен фазный ток I_b = 7 А, линейный ток I_B равен …

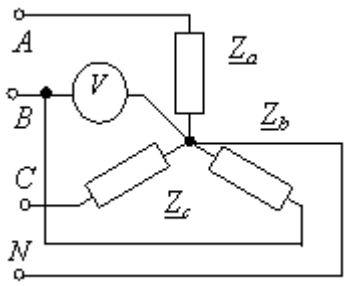


1. 4 А;
2. 7 А;
3. 2,3 А;
4. 12 А.

4.7. В трехфазной цепи при соединении по схеме «звезда-звезда с нейтральным проводом» ток в нейтральном проводе отсутствует, если нагрузка …

1. несимметричная
2. равномерная;
3. однородная;
4. симметричная.

4.8. В трехфазной цепи вольтметром было замерено напряжение 380 В, линейное напряжение U_{ab} равно …

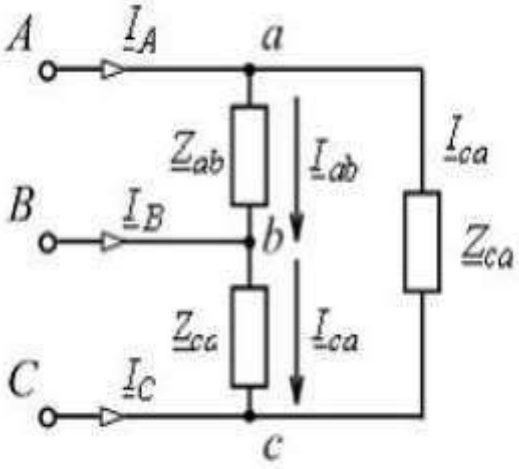


1. 127 В;
2. 380 В;
3. 660 В;
4. 220 В.

4.9. В четырехпроводной трехфазной цепи с фазами генератора и несимметричного приемника, соединенными звездой, нулевой (нейтральный) провод …

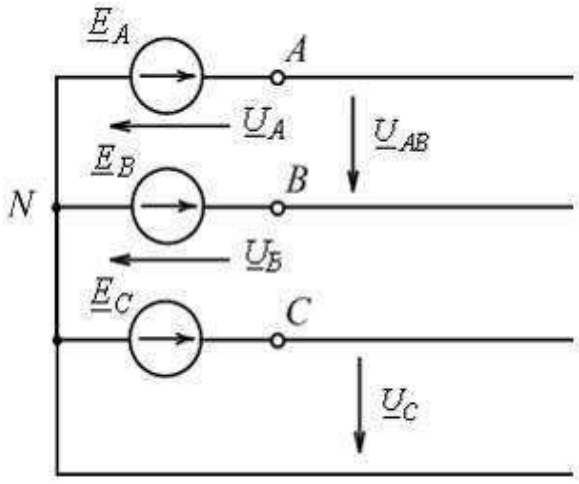
1. устраняет взаимное влияние нагрузок фаз друг на друга;
2. оказывает выравнивающее действие на нагрузки фаз;
3. устраняет несимметрию фазных токов;
4. разгружает сеть от реактивных токов.

4.10. Схема включения треугольником применяется _____ приемников.



1. для любых (симметричных и несимметричных);
2. только для симметричных с $\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca}$;
3. только для однородных $\varphi_{ab} = \varphi_{bc} = \varphi_{ca}$;
4. только для равномерных $Z_a = Z_b = Z_c$.

4.11. На изображенной схеме фазы трехфазного генератора соединены _____, напряжение $\underline{U}_{AB}$ – _____ .

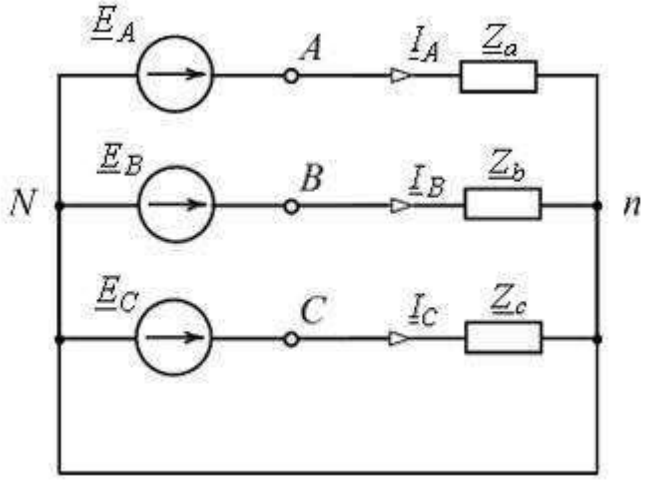


1. звездой, линейное;
2. звездой, фазное;
3. треугольником, линейное;
4. треугольником, фазное.

4.12. Схеме соединения треугольником соотношение $I_л = \sqrt{3} I_ф$ *выполняется _____ приемников.*

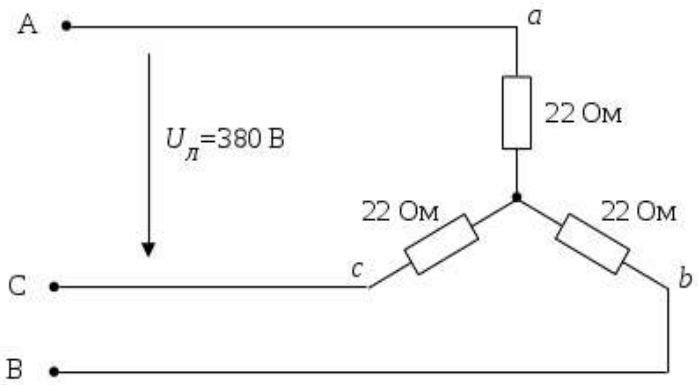
1. только для симметричных с $\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca}$;
2. для любых (симметричных и несимметричных);
3. только для однородных $\varphi_{ab} = \varphi_{bc} = \varphi_{ca}$;
4. только для равномерных $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$.

4.13. Изображенной схеме с симметричной системой ЭДС $\underline{E}_A, \underline{E}_B, \underline{E}_C$ *соотношение* $U_л = \sqrt{3} U_ф$ *выполняется _____ нагрузке (нагрузках).*



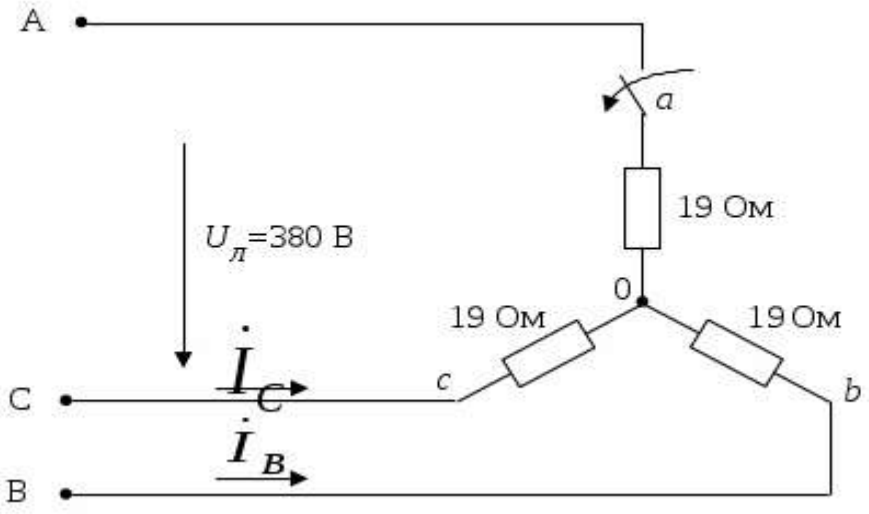
1. при любых;
2. только при симметричной $(\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c)$;
3. при равномерной $(Z_a = Z_b = Z_c)$;
4. при однородной $(\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c)$.

4.14. Значения фазных токов равны…



1. 380 / 22 = 17,3 А;
2. 380 / $\sqrt{3}$ 22 = 10 А;
3. 380 $\sqrt{3}$ / 22 = 30 А;
4. 380 / 3 22 = 5,75 А.

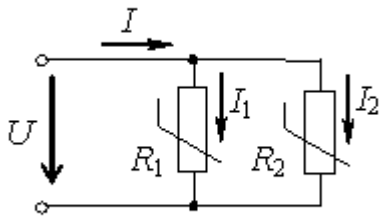
4.15. Если в данной трёхфазной цепи отключить фазу «а» нагрузки, то значения токов I_B и I_C будут соответственно равны…

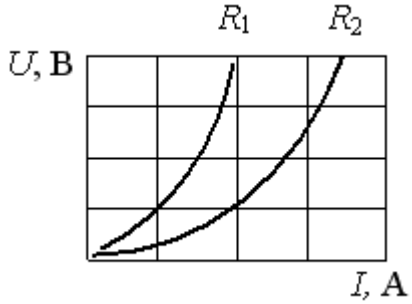


1. 20 А, 20 А;
2. 220 / 19 А, 220 / 19 А;
3. 10 А, 10 А;
4. 380 / 19 А, 380 / 19 А.

Тема 5: Нелинейные цепи

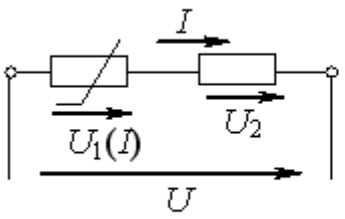
5.1. При параллельном соединении нелинейных сопротивлений, заданных характеристик R_1 и R_2, характеристика эквивалентного сопротивления $R_э$ пройдет …

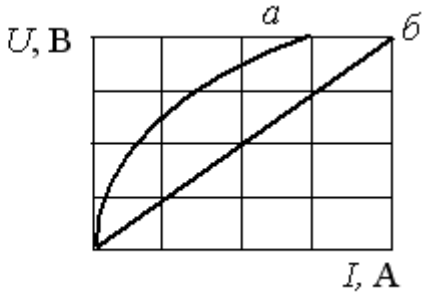




1. пройдет выше характеристики R_1;
2. пройдет между ними;
3. пройдет ниже характеристики R_2;
4. совпадет с кривой R_2.

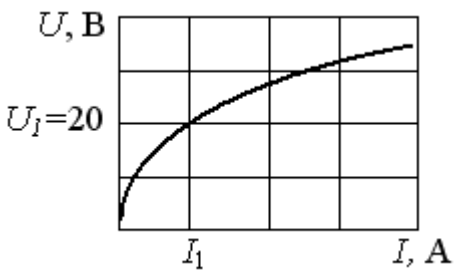
5.2. При последовательном соединении линейного и нелинейного сопротивлений с характеристиками а и б характеристика эквивалентного сопротивления …





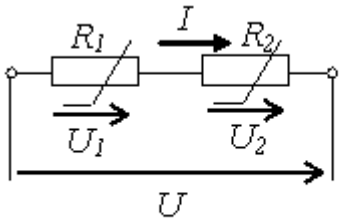
1. пройдет выше характеристики а;
2. пройдет ниже характеристики б;
3. пройдет между ними;
4.совпадет с кривой а.

5.3. Если статическое сопротивление нелинейного элемента при напряжении U_1 = 20 В равно 5 Ом, то сила тока I_1 составит …

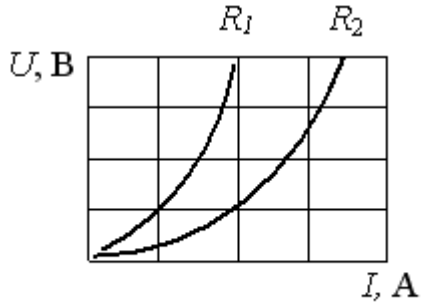


1. 100 А;
2. 25 А;
3. 4А;
4. 0,25 А.

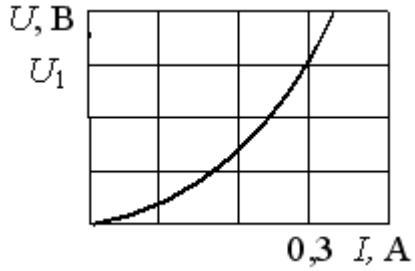
5.4. При последовательном соединении нелинейных сопротивлений с характеристиками R_1 и R_2, характеристика эквивалентного сопротивления $R_э$ ...



1. пройдет между ними;
2. пройдет ниже характеристики R_2;
3. совпадет с кривой R_2;
4. пройдет выше характеристики R_1.

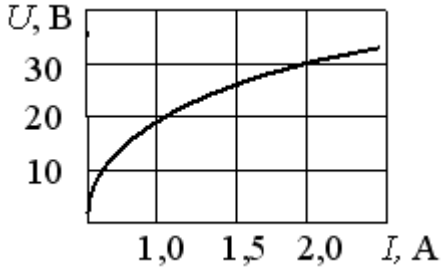


5.5. Если статическое сопротивление нелинейного элемента при токе I_1 = 0,3 А равно 10 Ом, то напряжение U_1 составит…



1. 10,3 В;
2. 3 В;
3. 0,03 В;
4. 33,33 В.

5.6. Статическое сопротивление нелинейного элемента при токе 2А составит …



1. 60 Ом;
2. 32 Ом;
3. 28 Ом;
4. 15 Ом.

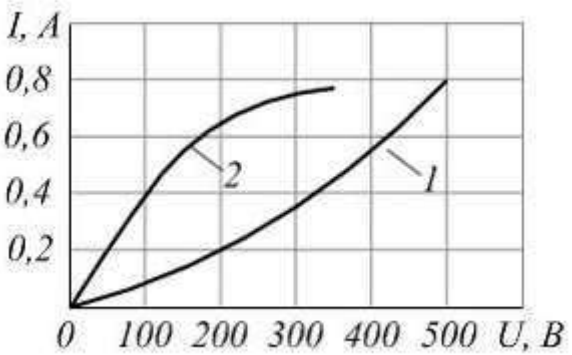
5.7. Электрическая цепь, у которой электрические напряжения и электрические токи связаны друг с другом линейными зависимостями, называется …

1. линейной электрической цепью;
2. нелинейной электрической цепью;
3. схемой замещения;
4. принципиальной схемой.

5.8. При токе I = 5,25 А напряжение на нелинейном элементе равно 105 В. При возрастании тока на 0.1 А напряжение становится равным 101 В. Дифференциальное сопротивление элемента при напряжении 105 В приблизительно равно …

1. -40 Ом;
2. -20 Ом;
3. 40 Ом;
4. 0.

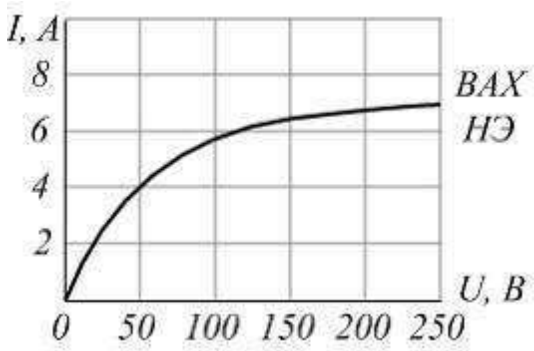
5.9. Два нелинейных элемента, вольт-амперные характеристики которых (1 и 2) изображены на рисунке, соединены последовательно. Напряжение на первом элементе равно 200 В. Напряжение на втором элементе равно ___ В.



1. 250;
2. 50;
3. 600;
4. 400.

5.10. Нелинейный элемент с заданной ВАХ и линейный элемент с сопротивлением R = 40 Ом соединены последовательно.

Если напряжение на нелинейном элементе равно 50 В, то напряжение, приложенное к цепи, равно ___ В.

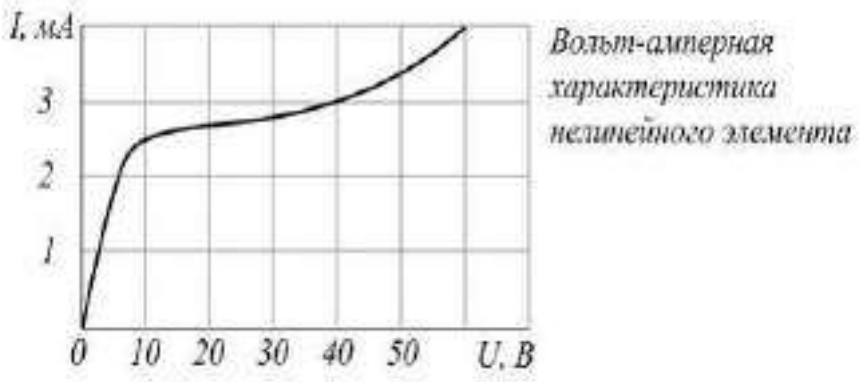


1. 160;
2. 100;
3. 210;
4. 4.

5.11. Вольт-амперная характеристика U = f (I) нелинейного элемента имеет максимум при токе 5 А и напряжении 350 В. Дифференциальное сопротивление элемента при этом равно ...

1. 70 Ом;
2. -70 Ом;
3. бесконечности;
4. 0.

5.12. При напряжении U = 10 В статическое сопротивление нелинейного элемента с заданной ВАХ равно ...



1. 2,5 кОм;
2. 250 кОм;
3. 4 кОм;
4. 4 Ом.

Тема 6: Методы измерения электрических и магнитных величин

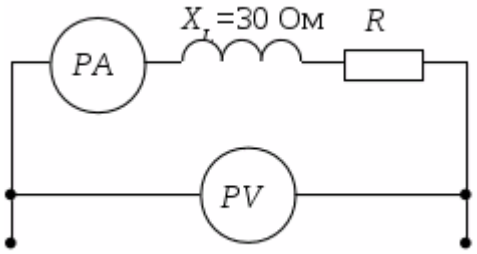
6.1. Прибор электромагнитной системы имеет неравномерную шкалу. Отсчёт невозможен в…

1. в конце шкалы;
2. в середине шкалы;
3. во второй половине шкалы;
4. в начале шкалы.

6.2. Относительной погрешностью называется…

1. отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению шкалы прибора в процентах;
2. отношение измеренного значения величины к предельному значению шкалы прибора;
3. разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины;
4. отношение абсолютной погрешности к действительному значению величины в процентах.

6.3. Если амперметр показывает 4 А, а вольтметр 200 В, то величина R составит…

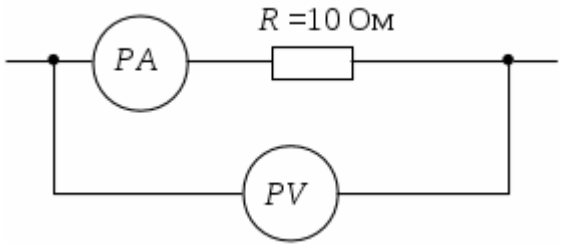


1. 50 Ом;
2. 200 Ом;
3. 30 Ом;
4. 40 Ом.

6.4. Если измеренное значение тока $I_и = 1{,}9\,A$, *действительное значение тока* $I_д = 1{,}8\,A$, *то относительная погрешность равна…*

1. 10%;
2. -0,1%;
3. 0,1%;
4. 5,6%.

6.5. Если показания вольтметра составляет PV =50 В, то показание амперметра PA при этом будет…

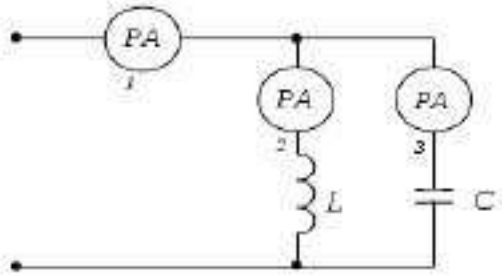


1. 60А;
2. 5А;
3. 20А;
4. 0,2А.

6.6. В цепи синусоидального тока амперметр электромагнитной системы показал 0,5 А, тогда амплитуда этого тока I_m *равна…*

1. 0,5А;
2. 0,7А;
3. 0,9А;
4. 0,33А.

6.7. Амперметры в схеме показали: $I_2 = 3$ *А,* $I_3 = 4$*А. Показания амперметра* A_1 *равно…*



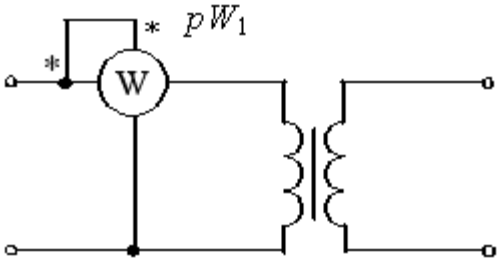
1. 5А;
2. 1А;
3. 3,5А;
4. 7А.

Тема 7: Трансформаторы

7.1. Действующие значения ЭДС первичной и вторичной обмоток однофазного трансформатора определяются выражением …

1. $E_1 = w_1 \omega B_m$, $E_2 = w_2 \omega B_m$;
2. $E_1 = 4{,}44 w_1 \omega B_m$, $E_2 = 4{,}44 w_2 \omega B_m$;
3. $E_1 = 4{,}44 w_1 f \Phi_m$, $E_2 = 4{,}44 w_2 f \Phi_m$;
4. $E_1 = w_1 f \Phi_m$. $E_2 = w2 f \Phi_m$.

7.2. В опыте холостого хода трансформатора показание ваттметра pW_1 равно …

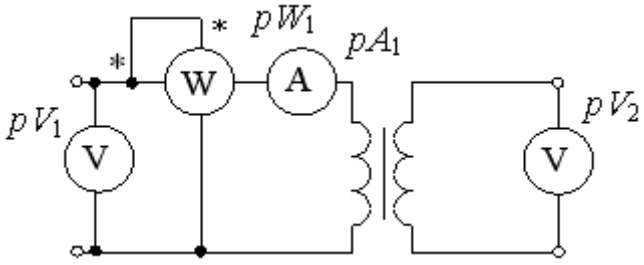


1. потерям в магнитопроводе;
2. потерям в обмотках;
3. нулю;
4. суммарным потерям в трансформаторе.

7.3. Сердечник трансформатора собирают из отдельных изолированных друг от друга листов электротехнической стали для …

1. уменьшения потерь в обмотках;
2. уменьшения потерь на гистерезис;
3. уменьшения потерь на вихревые тока в сердечнике;
4. увеличения магнитного потока.

7.4. Трансформатор работает в режиме …



1. номинальной нагрузки;
2. холостого хода;
3. короткого замыкания;
4. согласованной нагрузки.

7.5. Опыт холостого хода трансформатора проводится при ...

1. разомкнутой вторичной обмотке и пониженном напряжении на первичной обмотке;
2. номинальных токах и напряжениях;
3. замкнутой на коротко вторичной обмотке и номинальных токах;
4. разомкнутой вторичной обмотке и номинальном напряжении на первичной обмотке.

7.6. Если число витков первичной обмотки $w_1 = 1000$, а число витков вторичной обмотки $w_2 = 200$, то коэффициент трансформации трансформатора составит ...

1. 5;
2. 0,2;
3. 1200;
4. 800.

7.7. Сердечник трансформатора выполняется из электротехнической стали для ...

1. увеличения потерь на гистерезисе;
2. увеличения магнитной связи между обмотками трансформатора;
3. увеличения емкостной связи между обмотками;
4. увеличения потерь на вихревые токи.

7.8. Принцип действия трансформатора основан на ...

1. законе электромагнитной индукции;
2. принципе Ленца;
3. законе электромагнитной силы;
4. законе Джоуля-Ленца.

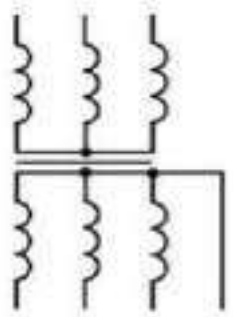
7.9. Трансформатор – это статическое электромагнитное устройство, имеющее не менее двух индукционно связанных обмоток, предназначенное для …

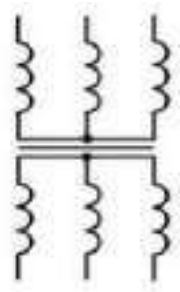
1. преобразования переменных напряжений и токов при передаче электроэнергии от источника к потребителю;
2. повышения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к потребителю;
3. улучшения формы электрических сигналов, передаваемых от источников к приемникам;
4. понижения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к приемнику.

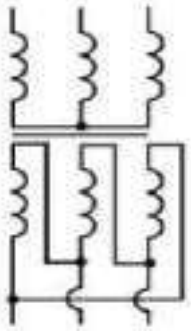
7.10. Номинальная мощность понижающего трансформатора для присоединения к сети 35 кВ трехфазного электродвигателя, работающего при номинальном линейном напряжении 6,3 кВ, токе 500 А и cosφ = 0,8, равен ____ кВА.

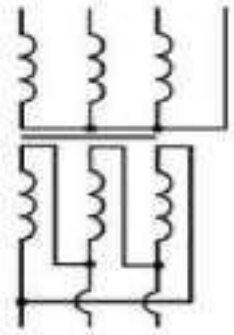
1. 5456;
2. 4368;
3. 4460;
4. 7566.

7.11. Схеме соединения обмоток трехфазного трансформатора «звезда − звезда» с выведенной нулевой точкой обмотки низшего напряжения соответствует рисунок …

1. 

2. 

3. 

4. 

7.12. Отношение напряжений на зажимах первичной и вторичной обмоток трансформатора при холостом ходе приближённо равно …

1. отношению магнитных потоков рассеяния;
2. отношению токов первичной и вторичной обмоток трансформатора в номинальном режиме;
3. отношению мощностей на входе и выходе трансформатора;
4. отношению чисел витков обмоток.

7.13. Трансформатор не предназначен для преобразования…

1. переменного тока одной величины в переменный ток другой величины;
2. электроэнергии одного напряжения в электроэнергию другого напряжения;
3. постоянного напряжения одной величины в напряжение другой величины;
4. изоляции одной электрической цепи от другой электрической цепи.

7.14. Если на щитке трёхфазного понижающего трансформатора изображено Δ/Y, то его обмотки соединены по следующей схеме …

1. обмотки низшего напряжения соединены треугольником, обмотки высшего напряжения – звездой;
2. первичные обмотки соединены треугольником, вторичные – звездой;
3. первичные обмотки соединены звездой, вторичные – треугольником;
4. обмотки высшего напряжения соединены последовательно, обмотки низшего напряжения – параллельно.

7.15. Трансформаторы предназначены для преобразования в цепях переменного тока…

1. электрической энергии в световую;
2. электрической энергии в механическую;
3. электрической энергии с одними параметрами напряжения и тока в электрическую энергию с другими параметрами этих величин;
4. электрической энергии в тепловую.

7.16. Если w_1 – число витков первичной обмотки, а w_2 – число витков вторичной обмотки, то однофазный трансформатор является понижающим, когда…

1. $w_1 + w_2 = 0$;
2. $w_1 = w_2$;
3. $w_1 < w_2$;
4. $w_1 > w_2$.

7.17. Величина ЭДС, наводимой в обмотке трансформатора, не зависит от…

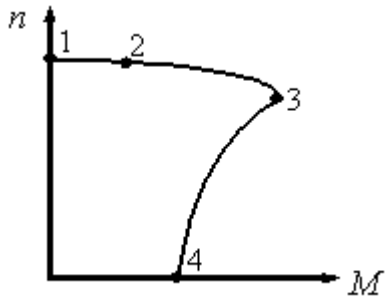
1. марки стали сердечника;
2. частоты тока в сети;
3. амплитуды магнитного поля;
4. числа витков катушки.

Тема 8: Машины переменного тока

8.1. «Реверсирование» двигателя означает изменение …

1. направления вращения якоря;
2. противо-ЭДС по величине;
3. частоты вращения по величине;
4. тока возбуждения по величине.

8.2. Номинальному режиму асинхронного двигателя соответствует точка механической характеристики номер …



1. 3;
2. 4;
3. 2;
4. 1.

8.3. Направление вращения магнитного поля статора можно изменить, если …

1. затормозить ротор;
2. одну из фаз отключить;
3. поменять подключение двух любых фаз к трехфазной сети;
4. поменять подключение трех фаз к трехфазной сети.

8.4. Если ротор вращается в ту же сторону, что и магнитное поле, но с большей скоростью, то асинхронная машина …

1. работает в режиме двигателя;
2. работает в режиме генератора;
3. работает в режиме электромагнитного торможения;
4. остановится.

8.5. Магнитопровод асинхронного двигателя набирают из тонких листов электротехнической стали, изолированных лаком друг от друга, для ...

1. упрощения сборки магнитопровода;
2. упрощения конструкции магнитопровода;
3. уменьшения потерь на вихревые тока;
4. уменьшения потерь на гистерезис (перемагничивание).

8.6. Асинхронные двигатели с фазным ротором отличаются от двигателя с короткозамкнутым ротором ...

1. наличием контактных колец и щеток;
2. использованием в качестве ротора постоянного магнита;
3. наличием специальных пазов для охлаждения;
4. числом катушек обмотки статора.

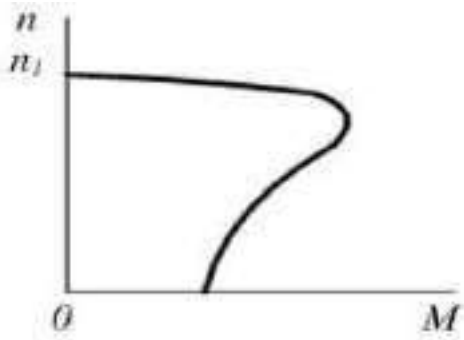
8.7. Если асинхронный двигатель подключен к трехфазной сети частотой 50 Гц и вращается с частотой вращения 3000 об/мин, то он имеет количество полюсов - ...

1. 3;
2. 6;
3. 5;
4. 2.

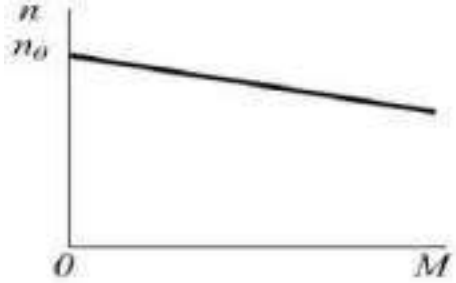
8.8. Частота вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя и частоты вращения ротора связаны соотношением ...

1. $n_1 < n_2$;
2. $n_1 > n_2$;
3. $n_1 = n_2$;
4. $n_1 + n_2 = 0$.

8.9. Асинхронному двигателю соответствует механическая характеристика ...

1. 

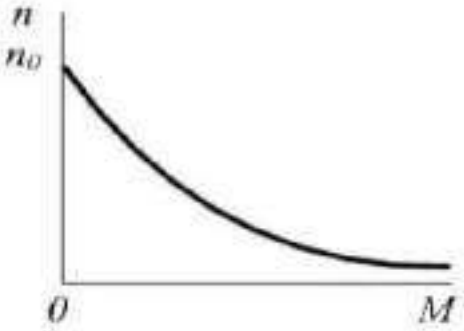
;

2. 

;

3. 

;

4. 

.

8.10. При питании обмотки статора от трехфазной сети в воздушном зазоре асинхронной машины образуется вращающееся с частотой $n_1 =$ ____ $об/мин$ *магнитное поле.*

1. $\frac{60f}{p}$;
2. $\frac{2\pi f}{p}$;
3. $60f$;
4. $2\pi f$.

8.11. Трехфазную обмотку на роторе, присоединенную к контактным кольцам, имеют …

1. асинхронные машины с фазным ротором;
2. асинхронные машины с короткозамкнутым ротором;
3. синхронные неявнополюсные машины;
4. машины постоянного тока с барабанным якорем.

8.12. Обмотку на роторе типа «беличье колесо» имеют …

1. синхронные неявнополюсные машины;
2. асинхронные машины с фазным ротором;
3. асинхронные машины с короткозамкнутым ротором;
4. машины постоянного тока с барабанным якорем.

8.13. Относительно устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором ***неверным*** *является утверждение, что…*

1. обмотки статора и ротора не имеют электрической цепи;
2. ротор имеет обмотку, состоящую из медных или алюминиевых стержней, замкнутых накоротко торцевыми кольцами;
3. цилиндрический сердечник ротора набирается из отдельных листов электрической цепи;
4. статор выполняется сплошным, путем отливки.

8.14. Если номинальная частота вращения асинхронного двигателя составляет $n_н = 1420 об/мин$, *то частота вращения магнитного поля статора составит…*

1. 3000 об/мин;
2. 750 об/мин;
3. 600 об/мин;
4. 1500 об/мин.

8.15. Величина скольжения асинхронной машины в двигательном режиме определяется по формуле…

1. $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$;
2. $S = \frac{n_1 + n_2}{n_1}$;
3. недостаточно данных;
4. $S = \frac{n_1 + n_2}{n_2}$.

8.16. Если номинальная частота вращения асинхронного двигателя составляет $n_н = 720 об/мин$, *то частота вращения магнитного поля статора составит…*

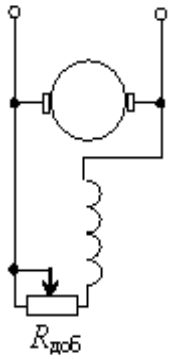
1. 1500 об/мин;
2. 3000 об/мин;
3. 600 об/мин;
4. 750 об/мин.

8.17. Асинхронный двигатель, подключенный к сети с f = 50 Гц, вращается с частотой 1450 об/мин. Скольжение S равно…

1. -0,0333;
2. 0,0333;
3. 0,0345;
4. -0,0345.

Тема 9: Машины постоянного тока

9.1. В цепи возбуждения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением устанавливается регулировочный реостат для …

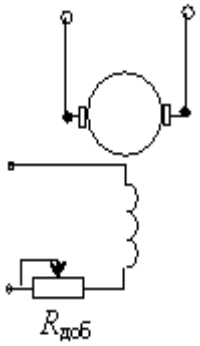


1. уменьшения магнитного потока двигателя;
2. изменения тока якоря;
3. измерения нагрузки двигателя;
4. снижения потерь мощности при пуске.

9.2. Величину момента двигателя постоянного тока определяет выражение …

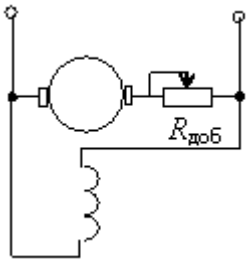
1. $M=C_M Ф n$;
2. $M=C_M Ф I_{Я;}$
3. $n = \frac{U}{C_E Ф} - \frac{R_Я}{C_E C_M Ф} M$;
4. $M=C_M Ф I_В$.

9.3. В цепи возбуждения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением устанавливается регулировочный реостат для …



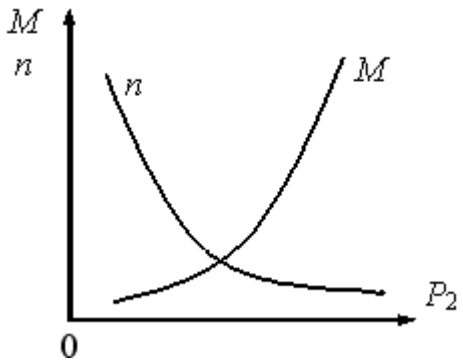
1. изменения нагрузки двигателя;
2. изменения тока якоря;
3. уменьшения магнитного потока двигателя;
4. снижения магнитного потока двигателя.

9.4. В цепи обмотки якоря двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением устанавливается пусковой реостат для ....



1. уменьшения пускового тока;
2. увеличения частоты вращения;
3. увеличения потока возбуждения;
4. увеличения потока возбуждения.

9.5. Представленные характеристики относятся к двигателю постоянного тока ...



1. с последовательным возбуждением;
2. с параллельным возбуждением;
3. с независимым возбуждением;
4. со смешанным возбуждением.

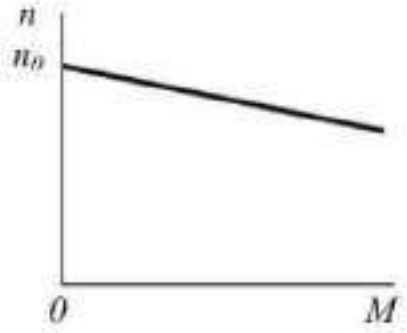
9.6. Назначение обмотки возбуждения в машине постоянного тока - ...

1. уменьшение влияния добавочных полюсов;
2. компенсация влияния реакции якоря;
3. создание основного магнитного потока;
4. улучшения коммутации.

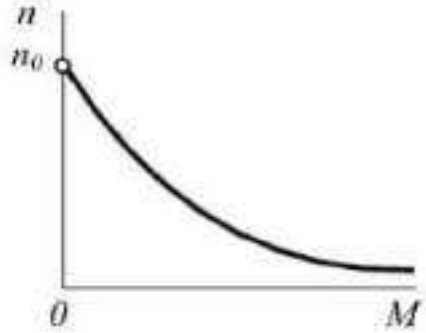
9.7. У машины постоянного тока наименее надежной частью является…

1. щеточно-коллекторный узел;
2. главные полюса;
3. добавочные полюса;
4. обмотка якоря.

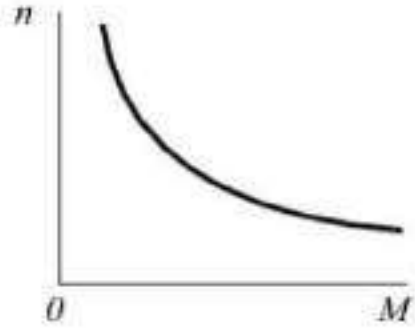
9.8. Двигателю параллельного возбуждения соответствует естественная механическая характеристика …

1. 

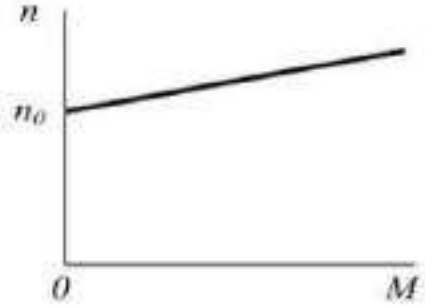
;

2. 

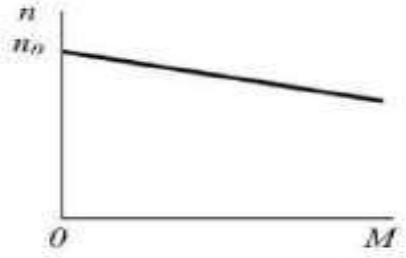
;

3. 

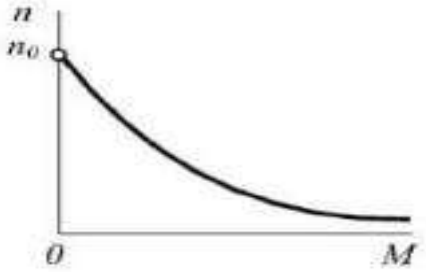
;

4. 

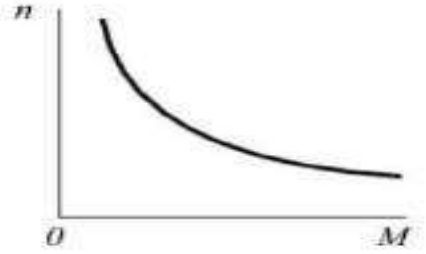
9.9. Двигателю с последовательным возбуждением соответствует механическая характеристика …

1. 

;

2. 

;

3. 

;

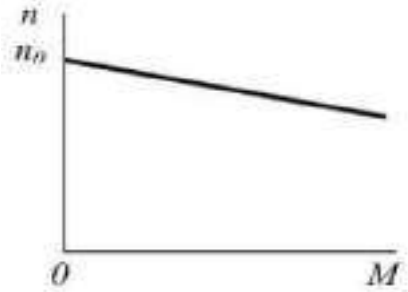
4. 

.

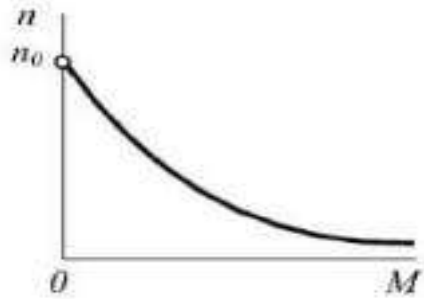
9.10. Если естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока параллельного возбуждения – прямая А, то группе искусственных характеристик Б соответствует способ регулирования частоты вращения ротора…

1. Изменение напряжения, подводимого к якорю;
2. Изменение магнитного потока;
3. Изменение сопротивления в цепи якоря;
4. Изменение сопротивления в цепи обмотки возбуждения.

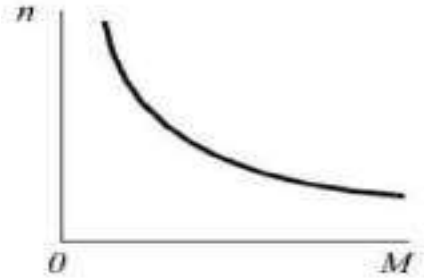
9.11. Двигателю со смешанным возбуждением соответствует механическая характеристика …

1. 

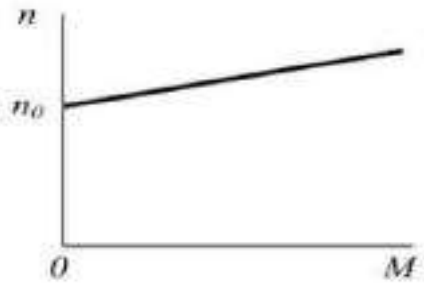
;

2. 

;

3. 

;

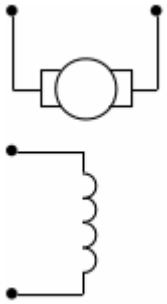
4. 

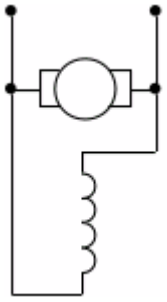
.

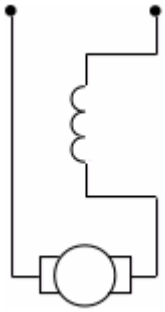
9.12. Основной магнитный поток машин постоянного тока регулируется изменением…

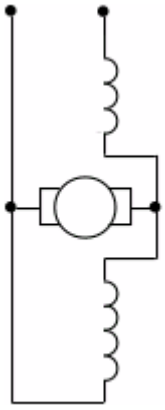
1. тока возбуждения;
2. полярности;
3. тока якоря;
4. сопротивления в цепи якоря.

9.13. Генератор со смешанным возбуждением представлен схемой…

1.  ;

2.  ;

3.  ;

4.  .

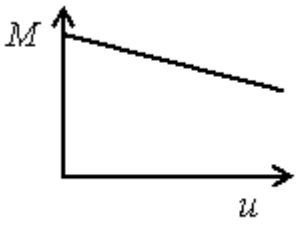
Тема 10: Синхронные машины

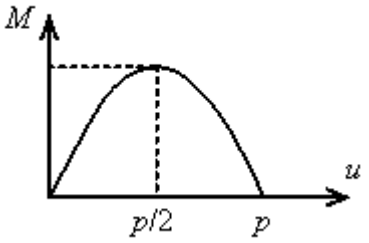
10.1. Если скорость вращения поля статора синхронной четырехполюсной машины 1500 об/мин, то номинальная скорость вращения ротора …

1. 2940 об/мин;
2. 1500 об/мин;
3. 1000 об/мин;
4. 3000 об/мин.

10.2. Угловая характеристика синхронного двигателя изображена на рисунке …

1. 

2. 

3. 

10.3. Частота ЭДС, создаваемой на статоре синхронной машины, определяется соотношением …

1. $f = \frac{60}{n_0 p}$;
2. $f = \frac{n_0 p}{60}$;
3. $f = \frac{60p}{n_0}$;
4. $f = 60np$.

10.4. Частота вращения магнитного поля синхронной машины n_0 и частота вращения ротора n связаны соотношением …

1. $n_0 > n$;
2. $n_0 - n = n_S$;
3. $n_0 = n$;
4. $n_0 < n$.

10.5. Вращающееся магнитное поле синхронного двигателя создается при выполнении следующих условий …

1. обмотки статора сдвинуты по поверхности статора на 120^0 и подключены к трехфазной сети с фазовым сдвигом напряжений на 120^0;
2. обмотки статора сдвинуты по поверхности статора на 120^0 и подключены к цепи постоянного тока;
3. имеется одна обмотка, которая включена в сеть однофазного переменного тока;
4. обмотка статора включена в цепь постоянного тока, а обмотка ротора в сеть трехфазного тока.

10.6. Для подведения постоянного напряжения к обмотке возбуждения ротора синхронной машины используется …

1. коллектор, набранный из пластин;
2. три контактных кольца;
3. два контактных кольца;
4. полукольца.

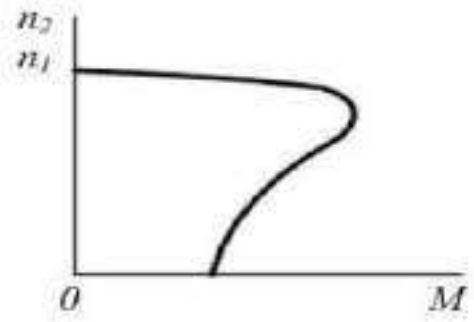
10.7. Активную мощность синхронного генератора, подключенного к энергосистеме, регулируют изменением …

1. момента первичного двигателя;
2. тока возбуждения генератора;
3. частоты вращения ротора генератора;
4. величины напряжения на выходах генератора.

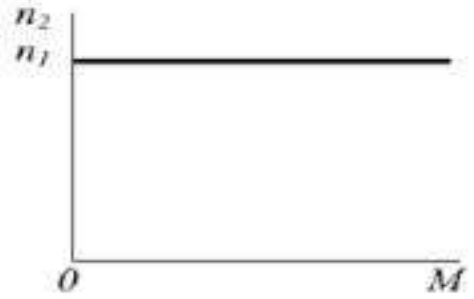
10.8. Гидрогенератор – это _____ синхронная машина, ротор которой вращается с синхронной частотой _____ об/мин.

1. неявнополюсная; более 1500;
2. неявнополюсная; менее 1500;
3. явнополюсная; более 1500;
4. явнополюсная; менее 1500.

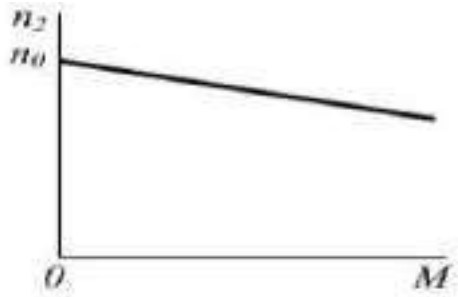
10.9. Синхронному двигателю соответствует механическая характеристика …

1. 

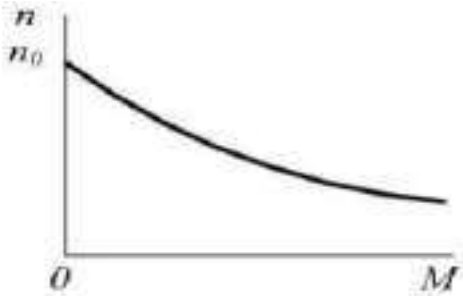
;

2. 

;

3. 

;

4. 

.

10.10. Частота вращения ротора синхронного двигателя $n_2 =$ _____ $об/мин$.

1. $\frac{60f}{p}$;
2. $\frac{2\pi f}{p}$;
3. $60f$;
4. $2\pi f$.

10.11. Обмотка возбуждения, расположенная на роторе синхронной машины, подключается…

1. к источнику однофазного синусоидального тока;
2. к любому из перечисленных;
3. к источнику постоянного тока;
4. к трехфазному источнику.

10.12. Если скорость вращения поля статора синхронной двухполюсной машины 3000 об/мин, то номинальная скорость вращения ротора…

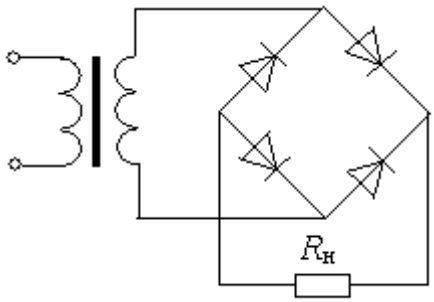
1. 2940 об/мин;
2. 2000 об/мин;
3. 1000 об/мин;
4. 3000 об/мин.

10.13. синхронной машине в режиме двигателя статор подключается к…

1. источнику однофазных прямоугольных импульсов;
2. источнику однофазного синусоидального тока;
3. источнику постоянного тока;
4. трёхфазному источнику.

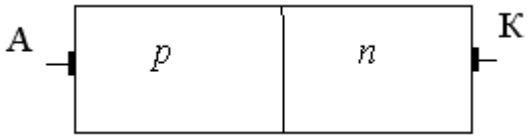
Тема 11: Электроника

11.1. На рисунке изображена схема …



1. однополупериодного выпрямителя;
2. трехфазного однополупериодного выпрямителя;
3. двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора;
4. двухполупериодного, мостового выпрямителя.

11.2. На рисунке изображена структура …

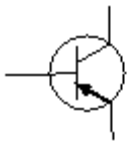


1. полевого транзистора;
2. выпрямительного диода;
3. стабилитрона;
4. тиристора.

11.3. У биполярных транзисторов средний слой называют …

1. базой;
2. заземлением;
3. эмиттером;
4. коллектором.

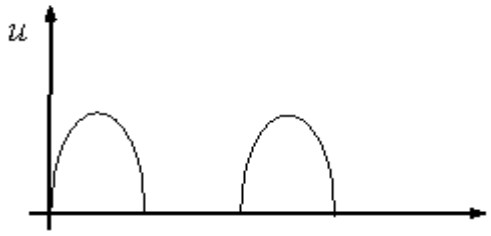
11.4. На рисунке изображен …



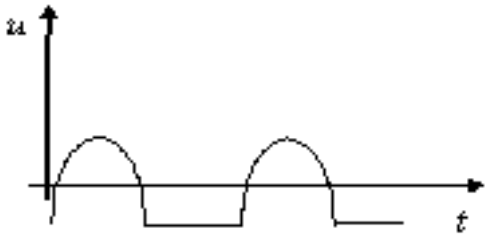
1. полевой транзистор;
2. диодный тиристор;
3. биполярный транзистор;
4. выпрямительный диод.

11.5. Двухполупериодной мостовой схеме выпрямителя соответствует временная диаграмма напряжения …

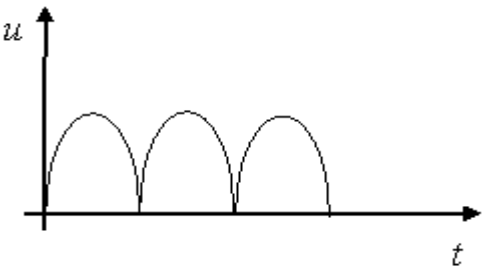
1.



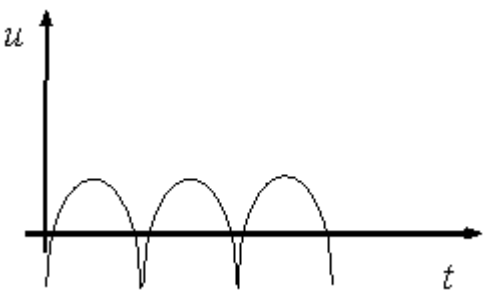
2.



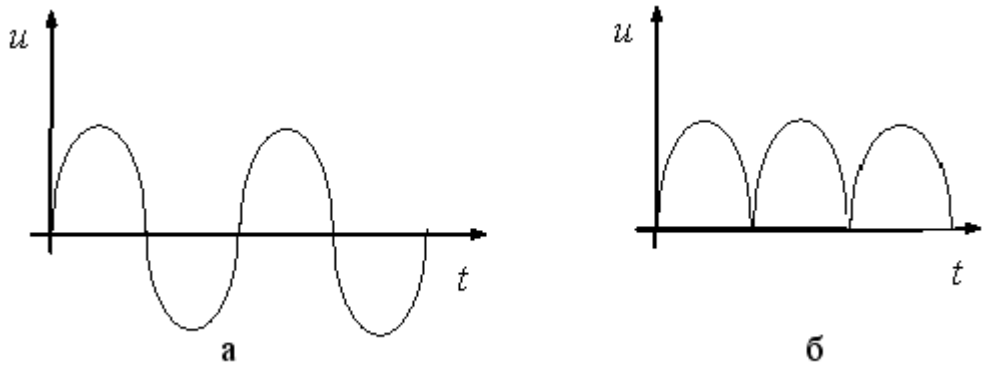
3.



4.

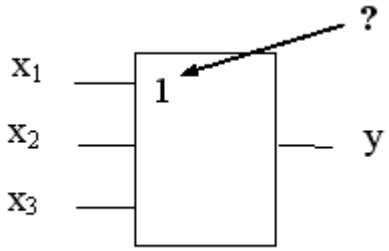


11.6. Приведены временные диаграммы напряжения на входе (а) и выходе (б). данное устройство …



1. сглаживающий фильтр;
2. стабилизатор напряжения;
3. трехфазный выпрямитель;
4. двухполупериодный мостовой выпрямитель.

11.7. Данное обозначение показывает, что устройство выполняет логическую операцию …



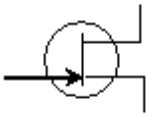
1. сложения (ИЛИ);
2. умножения (И);
3. стрелку Пирса (ИЛИ-НЕ);
4.инверсии (НЕ).

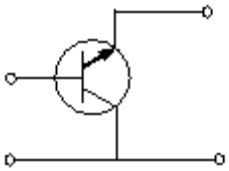
11.8. Приведенная таблица истинности, соответствует элементу, выполняющему логическую операцию …

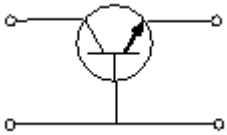
x_1	x_2	y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

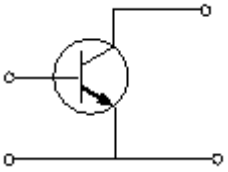
1. инверсии (НЕ);
2. сложения (ИЛИ);
3. умножения (И);
4. стрелку Пирса (ИЛИ-НЕ).

11.9. Схеме включения транзистора с общим коллектором соответствует рисунок …

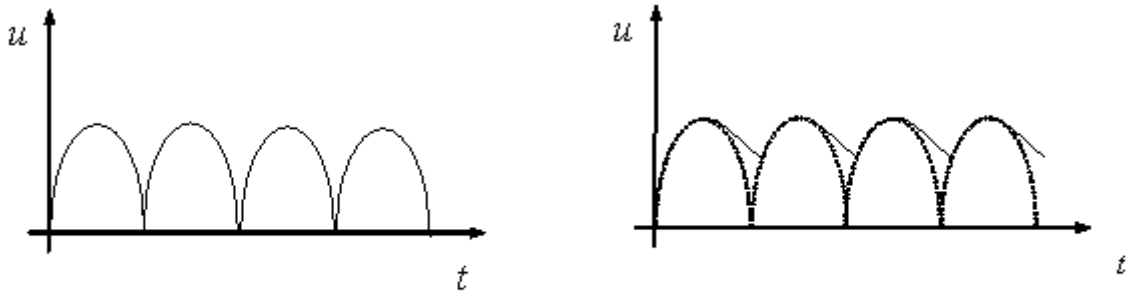
1. 

2. 

3. 

4. 

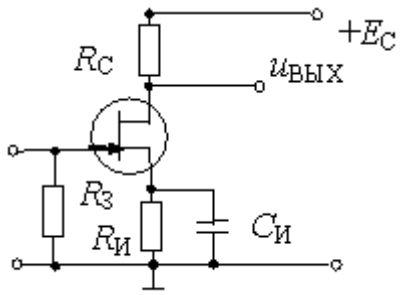
11.10. Приведены временные диаграммы напряжения на входе (а) и выходе (б) устройства. Данное устройство …



а б

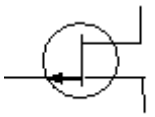
1. выпрямитель;
2. стабилизатор;
3. сглаживающий ёмкостной фильтр;
4. трехфазный выпрямитель.

11.11. На рисунке приведена схема включения полевого транзистора с общим (ей) …



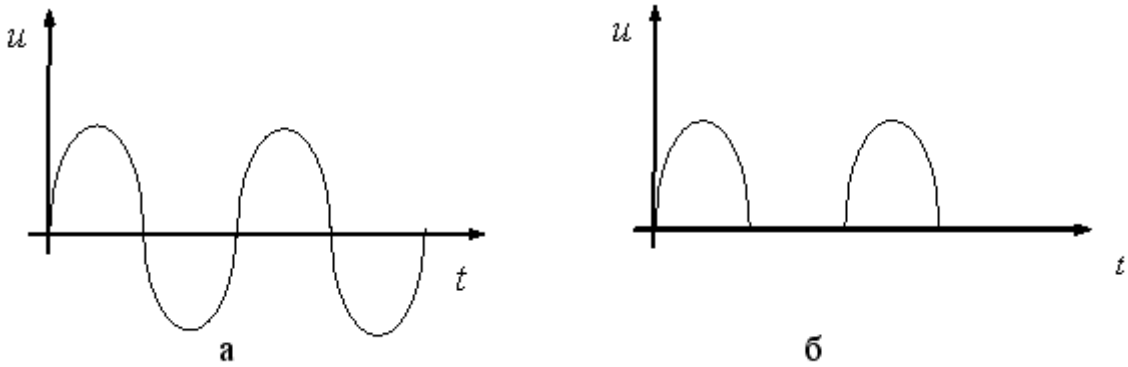
1. истоком;
2. затвором;
3. землей;
4. базой.

11.12. На рисунке изображен …



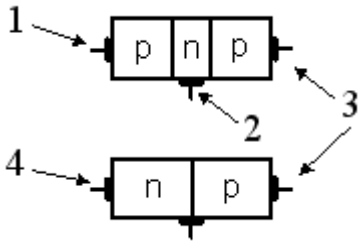
1. биполярный транзистор;
2. диодный тиристор;
3. выпрямительный диод;
4. полевой транзистор.

11.13. Приведены временные диаграммы напряжения на входе (а) и выходе (б) устройства. Данное устройство …



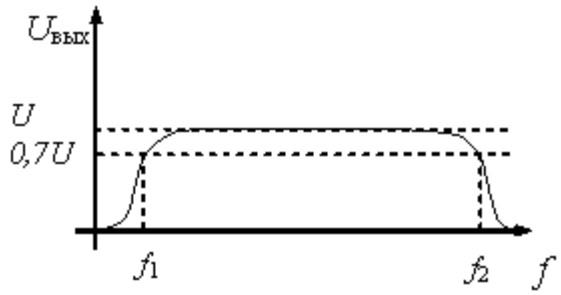
1. сглаживающий фильтр;
2. однополупериодный выпрямитель;
3. двухполупериодный мостовой выпрямитель;
4. стабилизатор напряжения.

11.14. База транзистора на рисунке обозначена номером …



1. один;
2. два;
3. три;
4. четыре.

11.15. На графике f_2 определяет для усилителя …

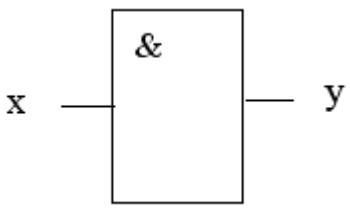


1. нижнюю граничную частоту нелинейных искажений;
2. верхнюю граничную частоту нелинейных искажений;
3. верхнюю граничную частоту усиления;
4. нижнюю граничную частоту усиления.

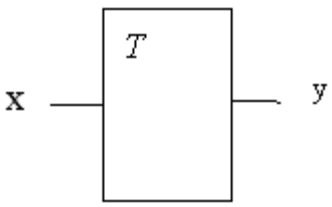
11.16. Приведенной таблице истинности соответствует схема …

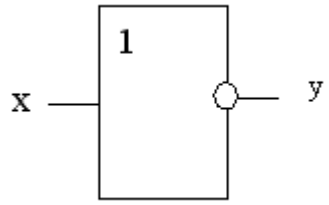
x	y
0	1
1	0

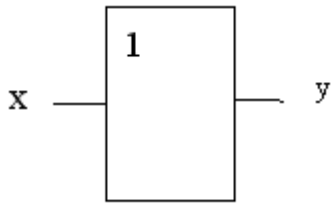
1.



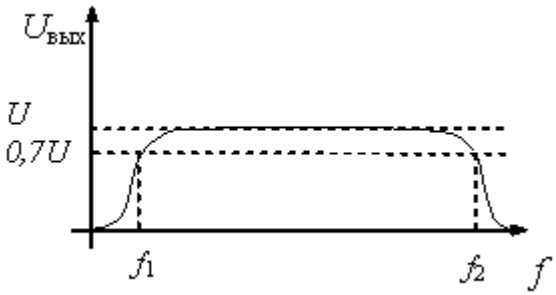
2.



3. 

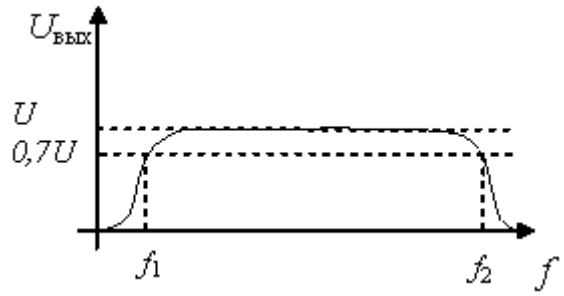
4. 

11.17. На графике f_1 определяется для усилителя …



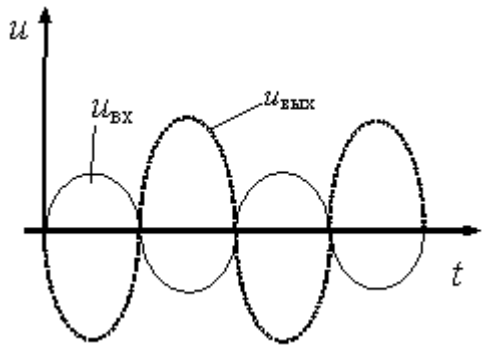
1. нижнюю граничную частоту нелинейных искажений;
2. нижнюю граничную частоту усиления;
3. верхнюю граничную частоту усиления;
4. верхнюю граничную частоту нелинейных искажений.

11.18. На графике область от f_1 до f_2 определяет ….



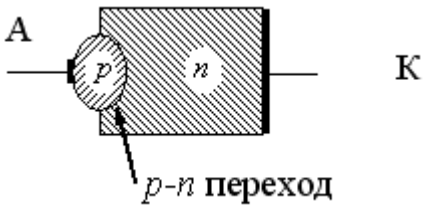
1. верхнюю граничную частоту нелинейных искажений усилителя;
2. полосу пропускания усилителя;
3. полосу частот, в которой усилитель работать не может;
4. нижнюю граничную частоту нелинейных искажений усилителя.

11.19. Временным диаграмм напряжения на входе и выходе усилителя соответствует …



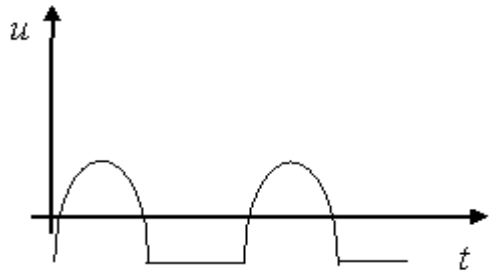
1. повторитель напряжения на операционном усилителе;
2. неинвертирующий усилитель на операционном усилителе;
3. инвертирующий усилитель на операционном усилителе;
4. усилительный каскад с общей базой.

11.20. На рисунке изображена структура …

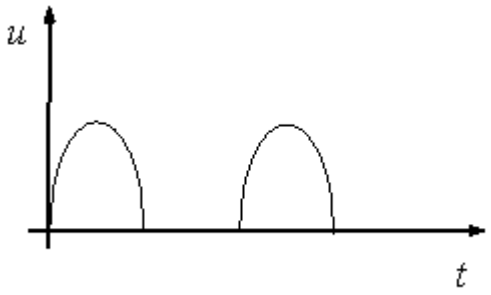


1. тиристора;
2. полевого транзистора;
3. стабилитрона;
4. выпрямительного диода.

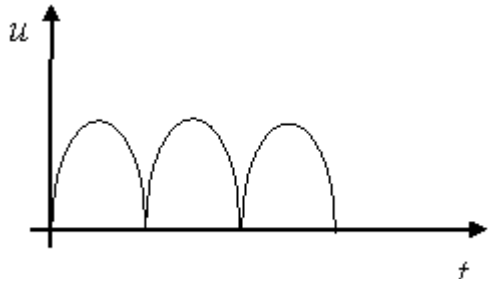
11.21. Двухполупериодной схеме выпрямления с выводом средней точки трансформатора соответствует временная диаграмма напряжения …

1. 

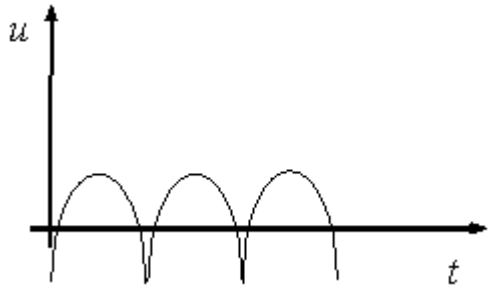
2.



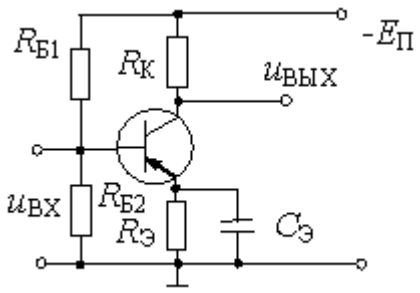
3.



4.

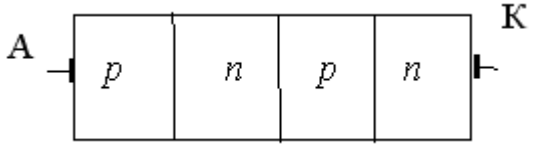


11.22. На рисунке приведена схема …



1. усилителя на полевом транзисторе;
2. делителя напряжения;
3. однополупериодного выпрямителя;
4. усилителя на биполярном транзисторе.

11.23. На рисунке изображена структура…



1. стабилитрона;
2. триодного тиристора;
3. полевого транзистора;
4. диодного тиристора.

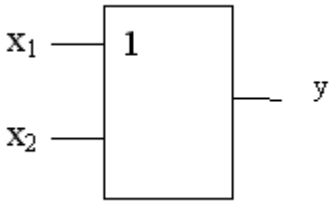
11.24. Полупроводниковые материалы имеют удельное сопротивление ...

1. меньше, чем медь;
2. меньше, чем проводники;
3. больше, чем диэлектрики;
4. больше, чем проводники.

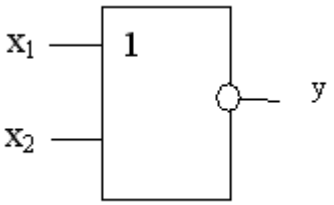
11.25. Приведенной таблице истинности соответствует схема ...

x_1	x_2	y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

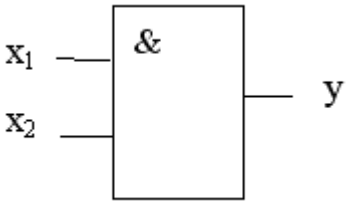
1.



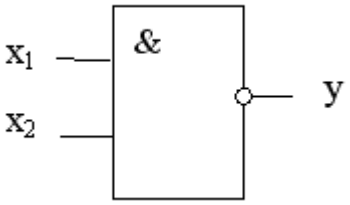
2.



3.



4.



ОТВЕТЫ

Тема 1. Основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей

1.1 – 1	1.8 – 1	1.15 – 3	1.22 – 2
1.2 – 2	1.9 – 4	1.16 – 4	1.23 – 2
1.3 – 2	1.10 – 4	1.17 – 4	1.24 – 4
1.4 – 3	1.11 – 2	1.18 – 2	1.25 – 1
1.5 – 4	1.12 – 4	1.19 – 4	1.26 – 4
1.6 – 2	1.13 – 2	1.20 – 2	1.27 – 2
1.7 – 1	1.14 – 3	1.21 – 2	1.28 – 1

Тема 2: Методы расчета линейных цепей постоянного тока

2.1 – 2	2.8 – 3	2.15 – 2	2.22 – 4
2.2 – 4	2.9 – 4	2.16 – 4	2.23 – 4
2.3 – 3	2.10 – 4	2.17 – 1	2.24 – 3
2.4 – 3	2.11 – 1	2.18 – 1	2.25 – 1
2.5 – 1	2.12 – 2	2.19 – 2	2.26 – 3
2.6 – 3	2.13 – 3	2.20 – 2	2.27 – 1
2.7 – 2	2.14 – 4	2.21 – 2	

Тема 3: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (однофазные цепи)

3.1 – 4	3.9 – 4	3.17 – 2	3.25 – 4
3.2 – 4	3.10 – 1	3.18 – 2	3.26 – 4
3.3 – 3	3.11 – 1	3.19 – 2	3.27 – 4
3.4 – 1	3.12 – 4	3.20 – 1	3.28 – 3
3.5 – 1	3.13 – 1	3.21 – 4	3.29 – 3
3.6 – 1	3.14 – 4	3.22 – 1	3.30 – 4
3.7 – 3	3.15 – 2	3.23 – 2	
3.8 – 1	3.16 – 2	3.24 – 4	

Тема 4: Анализ и расчет линейных цепей синусоидального тока (трехфазные цепи)

4.1 – 3	4.5 – 3	4.9 – 3	4.13 – 1
4.2 – 1	4.6 – 2	4.10 – 1	4.14 – 1
4.3 – 2	4.7 – 4	4.11 – 2	4.15 – 4
4.4 – 1	4.8 – 3	4.12 – 1	

Тема 5: Нелинейные цепи

5.1 – 3	5.4 –4	5.7 – 3	5.10 – 3
5.2 – 1	5.5 – 2	5.8 – 1	5.11 – 4
5.3 – 3	5.6 – 4	5.9 – 2	5.12 – 3

Тема 6: Методы измерения электрических и магнитных величин

6.1 – 4	6.3 – 4	6.5 – 2	6.7 – 2
6.2 – 4	6.4 – 4	6.6 – 2	

Тема 7: Трансформаторы

7.1 – 3	7.6 – 1	7.10 – 1	7.14 – 1
7.2 – 1	7.7 – 2	7.11 – 1	7.15 – 2
7.3 – 3	7.8 – 1	7.12 – 4	7.16 – 4
7.4 – 2	7.9 – 1	7.13 – 1	7.17 – 1
7.5 – 4			

Тема 8: Машины переменного тока

8.1 – 1	8.6 – 1	8.10 – 1	8.14 – 4
8.2 – 3	8.7 – 4	8.11 – 1	8.15 – 1
8.3 – 3	8.8 – 2	8.12 – 3	8.16 – 4
8.4 – 2	8.9 – 1	8.13 – 4	8.17 – 2
8.5 – 3			

Тема 9: Машины постоянного тока

9.1 – 1	9.5 – 1	9.8 – 1	9.11 – 2
9.2 – 2	9.6 – 3	9.9 – 3	9.12 – 1
9.3 – 3	9.7 – 1	9.10 – 3	9.13 – 4
9.4 – 1			

Тема 10: Синхронные машины

10.1 – 2	10.5 – 1	10.8 – 4	10.11 – 3
10.2 – 3	10.6 – 3	10.9 – 2	10.12 – 4
10.3 – 2	10.7 – 1	10.10 – 1	10.13 – 4
10.4 – 3			

Тема 11: Электроника

11.1 – 4	11.8 – 4	11.14 – 2	11.20 – 4
11.2 – 2	11.9 – 2	11.15 – 3	11.21 – 3
11.3 – 1	11 .10 –3	11.16 – 3	11.22 – 4
11.4 – 3	11.11 – 1	11.17 – 2	11.23 – 4
11.5 – 3	11.12 – 4	11.18 – 2	11.24 – 4
11.6 – 4	11.13 – 2	11.19 – 3	11.25 – 1
11.7 – 1			

Учебное издание

Угольников Александр Владимирович
Стожков Дмитрий Сергеевич

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Сборник тестовых вопросов и заданий для студентов всех неэлектрических специальностей, изучающих дисциплину «Электротехника»
очного и заочного обучения»

Редактор изд-ва *В. В. Баклаева*
Компьютерная верстка *Д. С. Стожков*

Подписано в печать
Бумага офсетная. Формат 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3. Уч.-изд. л. ___ Тираж ___. Заказ № __

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.Д.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

«Технологические расчеты параметров карьера и процессов открытых горных работ»

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Костин А.Л., ст. преп.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРА. 4
2. РАСЧЕТ ПАРКА БУРОВОГО СТАНКА 6
3. РАСЧЕТ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ 9
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ....11
5. РАСЧЕТ ПАРКА БУЛЬДОЗЕРОВ ДЛЯ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ 14
ПРИЛОЖЕНИЕ №1 *ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ* 17
ПРИЛОЖЕНИЕ №2 ЗАВИСИМОСТЬ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ NB БУРОВОГО СТАВА СТАНКОВ СБШ ОТ ПБ И DД 17
ПРИЛОЖЕНИЕ №3 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА К В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЯ БУРИМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД 18
ПРИЛОЖЕНИЕ №4 КОЭФФИЦИЕНТЫ РАЗРЫХЛЕНИЯ ПОРОД В КОВШЕ ЭКСКАВАТОРА И НАПОЛНЕНИИ КОВША (ПО ЕНВ)....18
ПРИЛОЖЕНИЕ №5 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ....18
ПРИЛОЖЕНИЕ №6 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ АВТОСАМОСВАЛОВ (КТ.Г)....19
ПРИЛОЖЕНИЕ №7 СРЕДНЕТЕХНИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ (VСР.Т), КМ/Ч. 19
ПРИЛОЖЕНИЕ №8 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ , КЗАВ И ВЫСОТЫ ЯРУСА НЯ....19
ПРИЛОЖЕНИЕ №9 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУЛЬДОЗЕРОВ (ПО ДАННЫМ ИНСТИТУТА ГИПРОРУДА). 20

Цель работы – овладеть навыками простейших расчетов объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого, коэффициента вскрыши, производительности и срока службы карьера. Освоить методику расчета производительности и парка оборудования буровых станков типа СБШ, одноковшовых экскаваторов, карьерных автосамосвалов и бульдозеров для отвалообразования.

1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРА.

Ознакомиться с исходными данными в прил. 1. По данным заданного варианта выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

Суммарный объем карьера, определяется по формуле, ($V_к$, м^3):

$$V_к = LMH_к + (L+M)H_к^2 \operatorname{ctg}\gamma_{ср} + \frac{\pi}{3} H_к^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}, \qquad (1.1)$$

где L – длина залежи по простиранию, м;

M – горизонтальная мощность залежи, м;

$H_к$ – глубина карьера, м;

$\gamma_{ср}$ – угол откоса нерабочих бортов карьера, град.

Объем полезного ископаемого в контурах карьера ($V_{п.и}$, м^3)

$$V_{п.и} = ML(H_к - h_н), \qquad (1.4)$$

где $h_н$ – мощность наносов, м.

Промышленные запасы полезного ископаемого в контурах карьера ($Q_{п.и}$, т)

$$Q_{п.и} = V_{п.и}\rho_{п.и}\eta_и, \qquad (1.5)$$

где $\rho_{п.и}$ – объемная масса полезного ископаемого, т/м^3;

$\eta_и$ – коэффициент извлечения, учитывающий потери полезного ископаемого при разработке.

Объем породы в контурах карьера ($V_п$, м^3)

$$V_п = V_к - V_{п.и}. \qquad (1.6)$$

Величина среднего коэффициента вскрыши (объем вынимаемой пустой породы, приходящийся на единицу добываемого полезного ископаемого) $k_{ср}$, м^3/т

$$k_{ср} = V_п / Q_{п.и}. \qquad (1.7)$$

Производительность карьера по вскрыше ($П_в$, м^3/год) приблизительно устанавливается по среднему коэффициенту вскрыши

$$П_в = П_{п.и}\, k_{ср}\, k_н, \tag{1.8}$$

где $П_{п.и}$ – производительность карьера по полезному ископаемому, т/год;

$k_н$ – коэффициент неравномерности распределения вскрыши по годам ($k_н$ = 1,1÷1,3).

Производительность карьера по горной массе ($П_{г.м}$, м^3/год)

$$П_{г.м} = П_{п.и} \frac{1}{\rho_{п.и}} + П_в. \tag{1.9}$$

Суточная производительность карьера по полезному ископаемому ($П^с_{п.и}$, т/сут)

$$П^с_{п.и} = \frac{П_{п.и}}{T_г}, \tag{1.10}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в год ($T_г$ = 350 дней).

Суточная производительность карьера по вскрыше ($П^с_в$, м^3/сут)

$$П^с_в = \frac{П_в}{T_г}. \tag{1.11}$$

Сменная производительность карьера по добыче и вскрыше ($П^{см}_{п.и}$, т/смену; $П^{см}_в$, м^3/смену)

$$П^{см}_{пи} = \frac{П^с_{пи}}{n_{см}}, \qquad П^{см}_в = \frac{П^с_в}{n_{см}} \tag{1.12}$$

где $n_{см}$ – число смен работы карьера в сутках (обычно 2-3 смены).

Срок службы карьера ($T_{сл}$, лет)

$$T_{сл} = \frac{Q_{п.и}}{П_{п.и}} + 1{,}5, \tag{1.13}$$

2. РАСЧЕТ ПАРКА БУРОВОГО СТАНКА

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет технической скорости бурения и сменной производительности бурового станка типа СБШ.

По заданным величинам $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, ρ определяется показатель буримости горных пород ($П_б$)

$$П_б = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\rho, \qquad (2.1)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на сжатие, МПа;

$\sigma_{сд}$ – предел прочности породы на сдвиг, МПа;

ρ – плотность горных пород, т/м^3.

В зависимости от показателей буримости пород ($П_б$) и заданного диаметра долота ($d_д$) по графику (прил. 2) определяется частота вращения бурового става ($n_в$).

Рассчитывается осевое усилие ($P_о$, кН) по выражению

$$P_о \geq kП_б d_д, \qquad (2.2)$$

где $d_д$ – диаметр долота, см;

k – коэффициент, зависящий от показателя буримости (прил. 3).

Техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч) скважин станками СБШ определяется по формуле

$$v_б = \frac{P_о n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \qquad (2.3)$$

где $d_д$ – диаметр долота (коронки), см.

Сменная производительность бурового станка ($A_б^{см}$, м/смену) рассчитывается по формуле

$$A_{\text{б}}^{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} - (T_{\text{п.з}} + T_{\text{р}})}{v_{\text{б}}^{-1} + T_{\text{в}}}, \qquad (2.4)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$T_{\text{п.з}}$ – затраты времени на подготовительно-заключительные операции в течение смены, ч/смену;

$T_{\text{р}}$ – затраты времени на ремонты в течение смены, ч/смену;

$T_{\text{в}}$ – затраты времени на вспомогательные операции при бурении в расчёте на 1 м скважины ч/м;

$v_{\text{б}}$ – техническая скорость бурения, м/ч.

Определяется суточная производительность бурового станка ($A_{\text{б}}^{\text{с}}$, м/смену)

$$A_{\text{б}}^{\text{с}} = A_{\text{б}}^{\text{см}} n_{\text{см}}, \qquad (2.5)$$

где $n_{\text{см}}$ – количество рабочих смен станка в сутки, смен/сут. ($n_{\text{см}} = 2 \div 3$).

Определяется годовая производительность станка ($A_{\text{б}}^{\text{г}}$, м/год)

$$A_{\text{б}}^{\text{г}} = A_{\text{б}}^{\text{с}} n_{\text{р.д.с}}, \qquad (2.6)$$

где $n_{\text{р.д.с}}$ – число рабочих дней станка в году, дней/год (с учетом вычета времени: ремонтов, перемещений с участка на участок, остановок в работе по климатическим условиям и др.). Для станков СБШ $n_{\text{р.д.с}} = 230 \div 280$ дней/год.

Списочный парк станков ($N_{\text{б.с}}$, ед.)

$$N_{\text{б.с}} = \frac{П_{\text{г.м}}}{A_{\text{б}}^{\text{г}} q_{\text{г.м}}}, \qquad (2.7)$$

где $П_{\text{г.м}}$ – годовой объем обуриваемой горной массы, м^3;

$q_{\text{г.м}}$ – выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины, м^3/м.

Рабочий парк буровых станков ($N_{\text{бр}}$, ед.)

$$N_{\text{бр}} = \frac{N_{\text{бс}}}{k_{\text{рез}}}, \tag{2.8}$$

где $k_{\text{рез}}$ – коэффициент резерва буровых станков.

$$k_{\text{рез}} = \frac{T_{\text{г}}}{n_{\text{р.д.с}}}, \tag{2.9}$$

где $T_{\text{г}}$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_{\text{г}}$ = 350 дней/год).

3. РАСЧЕТ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности и параметров забоя одноковшового экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

Определяется техническая производительность экскаватора ($A_т$, м^3/ч)

$$A_т = \frac{3600E}{T_ц} k_э, \tag{3.1}$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

$T_ц$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р, \tag{3.2}$$

где $T_ч$ – длительность черпания, с;

$$T_ч = \frac{194d_{ср}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \tag{3.3}$$

$d_{ср}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м;

$$d_{ср} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E}, \tag{3.4}$$

$T_{пов}$ – длительность поворота экскаватора для разгрузки ковша, с;

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \tag{3.5}$$

$T_р$ – длительность разгрузки ковша, с;

где β – средний угол поворота экскаватора для разгрузки ковша, град;

(при E = 1÷3 м^3, $T_р$ = 1,5÷2,5 с;

при E = 3÷8 м^3, $T_р$ = 2,5÷2,7 с;

при E = 12÷20 м^3, $T_р$ = 2,9÷3,5 с);

$k_э$ – коэффициент экскавации пород,

$$k_э = \frac{k_н}{k_р},$$

где $k_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_р$ – коэффициент разрыхления пород в ковше экскаватора.

Значения $k_н$ и $k_р$ принимать по прил. 4 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

Сменная производительность экскаватора ($A_{см}$, м^3/смену)

$$A_{см} = A_т \, T_{см} \, k_и \, , \tag{3.6}$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$k_и$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены.

Суточная производительность экскаватора ($A_с$, м^3/сут)

$$A_с = A_{см} \, n_{см}, \tag{3.7}$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках, смен/сут. ($n_{см} = 2 \div 3$).

Годовая производительность экскаватора ($A_г$, м^3/год)

$$A_г = A_с \, n_г, \tag{3.8}$$

где $n_г$ – число рабочих дней экскаватора в году, дней/год.

Определяется парк экскаваторов. Списочный парк экскаваторов ($N_{эс}$, ед.)

$$N_{эс} = \frac{П_{г.м}}{A г}, \tag{3.9}$$

где $П_{г.м}$ – производительность карьера по горной массе, м^3/год.

Рабочий парк экскаваторов ($N_{эр}$, ед.)

$$N_{эр} = \frac{N_{эс}}{k_{рез}}, \tag{3.10}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва экскаваторов

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_г}, \tag{3.11}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет сменной производительности автосамосвала.

По заданной модели экскаватора подбирается модель автосамосвала приложени 5. Подбор осуществляется из условия обеспечения рационального соотношения (μ) между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора

$$\mu = \frac{V_{\text{а}}}{E} = 3 \div 5, \tag{4.1}$$

где $V_{\text{а}}$ – геометрическая вместимость кузова выбранного автосамосвала, м^3 (см. приложение 5);

E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

Производится расчет времени погрузки автосамосвала ($t_{\text{п}}$, мин.) и веса груза в кузове (q, т)

$$t_{\text{п}} = \frac{T_{\text{ц}}^{\text{э}}(n_{\text{min цик}} - 0{,}5)}{60}, \tag{4.2}$$

где $T_{\text{ц}}^{\text{э}}$ – длительность цикла экскавации, с (см. раздел 3);

$n_{\text{min цик}}$ – количество циклов экскавации при загрузке автосамосвала.

Для определения $n_{\text{min цик}}$ рассчитывается необходимое количество ковшей для полной загрузки автосамосвала ($n_{\text{к}}$):

исходя из грузоподъемности автосамосвала

$$n_{\text{к}} = \frac{q_{\text{а}} k_{\text{р}}}{E k_{\text{н}} \rho}, \tag{4.3}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т;

$k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора;

ρ – плотность пород в целике, т/м^3 (значения $k_{\text{н}}$, $k_{\text{р}}$ и ρ принимаются по прил. 6 в зависимости от заданной категории пород);

исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»

$$n_{\text{к}} = \frac{0{,}9V'_{\text{а}}}{Ek_{\text{н}}}, \tag{4.4}$$

где $V'_{\text{а}}$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой» (см. прил. 5), м^3.

Затем сравниваются значения $n_{\text{к}}$, вычисленные по формулам (4.3) и (4.4), выбирается меньшее ($n_{\text{к}}$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\text{min цик}}$.

Вес груза рассчитывается (q, т)

$$q = \frac{Ek_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} n_{\text{min цик}} \rho. \tag{4.5}$$

Осуществляется проверка условия

$$q \le 1{,}1q_{\text{а}}, \tag{4.6}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

7.2.2.3. Производится расчет времени движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_{\text{д}}$, мин.)

$$t_{\text{д}} = 60\frac{2L}{v_{\text{ср.т}}}, \tag{4.7}$$

где L – расстояние транспортирования горной массы, км;

$v_{\text{ср.т}}$ – средняя техническая скорость движения автосамосвала по трассе, км/ч;

$v_{\text{ср.т}}$ определяется в зависимости от заданного расстояния транспортирования (L, км) и высоты подъема горной массы ($H_{\text{п}}$, м) по прил. 7.

Производится расчет продолжительности транспортного цикла ($T^{\text{а}}_{\text{ц}}$, мин.):

$$T^{\text{а}}_{\text{ц}} = t_{\text{о}} + t_{\text{п}} + t_{\text{д}} + t_{\text{м.п}} + t_{\text{м.р}} + t_{\text{р}}\ , \tag{4.8}$$

где $t_{\text{о}}$ – продолжительность ожидания погрузки, мин. ($t_{\text{о}} \approx 0{,}5t_{\text{п}}$);

$t_{\text{п}}$ – продолжительность погрузки автосамосвала, мин.;

$t_{\text{д}}$ – продолжительность движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин.;

$t_{м.п}$, $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку (приложение 5), мин.;

$t_р$ – продолжительность разгрузки (приложение 5), мин.

Производится расчет сменной производительности

Производительность автосамосвала по заданной трассе ($Q_а$, т/смену) автосамосвала при $k_и = 0{,}8$; $T_{см} = 8$ ч рассчитывается по формуле:

$$Q_а = N_р q = \frac{T_{см}}{T_ц^а} k_и q, \tag{4.9}$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, мин./смену;

q – вес груза в кузове автосамосвала, т;

$k_и$ – коэффициент использования сменного времени;

$T_ц^а$ – продолжительность транспортного цикла автосамосвала, мин.;

$N_р$ – количество рейсов автосамосвала в течение смены, рейс/смену.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{а.р}$, ед.)

$$N_{а.р} = \frac{V_{см}}{Q_а}, \tag{4.10}$$

где $V_{см}$ – сменный объем перевозок, т/смену.

$$V_{см} = k_н \left(П_{п.и}^{см} + П_в^{см} \rho \right), \tag{4.11}$$

где $k_н$ – коэффициент неравномерности выдачи горной массы из карьера ($k_н = 1{,}1$);

$П_{п.и}^{см}$ – сменная производительность карьера по полезному ископаемому, т/смену;

$П_в^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше в целике, м^3/смену;

ρ – плотность вскрышных пород в целике, т/м^3.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{а.и}$, ед.)

$$N_{а.и} = \frac{N_{а.р}}{k_{т.г}}, \tag{4.12}$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности, определяемый по прил. 6, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_с$, км/сут)

$$L_с = \frac{2LQ_а}{q} k_о k_{см}, \tag{4.13}$$

где $k_о$ – коэффициент, учитывающий нулевой пробег от гаража до места работы и обратно ($k_о$ = 1,05);

$k_{см}$ – коэффициент сменности – среднее количество полных смен отработанных автосамосвалом за сутки (принять $k_{см}$ = 2,5).

5. РАСЧЕТ ПАРКА БУЛЬДОЗЕРОВ ДЛЯ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

Определяется требуемая площадь отвала ($S_о$, м^2)

$$S_о = \frac{V_n k_р^о}{n_я h_я \eta_о}, \tag{5.1}$$

где V_n – объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м^3;

$k_р^о$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (см. прил. 8);

$h_я$ – высота яруса, м (см. прил. 8);

$n_я$ – количество ярусов;

$\eta_о$ – коэффициент использования площади отвала ($\eta_о$ принимать: для одно- и двухъярусных отвалов – 0,8÷0,7; для трехъярусных и более – 0,5).

Количество отвальных ярусов принимать самостоятельно (на практике отвалы формируются, как правило, из одного-трех ярусов), исходя из необходимости минимизировать площадь отвалов и максимальной общей высоты отвала

не более 120-180 м. По требуемой площади отвала, определяются его размеры в плане: ширина (B, м), длина (L, м). При этом рекомендуется выдерживать соотношение $B : L = 1 : 2$, тогда: $L = \sqrt{2S_0}$.

Рассчитывается количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_о$, ед./ч)

$$N_о = \frac{П_в^ч k_н}{q}, \tag{5.2}$$

где $П_в^ч$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч;

$$П_в^ч = \frac{П_в^{см}}{T_{см}}, \tag{5.3}$$

$k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$);

Определяется сменный объем бульдозерных работ по формированию отвала ($Q_б$, м^3/смену)

$$Q_б = П_в^{см} k_н k_{зав}, \tag{5.4}$$

где $k_{зав}$ – средний коэффициент «заваленности» (см. прил. 8).

Выбирается модель бульдозера (см. прил. 9) и определяется число бульдозеров в работе ($N_б$, ед.):

$$N_б = Q_б / П_б, \tag{5.5}$$

где $П_б$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену (принимается по прил. 9).

Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{б.и}$, ед.)

$$N_{б.и} = 1{,}4\ N_б, \tag{5.6}$$

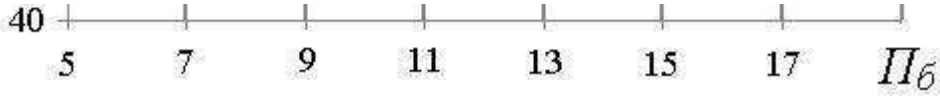
где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

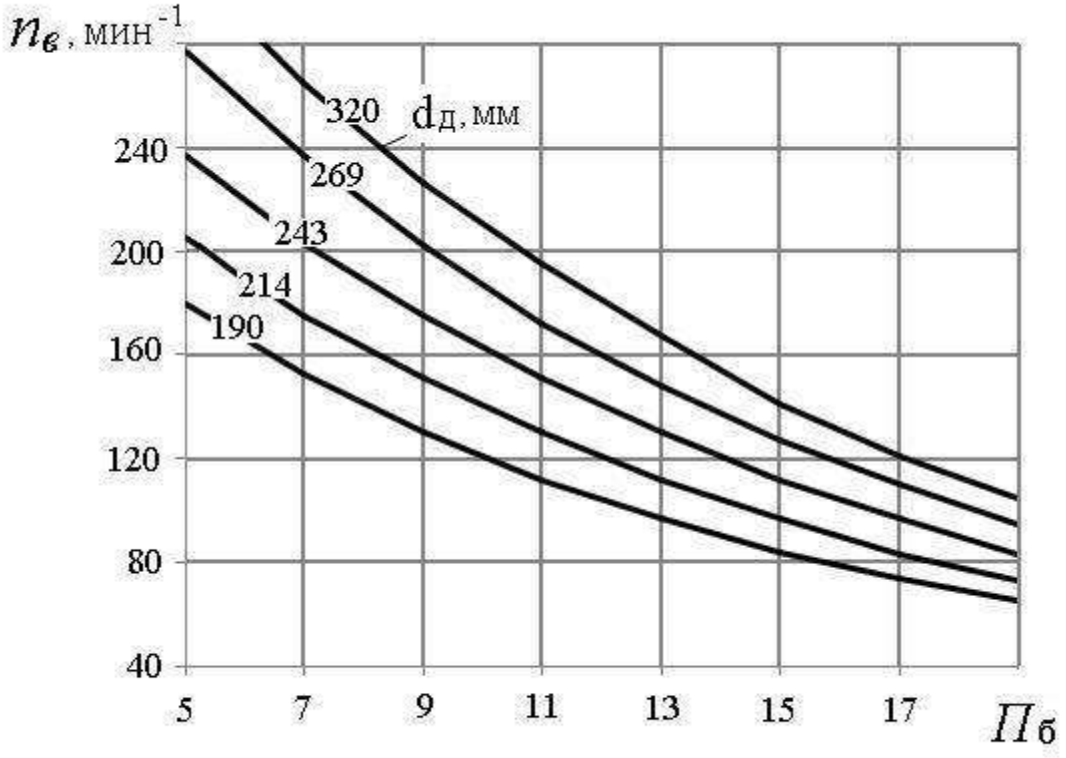
1. *Хохряков, В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /В. С. Хохряков. – 5-е изд. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
2. *Томаков, П. И.; Наумов, И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ /П. И. Томаков, И. К. Наумов: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. горного ин-та, 1992. – 464 с.
3. *Пахомов, Е. М..; Буянов, М. И.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /Е. М. Пахомов, М. И. Буянов. – М.: Недра, 1990. – 250 с.
4. *Русский, И. И.* Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах /И. И. Русский. – М.: Недра, 1979. – 262 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ №1 *Исходные данные*

Вариант, ГМО	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Длина залежи, м	900	1500	700	700	2100	600	1000	1400	2000	900	1200	1300	700	1300	900	2100	1200	1300	1500	2200
Мощность залежи, м	430	450	450	380	330	310	290	480	370	360	350	460	370	430	330	450	430	450	450	310
Глубина карьера, м	340	280	160	390	250	180	120	400	350	160	120	260	230	310	280	340	210	350	330	310
Средний угол откоса, градус	43	46	45	46	42	46	41	42	44	43	43	41	43	43	46	42	45	41	43	44
Мощность наносов, м	50	30	30	40	30	20	10	40	30	20	20	30	40	40	40	50	20	40	30	30
Объемная масса ПИ, т/м3	1,6	2,4	2,7	2,6	1,6	2,7	1,3	1,8	2,7	2	1,9	1,1	1,6	1,5	3,2	1,4	2,9	1,2	1,8	2,3
Коэффициент извлечения, доли ед.	0,94	0,97	0,95	0,9	0,96	0,9	0,97	0,96	0,94	0,96	0,91	0,94	0,94	0,92	0,95	0,92	0,98	0,96	0,96	0,95
Производительность по руде, млн.т/год	10,9	8,6	1,7	8,2	14,7	2	2,9	10,6	4,2	5	1,1	2,9	1	4,7	4,5	17,3	6,1	16	8,3	5,7
Предел прочности на сжатие, мпа	160	230	220	230	130	230	100	130	190	140	140	90	140	140	240	120	220	90	160	190
Предел прочности на сдвиг, мпа	16	27	25	26	13	26	9	12	21	14	14	8	14	14	28	11	25	8	16	20
Диаметр долота, мм	240	300	280	300	200	300	180	200	260	220	220	180	220	220	300	200	300	160	240	260
Время Тв, ч	0,06	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,05	0,03	0,02	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,03	0,04	0,02
Время на Тп.з+Тр, ч	0,8	0,8	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,5	0,7	0,8	0,5	0,6	0,5
Выход взорв. гор. массы, м3/м	27	27	37	33	45	31	50	69	36	36	27	83	36	47	26	24	36	80	36	25
Категория пород по трудности экскавации	3	5	5	5	3	5	2	2	4	3	3	1	3	3	5	2	5	1	3	4
Средний угол поворота экскаватора,град	110	90	130	145	130	110	85	85	80	145	115	115	140	100	90	145	125	85	145	110
Коэффициент использ-ования экскаватора, д.ед.	0,76	0,68	0,66	0,63	0,69	0,62	0,78	0,62	0,77	0,75	0,63	0,68	0,77	0,65	0,73	0,71	0,68	0,71	0,65	0,69
Расстояние транспортирования , км	3,3	2,8	1,8	3,7	2,5	2	1,5	3,8	3,3	1,8	1,5	2,6	2,4	3	2,8	3,3	2,2	3,3	3,2	3
Высота подъема горной массы, м	150	110	70	160	100	70	50	160	140	70	50	110	100	130	120	150	80	140	130	120



П **о**
с



ПРИЛОЖЕНИЕ №3 Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород

$П_б$	≥ 8	10	12	14	16	18
k	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825

ПРИЛОЖЕНИЕ №4 Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)

Категория пород по трудности экскавации	Плотность пород в целике ρ, т/м^3	$k_р$	$k_н$
I	1,6	1,15	1,05
II	1,8	1,25	1,05
III	2,0	1,35	0,95
IV	2,5	1,50	0,90
V	3,5	1,60	0,90

ПРИЛОЖЕНИЕ №5 Техническая характеристика карьерных автосамосвалов БелАЗ

Показатель	Модель автосамосвала				
	БелАЗ - 7540	БелАЗ - 7548	БелАЗ - 7549	БелАЗ - 7514	БелАЗ - 7521
Грузоподъемность, $q_а$, т……..	30,0	42,0	80,0	120,0	180,0
Собственная масса, $G_а$, т…….	21,9	29,5	67,0	95,0	163,0
Геометрическая вместимость кузова, $V_а$, м^3…….	15,0	21,0	35,0	47,0	84,0
Вместимость кузова «с шапкой», $V'_а$, м^3 ……	18,0	26,0	46,0	61,0	110,0
К. п. д. трансмиссии, $\eta_т$ ……..	0,70	0,70	0,78	0,77	0,77
Мощность двигателя, $N_д$, кВт…….	310	368,0	809	1029,0	1691
Продолжительность, мин:					
маневровых операций при установке на погрузку, $t_{м.п}$	0,50	0,59	0,64	0,70	0,87
маневровых операций при установке на разгрузку, $t_{м.р}$ …….	0,54	0,64	0,69	0,76	0,94
разгрузки, $t_р$ …….	0,67	0,78	1,00	1,17	1,51
Ширина проезжей части автодороги при двухполосном движении, T, м	10,5	11,5	14,5	16,0	19,0

ПРИЛОЖЕНИЕ №6 Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов (kт.г)

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значение $k_{т.г}$ при суточном пробеге, L_c, км						
	50	100	150	200	250	300	350
30 – 42	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
80	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
110 – 180	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

ПРИЛОЖЕНИЕ №7 Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов (vср.т), км/ч.

Расстояние, L, км	Высота подъема горной массы, $H_п$, м												
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
1,0	22,7	21,1	18,4	16,0									
1,2	23,9	21,8	19,5	17,5	15,8								
1,4	24,1	22,0	20,0	18,3	16,7								
1,6	24,7	22,5	20,6	19,0	17,6	16,3							
1,8	25,3	23,3	21,5	19,9	18,6	17,4	16,2						
2,0	26,0	24,0	22,3	20,8	19,5	18,3	17,2						
2,2	26,7	24,8	23,1	21,7	20,4	19,2	18,1	17,2					
2,4	27,3	25,5	23,9	22,5	21,2	20,0	19,0	18,0	17,2				
2,6	27,9	26,2	24,6	23,2	22,0	20,8	19,8	18,9	17,9	17,2			
2,8	28,6	26,9	25,4	24,0	22,7	21,6	20,6	19,6	18,8	18,0			
3,0	29,2	27,5	26,1	24,7	23,5	22,4	21,3	20,4	19,5	18,7	18,0		
3,2	29,7	28,2	26,7	25,3	24,2	23,2	22,0	21,1	20,2	19,4	18,6		
3,4	30,4	28,8	27,4	26,1	24,9	23,7	22,7	21,8	20,9	20,1	19,2	18,2	
3,6	31,0	29,4	28,0	26,7	25,5	24,4	23,4	22,5	21,6	20,8	19,6	18,7	17,7
3,8	31,6	30,0	28,6	27,4	26,1	25,1	24,1	23,1	22,3	21,4	20,2	19,4	18,4
4,0	32,0	30,6	29,2	28,0	26,8	25,7	24,7	23,8	22,9	22,1	20,9	20,0	19,2

ПРИЛОЖЕНИЕ №8 Значение коэффициентов , kзав и высоты яруса hя

Породы	$h_я$, м	Значения коэффициентов	
		$k_р^о$	$k_{зав}$
Скальные …….	30 - 60	1,12 - 1,20	0,7
Полускальные, смешанные ……...	20 - 40	1,06 - 1,12	0,8
Рыхлые, глинистые ……	15 - 20	1,05 - 1,07	0,9

ПРИЛОЖЕНИЕ №9 Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда).

Тип бульдозера	Сменная (за 8 ч) производительность при дальности перемещения грунта до 10 м в породах, $м^3$		
	рыхлые	полускальные	скальные
Д-685 на базе Т-100М	1100	950	750
ДЗ-27 на базе Т-130	1500	1300	1000
Д-575 на базе Т-180	1900	1650	1300
ДЗ-118 на базе ДЭТ-250М	2200	1850	1500
ДЗ-159УХЛ на базе Т-50.01	4740	4000	3230
D10N (фирма «Катерпиллер»)	3730	3130	2536
D11N (фирма «Катерпиллер»)	5510	4630	3750

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

«Технологические расчеты параметров и процессов открытых горных работ»

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Костин А.Л., ст. преп.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

Оглавление

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ***Графическое изображение элементов горных работ……*** 3

Контрольные вопросы…… 13

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. ***Определение объема капитальной траншеи……..*** 14

Контрольные вопросы…… 16

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. ***Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициента вскрыши……*** 17

Контрольные вопросы…… 22

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. ***Расчет заряда одиночной скважины……*** 23

Контрольные вопросы…… 27

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. ***Расчет производительности бурового станка……....*** 29

Контрольные вопросы…… 32

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. ***Расчет производительности карьерных экскаваторов……..*** 33

Контрольные вопросы…… 36

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7. ***Определение производительности карьерных автосамосвалов…...*** 37

Контрольные вопросы…… 41

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ***Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера……..*** 42

Контрольные вопросы…… 46

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9. ***Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте……*** 47

Контрольные вопросы…… 51

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ…… 51

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 *Исходные данные к лабораторной работе № 1 "Графическое изображение элементов горных работ"*…… 52

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 *Исходные данные к лабораторной работе № 2 «Определение объема капитальных траншей»*…… 58

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 *Исходные данные к лабораторной работе № 3 «Определение объема, размеров, производи-тельности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого и коэффи-циента вскрыши»*…… 59

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 *Исходные данные к лабораторной работе № 4 «Расчет заряда одиночной скважины»*…… 60

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 *Значение коэффициента $k_{разб}$ в зависимости от крепости пород*…… 61

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 *Значение коэффициента $k_з$* …… 61

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 *Исходные данные к лабораторной работе № 5 «Расчет производительности бурового станка»*…… 62

ПРИЛОЖЕНИЕ 8 *Зависимость оптимальной скорости вращения бурового става*…… 63

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 *Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород*…… 63

ПРИЛОЖЕНИЕ 10 *Исходные данные для расчетов к лабораторной работе № 6 «Расчет производительности карьерных экскаваторов»*…… 64

ПРИЛОЖЕНИЕ 11 *Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнения ковша (по ЕНВ)*…… 64

ПРИЛОЖЕНИЕ 12 *Исходные данные для расчетов к лабораторной работе № 7 «Определение производитель-ности карьерных автосамосвалов»*…… 65

ПРИЛОЖЕНИЕ 13 *Техническая характеристика карьерных автосамосвалов*…… 66

ПРИЛОЖЕНИЕ 14 *Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов*…… 66

ПРИЛОЖЕНИЕ 15 *Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов*…… 67

ПРИЛОЖЕНИЕ 16 *Исходные данные к лабораторной работе № 8 «Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера»*…… 68

ПРИЛОЖЕНИЕ 17 *Исходные данные к лабораторной работе № 9 «Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»*…… 69

ПРИЛОЖЕНИЕ 18 *Значение коэффициентов $k_р^о$, $k_{зав}$ и высоты яруса $h_я$* …… 70

ПРИЛОЖЕНИЕ 19 *Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда)*…… 70

Практическая работа № 1

ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНЫХ РАБОТ

Цель работы – изучить и освоить графическое изображение элементов горных работ.

1.1. Задачи работы

1.1.1. Изучить масштабы, линии и условные изображения горных машин, применяемые для горных чертежей.

1.1.2. Изучить и освоить навыки графического изображения основных элементов горных работ.

1.2. Порядок выполнения работы

1.2.1. По рисункам 1.1- 1.4 ознакомиться с масштабами, линиями и условными изображениями горных машин, применяемыми для горных чертежей.

1.2.2. По учебнику [1, с. 10 - 11] и рис. 1.5 - 1.13 ознакомиться с типовыми графическими изображениями элементов горных работ.

1.1.3. В соответствии с номером варианта задания и соответствующими исходными данными в прил. 1 начертить элементы горных работ на формате А4 в масштабе, соответствующем заданным размерам.

Изображение заданных элементов горных работ вычертить в соответствии со знаниями и навыками, полученными при изучении дисциплин «Машиностроительное черчение» и «Начертательная геометрия».

Масштаб, типы линий и условные знаки
на чертежах горных работ

1. Масштаб изображений
1:5; 1:10; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000;
1:5000; 1:10000; 1:25000; 1:50000; 1:100000

Рис. 1.1. Масштабы изображений

Линия	Начертание	Толщина линий в зависимости от масштаба чертежа (S)	Основное назначение
Основная		S=0,6 - 1,5 мм	Линии фактического и проектного контура всех горных выработок и сооружений на видах и разрезах (сечениях), верхняя бровка уступов в плане
Вспомогательная сплошная		от S/3 до S/2 0,2 - 0,8 мм	Линии размерные, выносные и штриховки, изолинии, линии границ горных пород на разрезах и сечениях, линии обрыва, нижняя бровка уступов в целике
Вспомогательная с изгибами		от S/3 до S/2 0,2 - 0,8 мм	Длинные линии обрыва на планах и разрезах
Вспомогательная штриховая			Линии невидимых контуров горных выработок, находящихся за плоскостью проекций
Штрихпунктирная			Осевые и центровые линии горных выработок, бровка отвалов, насыпей, навалов и уступов в разрыхленной горной массе
Разомкнутая		от S до 1,5S	Линии сечений

Рис. 1.2. Типы линий

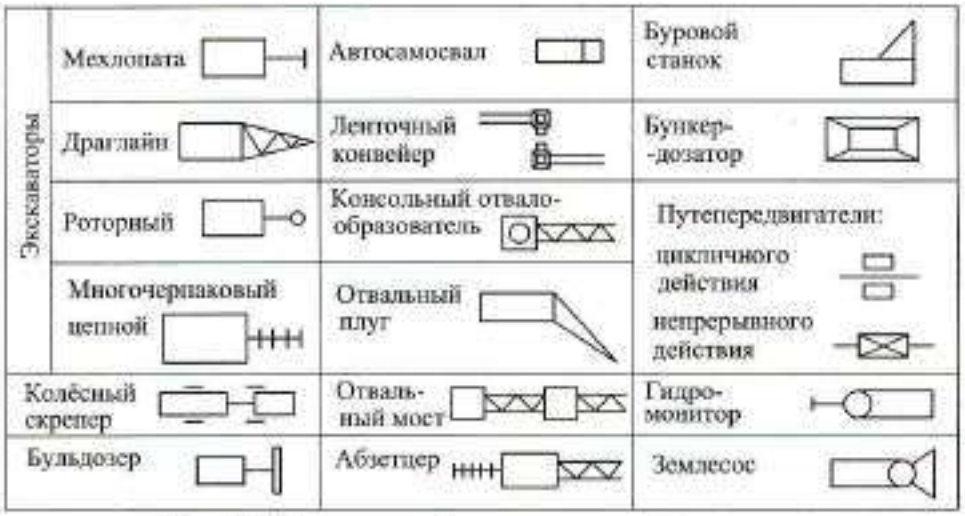
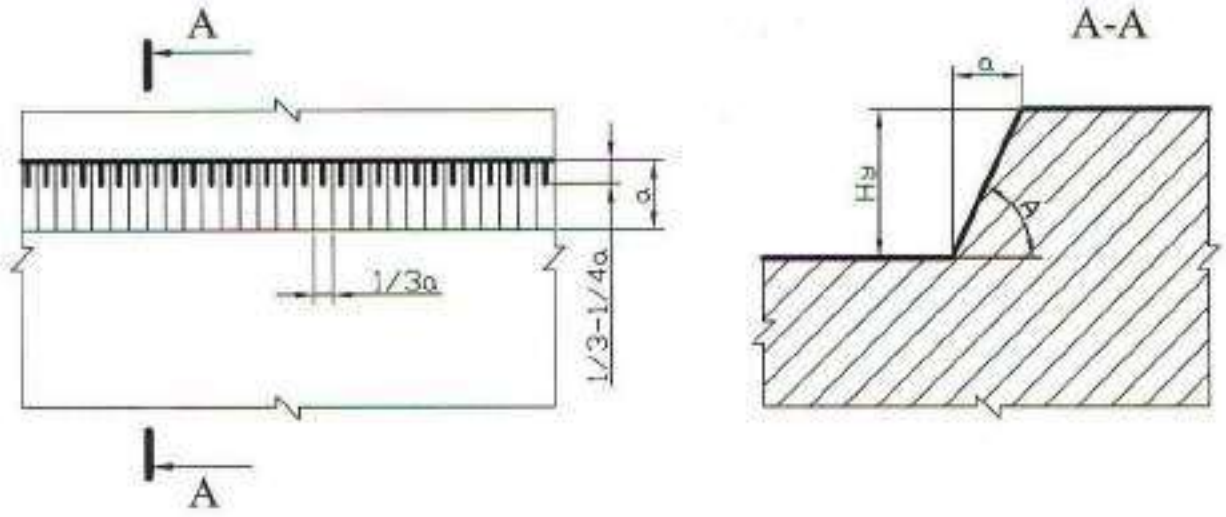


Рис. 1.3. Условные изображения горного оборудования

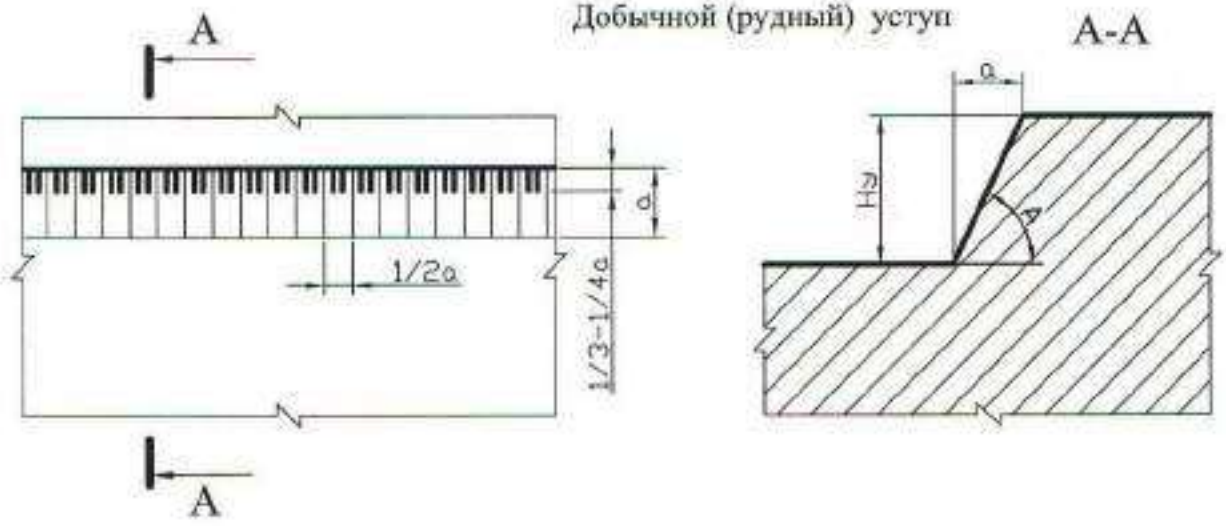
Наименование элемента	Обозначение элемента
Горизонтальное проложение породного уступа в целике	
Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного в целике	
Горизонтальное проложение породного уступа, пройденного по разрыхленной горной массе	
Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного по разрыхленной горной массе	
Бергштрихи проводят перпендикулярно линии горизонта	

Рис. 1.4. Условные обозначения откосов открытых горных выработок

Вскрышной уступ



Добычной (рудный) уступ



Смешанный (сложный) уступ

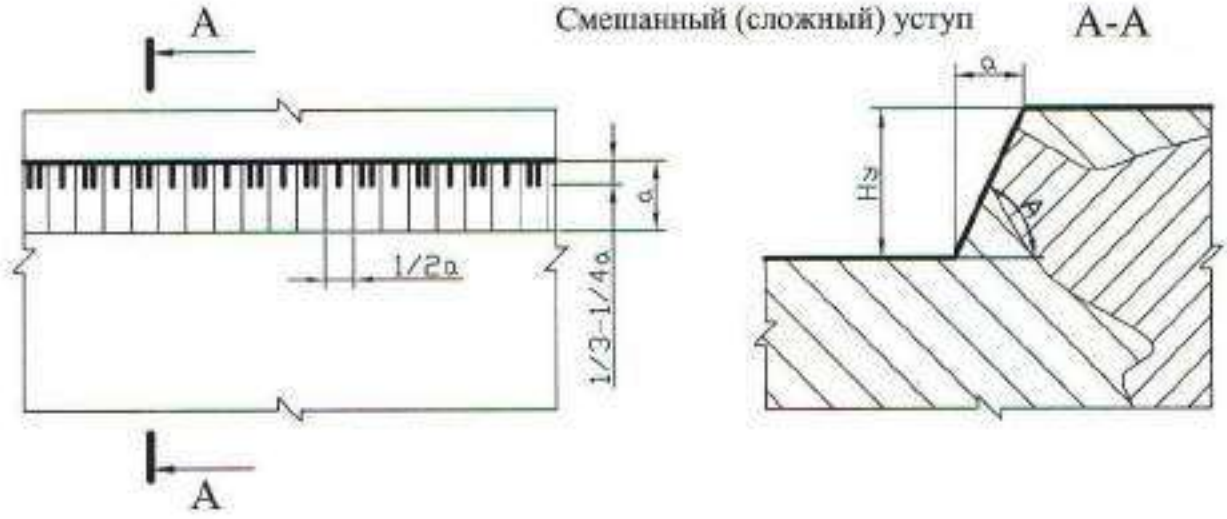


Рис. 1.5. Изображение уступов в целике

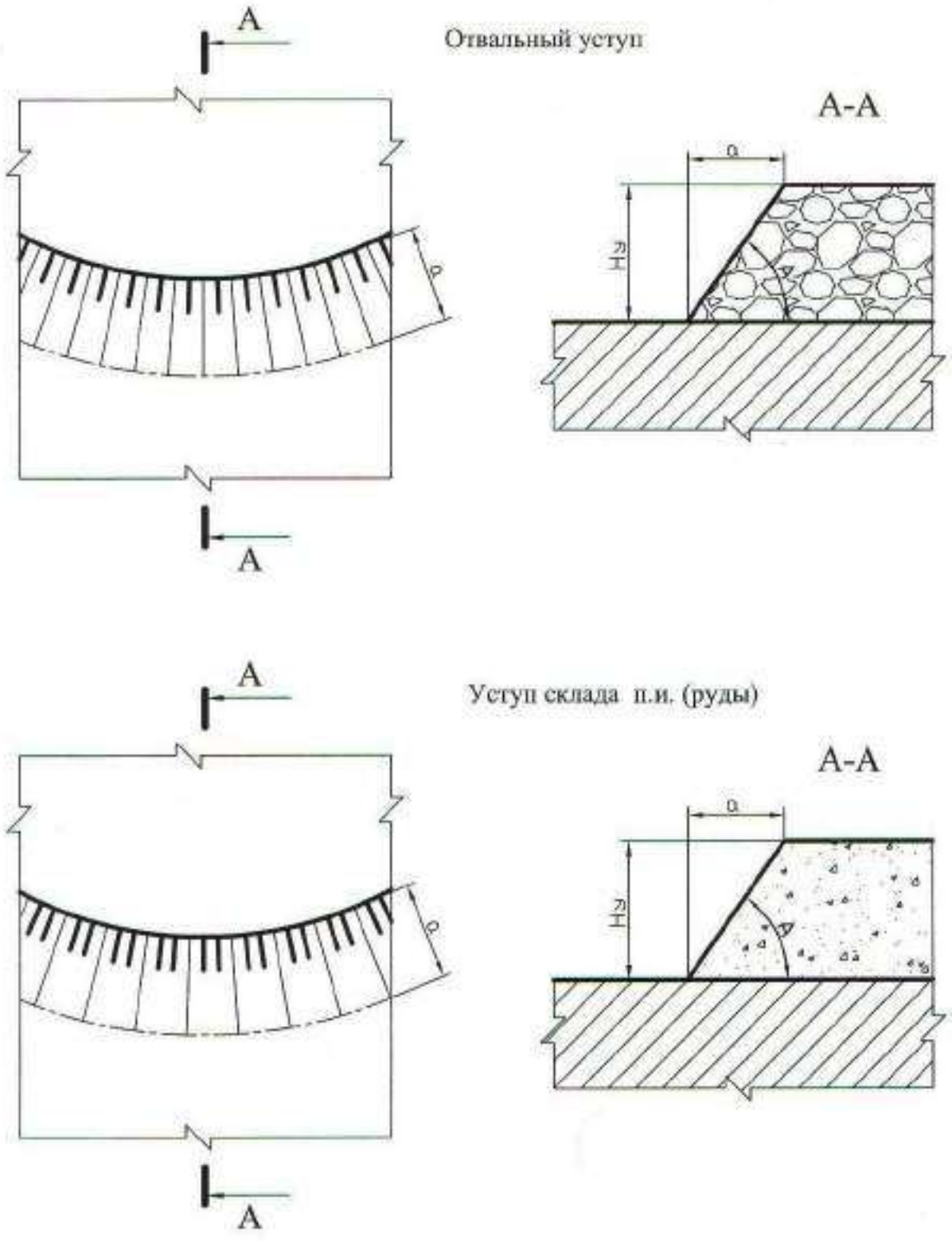
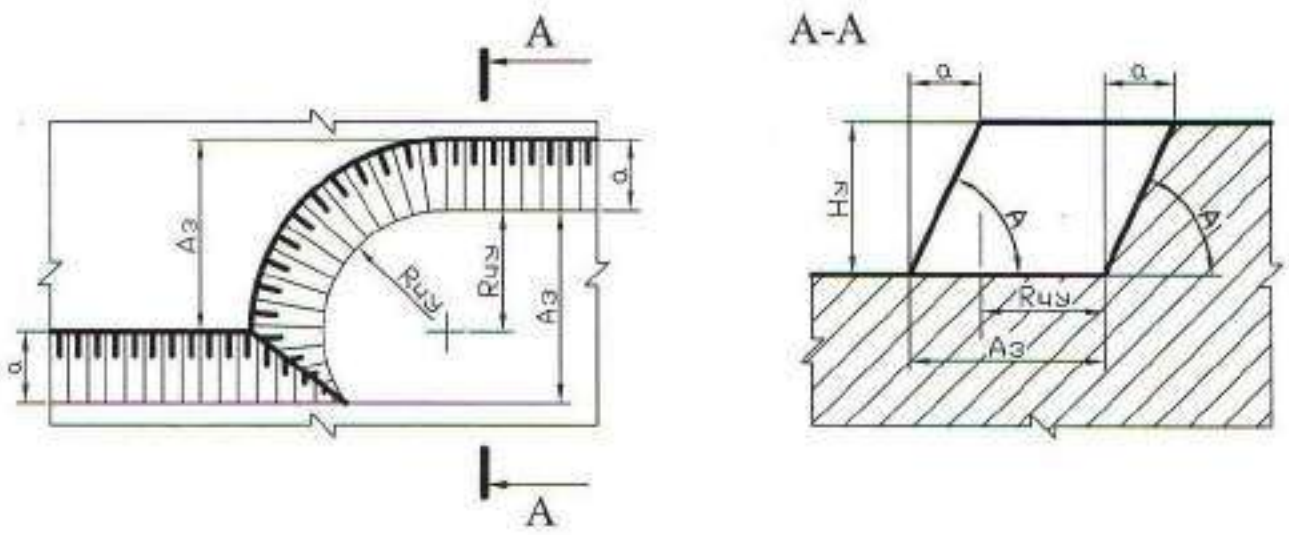
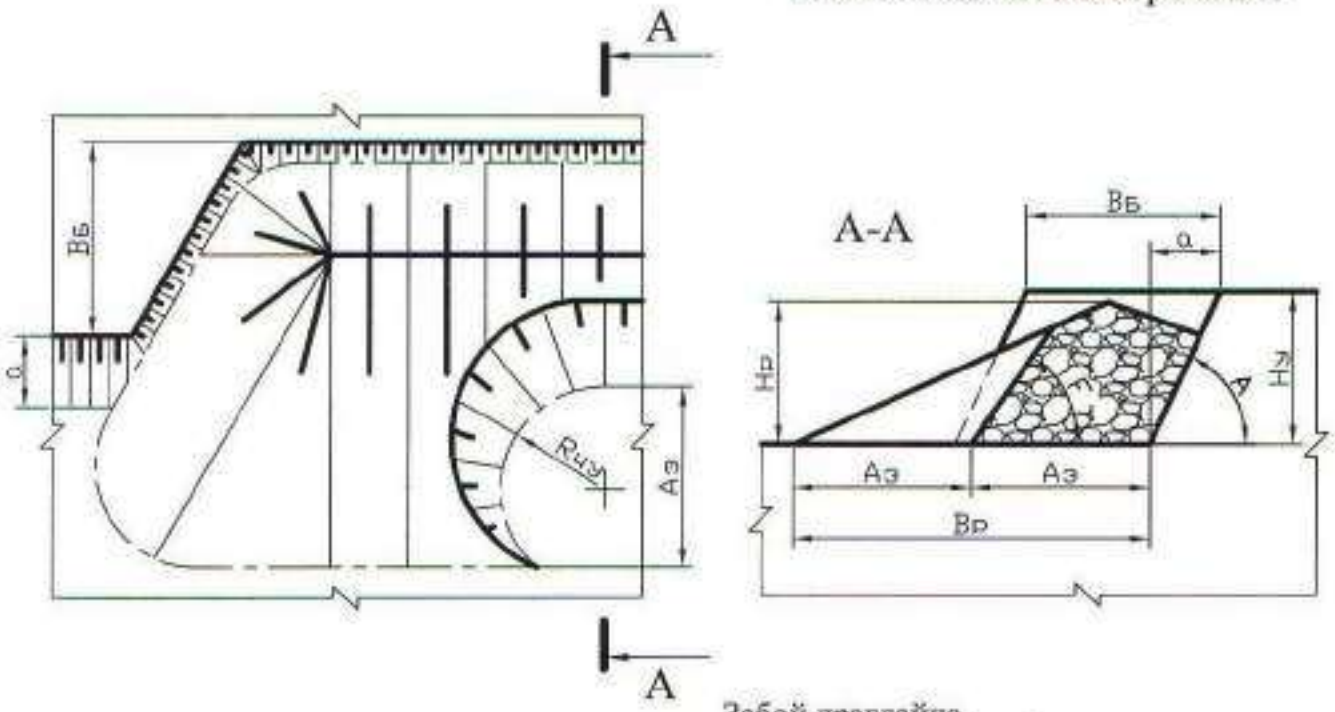


Рис. 1.6. Изображение уступов в искусственно разрыхленных горных породах

Забой мехлопаты в массиве



Забой мехлопаты в развале



Забой драглайна

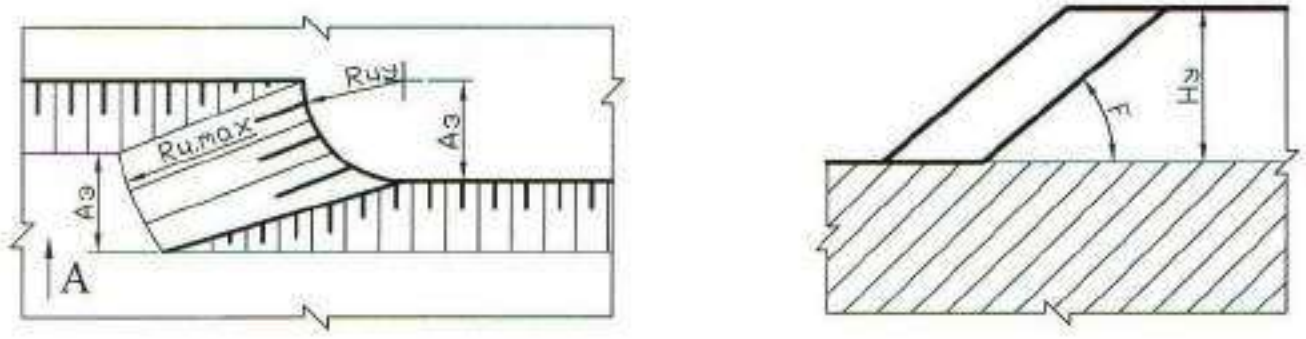


Рис. 1.7. Изображение забоев одноковшовых экскаваторов

Забой роторного экскаватора

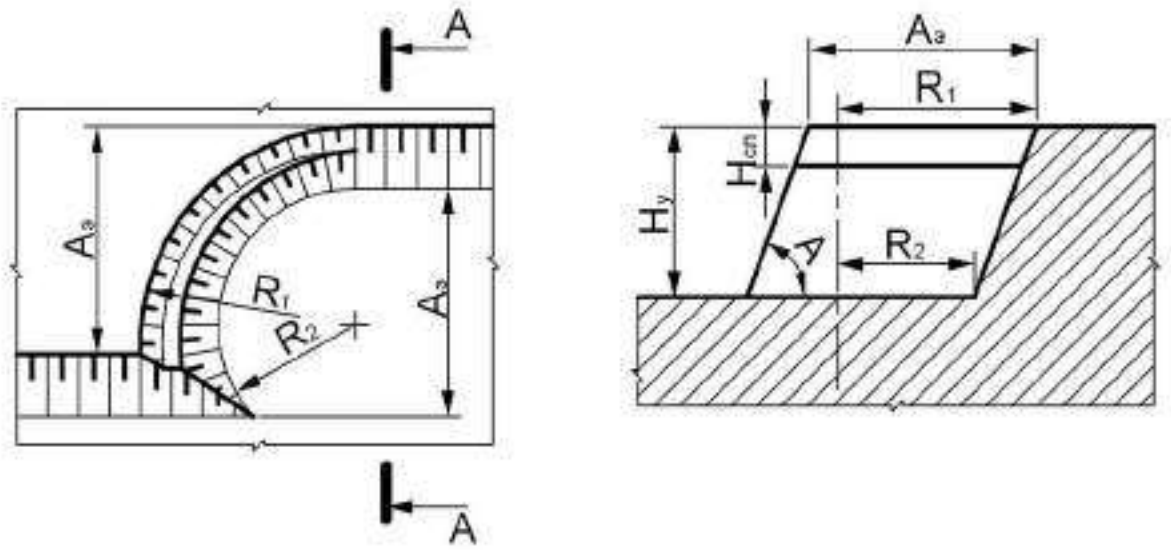


Рис. 1.8. Изображение забоя роторного экскаватора

Забой бульдозера

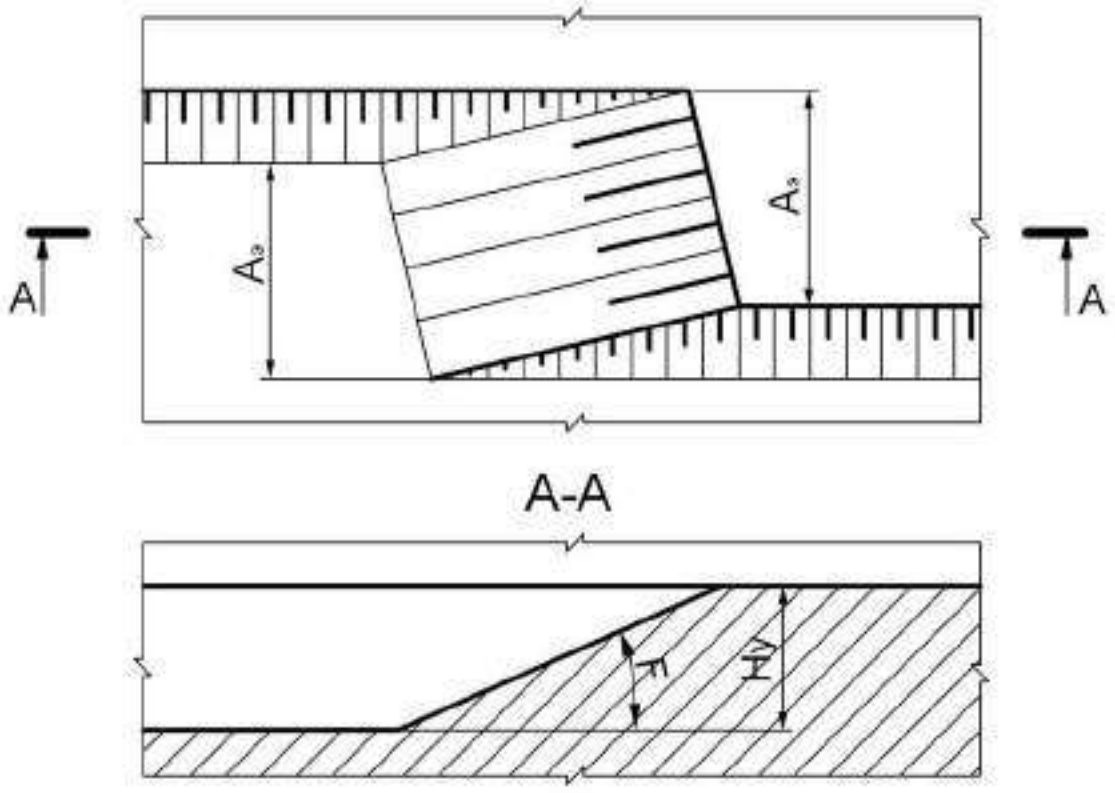


Рис. 1.9. Изображение бульдозерного забоя

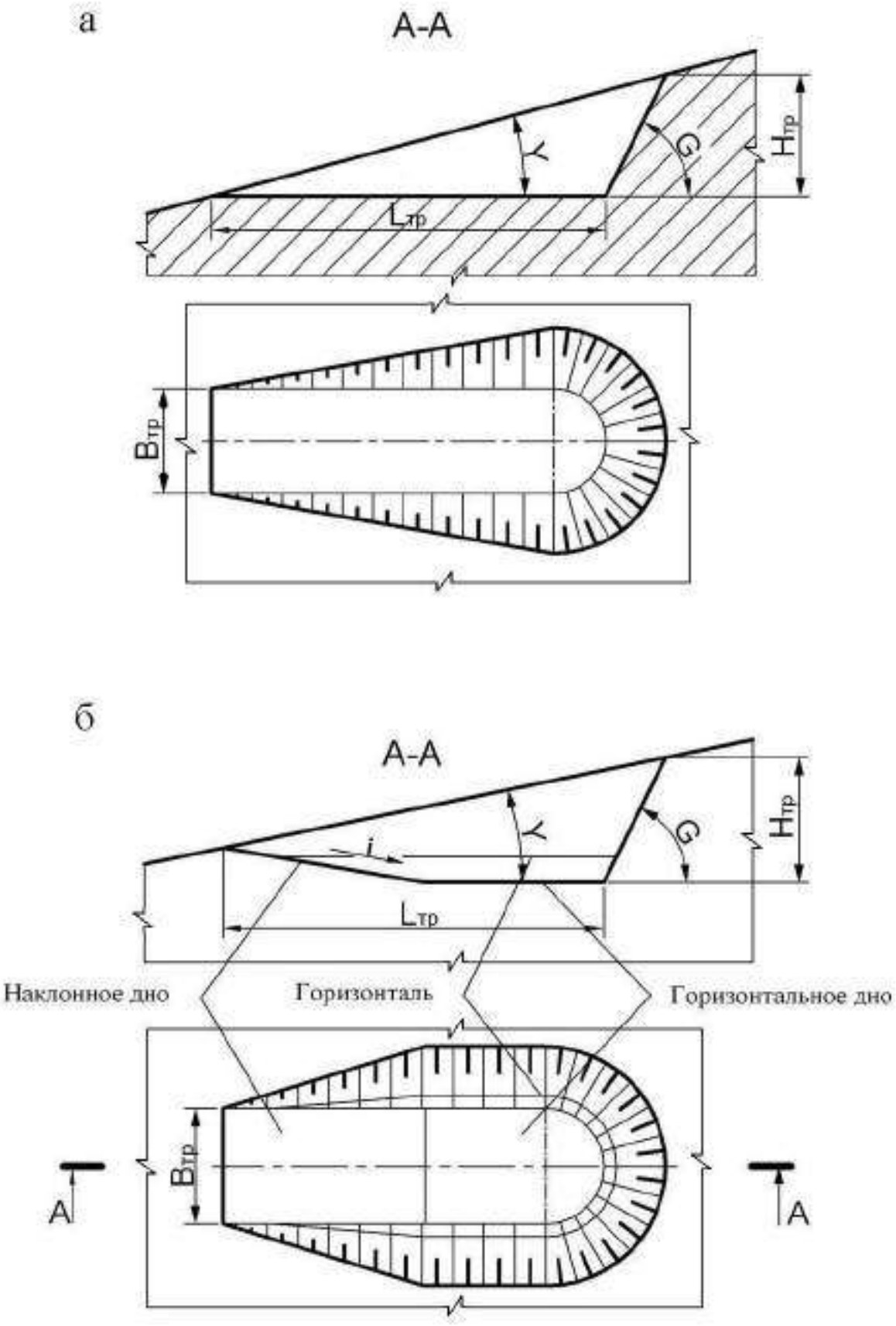


Рис. 1.10. Траншея на косогоре:
а – траншея с горизонтальным дном;
б – траншея с наклонным и горизонтальным дном

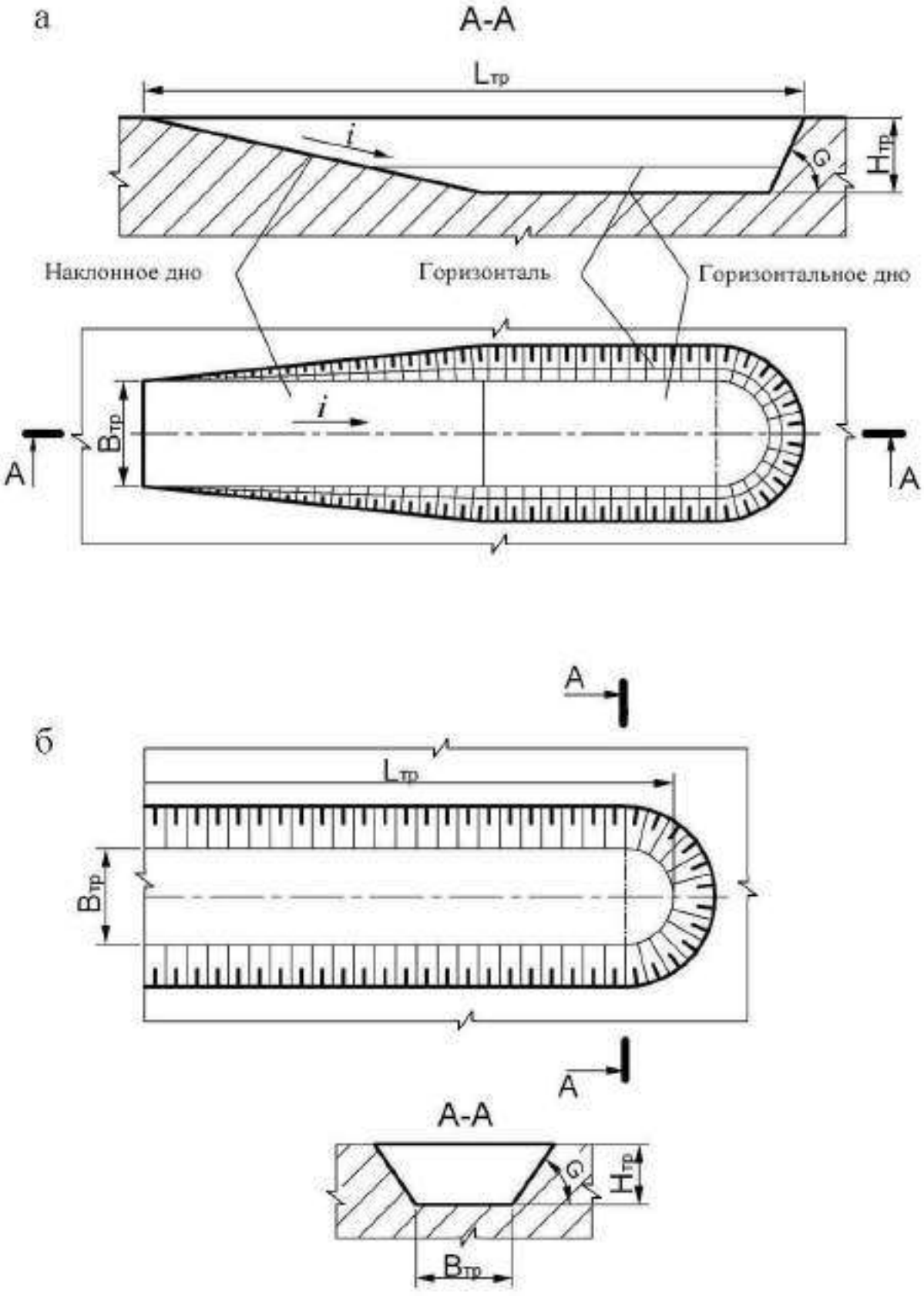
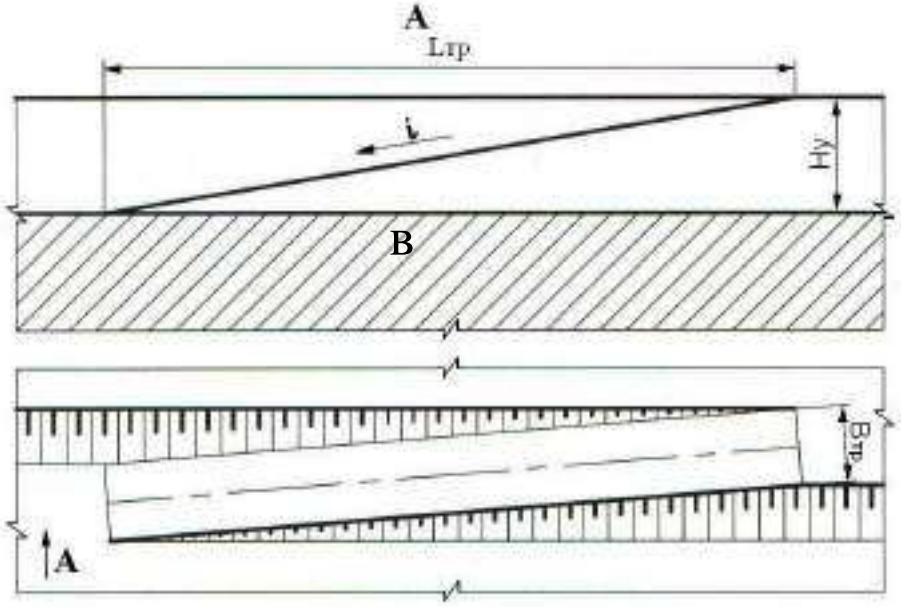
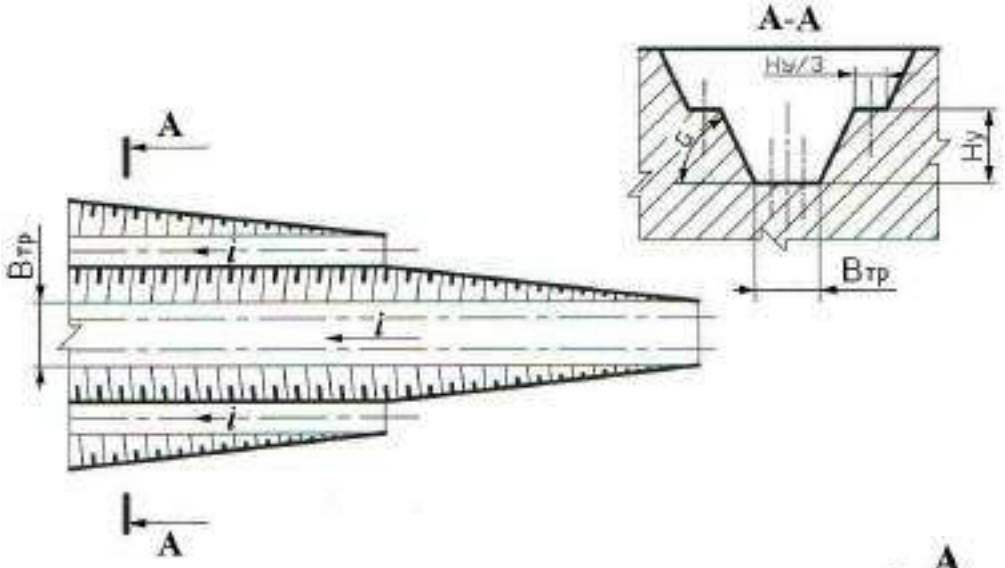


Рис. 1.11. Горизонтальные траншеи в равнинной местности:
а – траншея с горизонтальным и наклонным дном;
б – траншея с горизонтальным дном

а



б



в

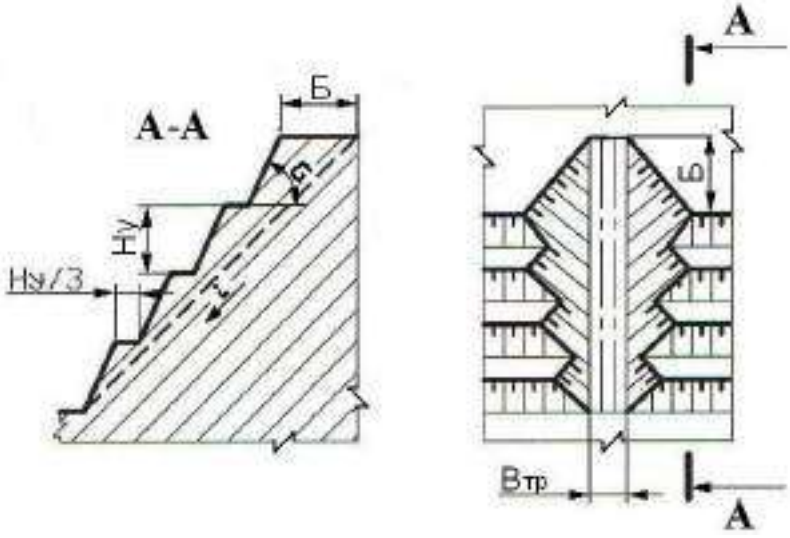


Рис. 1.12. Наклонные траншеи
а – внутренняя полутраншея (съезд); *б* – траншея групповая;
в – траншея крутонаклонная

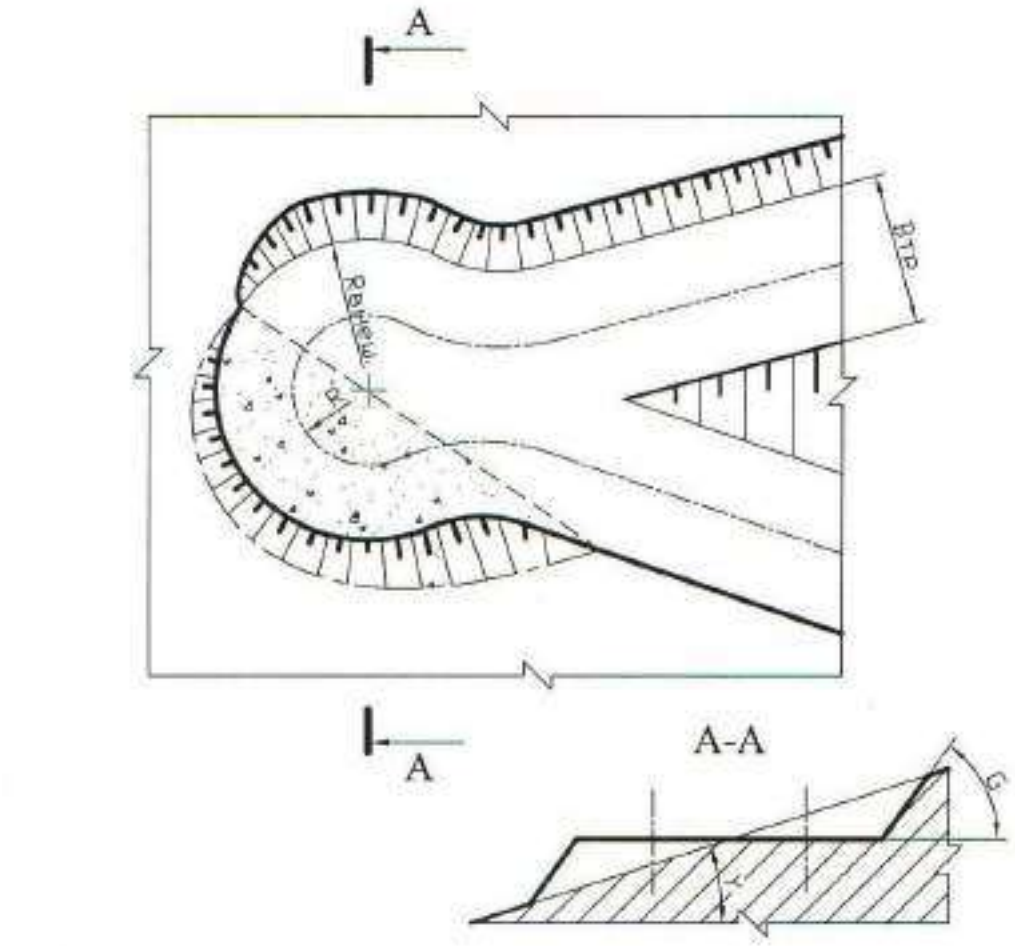


Рис. 1.13. Серпантина на косогоре

Контрольные вопросы к практической работе № 1

1. 1: 5; 2:3; 1:3; 1:20; 1:30; 1:500; 1:70000; 1:25; 1:25000 – какой из этих масштабов не применяется?
2. Во сколько раз основная линия толще вспомогательной?
3. Когда применяется штрихпунктирная линия?
4. Когда применяется основная линия?
5. Когда применяется сплошная вспомогательная линия?
6. Как должны располагаться берг-штрихи при изображении горизонтальных проложений откосов?
7. От каких параметров уступа зависит ширина горизонтального проложения?

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА КАПИТАЛЬНОЙ ТРАНШЕИ

Цель работы – изучить методику определения объема капитальной траншеи.

2.1. Задачи работы

2.1.1. Ознакомиться с методикой определения объема капитальных траншей.

2.1.2. Выполнить расчет объема капитальной траншеи по исходным данным.

2.1.3. Исследовать зависимость объема капитальной траншеи от определяющих факторов.

21.4. Выполнить графическое изображение плана и элементов капитальной траншеи.

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. По учебнику [1, с. 192 - 198] ознакомиться с конструкцией капитальных траншей и методикой определения их объема.

2.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 2. По данным заданного варианта выполнить расчет объема капитальной траншеи.

Объем простой капитальной траншеи можно представить как сумму объема полупризмы V_1 и объемов двух пирамид [1, рис. 10.3, с. 196].

$$V_{\text{т}} = V_1 + 2V_2, \qquad (2.1)$$

где $V_{\text{т}}$ – объем капитальной траншеи, м^3;

V_1 – объем полупризмы, м^3;

V_2 – объем пирамиды, м^3.

Объем породы в торце траншеи, заключенный в призме V_3 и двух пирамидах V_3 и V_4, незначителен и обычно в расчетах не учитывается.

Объем полупризмы V_1 (м^3) определяется

$$V_1 = \frac{b_т h_т^2}{2i}, \tag{2.2}$$

где $b_т$ – ширина основания траншеи, м;

$h_т$ – глубина траншеи, м;

i – уклон траншеи, ед.

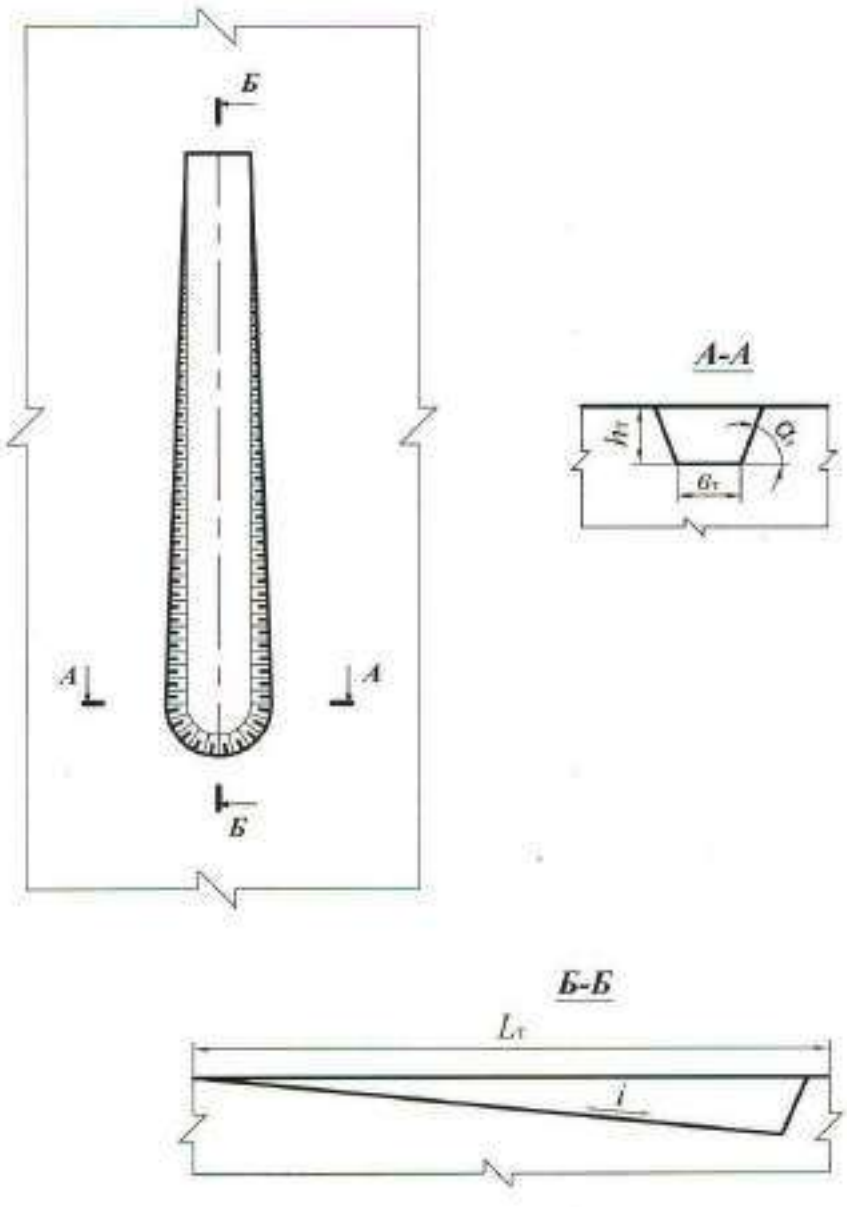


Рис. 2.1. Схема к расчету объема капитальной траншеи

Объем пирамиды V_2, (м^3) определяется

$$V_2 = \frac{h_т^3}{6i \operatorname{tg} \alpha_т}, \tag{2.3}$$

где $\alpha_т$ – угол откоса борта траншеи, град.

После преобразования формулы (2.1) с учетом (2.2) и (2.3) объем траншеи

$$V_т = \frac{h_т^2}{i}\left(\frac{b_т}{2} + \frac{h_т}{3 \operatorname{tg} \alpha_т}\right). \tag{2.4}$$

2.2.3. Исследовать зависимость объема капитальной траншеи от одного из определяющих факторов ($h_т$, $b_т$, i, $\alpha_т$) согласно заданию (прил. 2). Начертить график зависимости.

2.2.4. Вычертить графическое изображение плана и элементов капитальной траншеи в выбранном масштабе (аналогично рис. 2.1 и рис. 10.3 [1, с. 196].

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты и их результаты, а также чертежи на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 2

1. Дайте определение траншеи.
2. Перечислите виды траншей по назначению.
3. Перечислите виды вскрывающих траншей.
4. Перечислите элементы траншеи.
5. Перечислите параметры разрезной траншеи.
6. Перечислите параметры вскрывающей траншеи
7. От каких факторов зависит ширина дна разрезной и вскрывающей траншеи? В каких пределах она изменяется?
8. Что такое уклон траншеи? От каких факторов он зависит и в каких пределах изменяется?
9. Перечислите способы проходки траншеи.
10. Какие сооружения располагаются во вскрывающей траншее?

Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА, РАЗМЕРОВ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И СРОКА СЛУЖБЫ КАРЬЕРА, ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО И КОЭФФИЦИЕНТА ВСКРЫШИ

Цель работы – овладеть навыками простейших расчетов объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициента вскрыши, производительности и срока службы карьера.

3.1. Задачи работы

3.1.1. Ознакомиться с методикой расчета объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

3.1.2. Выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши по исходным данным.

3.1.3. Исследовать зависимость объема карьера от его глубины.

3.1.4. Выполнить простейшее графическое изображение плана и элементов объема карьера.

2.2. Порядок выполнения работы

3.2.1. По учебнику [1, с. 28 - 29; с. 316 - 317] ознакомиться с методикой расчета объема карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

3.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 3. По данным заданного варианта выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

При равнинном рельефе поверхности и наклонном или крутом падении залежи объем карьера может быть определен как сумма отдельных геометрических фигур (рис. 3.1)

$$V_{\text{к}} = V_1 + V_2 + V_3, \qquad (3.1)$$

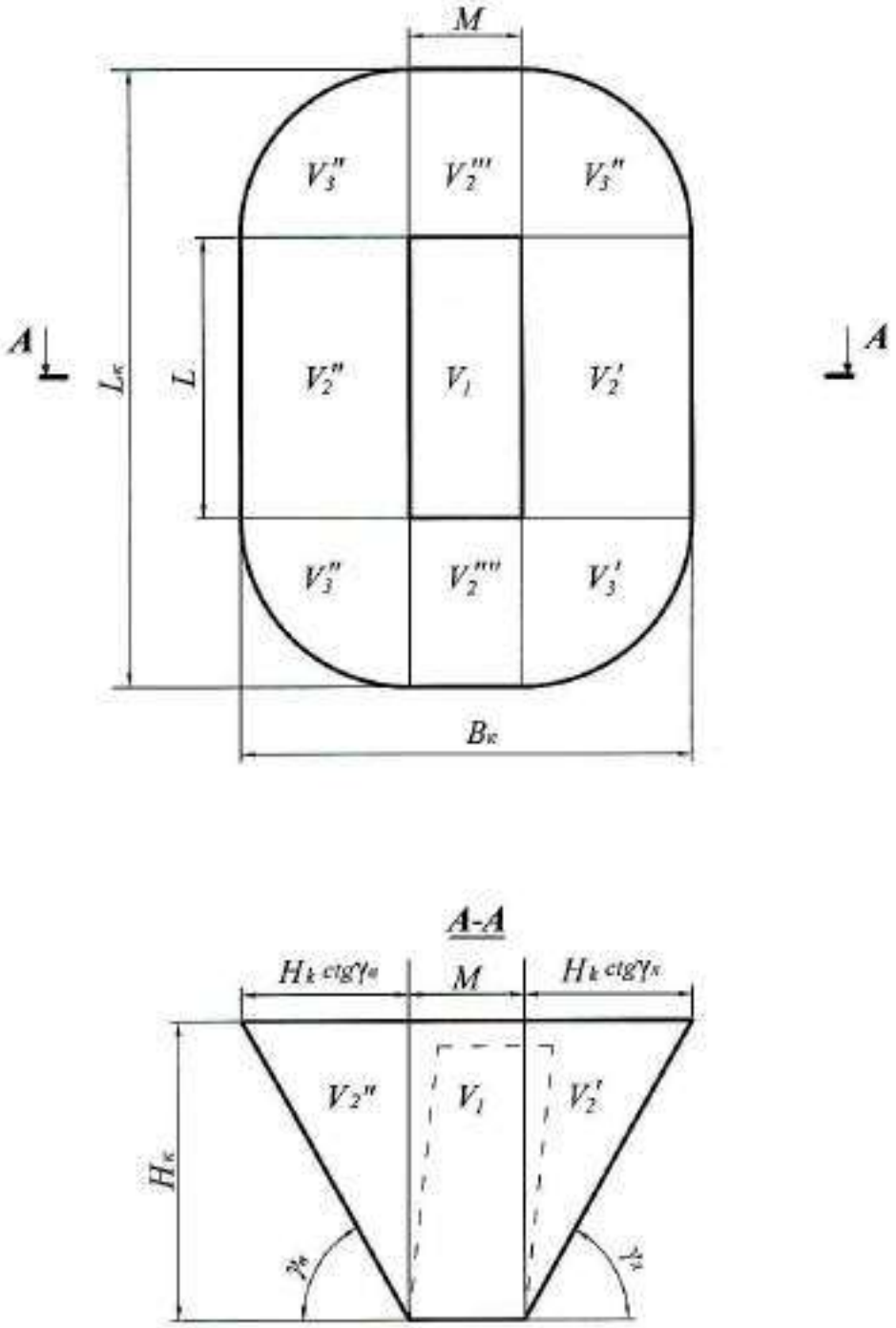


Рис. 3.1. Схема к расчету объема карьера

где $V_к$ – объем карьера, м^3;

V_1 – объем призмы с основанием $S = LM$, м^3;

S – площадь дна карьера, м^2;

L – длина залежи по простиранию, м;

M – горизонтальная мощность залежи, м.

$$V_1 = LMH_к, \tag{3.2}$$

где $H_к$ – глубина карьера, м;

V_2 – суммарный объем призм треугольного сечения, прилегающих с четырех сторон к объему V_1 (V_2' и V_2'' – вдоль длинных сторон карьера; V_2''' и V_2'''' – вдоль коротких сторон у торцов карьера), м^3;

$$V_2 = \frac{1}{2} PH^2{}_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}, \tag{3.3}$$

где P – периметр залежи (дна карьера), $P = 2(L + M)$ м;

V_3 – суммарный объем отдельных частей расчлененного конуса, располагающихся в угловых участках карьера (V_3', V_3'', V_3''' и V_3''''), м^3,

$$V_3 = \frac{\pi}{3} H_к^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}, \tag{3.4}$$

где $\gamma_{ср}$ – усредненный угол откоса нерабочих бортов карьера, град.

$$\gamma_{ср} = \frac{\gamma_в + \gamma_л}{2},$$

где $\gamma_в$ – угол откоса висячего нерабочего борта карьера, град;

$\gamma_л$ – угол откоса лежачего нерабочего борта карьера, град. (см. рис. 3.1).

Суммарный объем карьера, таким образом, определяется по формуле:

$$V_к = SH_к + \frac{1}{2} PH_к^2 \operatorname{ctg} \gamma_{ср} + \frac{\pi}{3} H_к^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}, \tag{3.5}$$

Длина карьера по верху ($L_к$, м)

$$L_к = L + 2H_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}. \tag{3.6}$$

Ширина карьера по верху ($B_к$, м)

$$B_к = M + 2H_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}. \tag{3.7}$$

Объем полезного ископаемого в контурах карьера ($V_{\text{п.и}}$, м^3)

$$V_{\text{п.и}} = S(H_{\text{к}} - h_{\text{н}}), \tag{3.8}$$

где $h_{\text{н}}$ – мощность наносов, м.

Промышленные (т. е. извлекаемые из недр) запасы полезного ископаемого в контурах карьера ($Q_{\text{п.и}}$, т)

$$Q_{\text{п.и}} = V_{\text{п.и}} \rho_{\text{п.и}} \eta_{\text{и}}, \tag{3.9}$$

где $\rho_{\text{п.и}}$ – объемная масса полезного ископаемого, т/м^3;

$\eta_{\text{и}}$ – коэффициент извлечения, учитывающий потери полезного ископаемого при разработке.

Объем породы в контурах карьера ($V_{\text{п}}$, м^3)

$$V_{\text{п}} = V_{\text{к}} - V_{\text{п.и}}. \tag{3.10}$$

Величина среднего коэффициента вскрыши (объем вынимаемой пустой породы, приходящийся на единицу добываемого полезного ископаемого) $k_{\text{ср}}$, м^3/т

$$k_{\text{ср}} = V_{\text{п}} / Q_{\text{п.и}}. \tag{3.11}$$

Производительность карьера по вскрыше ($П_{\text{в}}$, м^3/год) приблизительно устанавливается по среднему коэффициенту вскрыши

$$П_{\text{в}} = П_{\text{п.и}} k_{\text{ср}} k_{\text{н}}, \tag{3.12}$$

где $П_{\text{п.и}}$ – производительность карьера по полезному ископаемому, т/год (прил. 3);

$k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности распределения вскрыши по годам ($k_{\text{н}}$ = 1,1÷1,3).

Производительность карьера по горной массе ($П_{\text{г.м}}$, м^3/год)

$$П_{\text{г.м}} = П_{\text{п.и}} \frac{1}{\rho_{\text{п.и}}} + П_{\text{в}}. \tag{3.13}$$

Суточная производительность карьера по полезному ископаемому ($П^{\text{с}}_{\text{п.и}}$, т/сут)

$$П^{с}_{п.и} = \frac{П_{п.и}}{T_{г}}, \qquad (3.14)$$

где $T_{г}$ – число рабочих дней карьера в год ($T_{г}$ = 350 дней).

Суточная производительность карьера по вскрыше ($П^{с}_{в}$, м^3/сут)

$$П^{с}_{в} = \frac{П_{в}}{T_{г}}. \qquad (3.15)$$

Сменная производительность карьера по добыче и вскрыше ($П^{см}_{п.и}$, т/смену; $П^{см}_{в}$, м^3/смену)

$$П^{см}_{пи} = \frac{П^{с}_{пи}}{n_{см}}, \qquad П^{см}_{в} = \frac{П^{с}_{в}}{n_{см}} \qquad (3.16)$$

где $n_{см}$ – число смен работы карьера в сутках (обычно 2-3 смены).

Срок службы карьера ($T_{сл}$, лет)

$$T_{сл} = T_{ос} + T_{э} + T_{з}, \qquad (3.17)$$

где $T_{ос} + T_{з}$ – время на освоение и затухание мощности карьера по добыче (принимается 1,5 года);

$T_{э}$ – расчетный срок эксплуатации карьера, лет.

$$T_{э} = \frac{Q_{п.и}}{П_{п.и}}. \qquad (3.18)$$

3.2.3. Исследовать зависимость объема карьера от его глубины: построить график этой функции.

3.2.4. На миллиметровой бумаге вычертить карьер в выбранном масштабе в соответствии с заданными и полученными расчетными размерами (аналогично рис. 3.1).

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты и их результаты, а также чертеж карьера на миллиметровой бумаге и график зависимости $V_{к} = f(H_{к})$.

Контрольные вопросы к практической работе № 3

1. Перечислите размеры карьера. От чего они зависят?
2. Как различают производительность карьера (производительность по полезному ископаемому…)? В каких единицах она измеряется?
3. Что нужно знать для расчета годовой производительности карьера по горной массе?
4. Дайте классификацию запасов полезных ископаемых.
5. Дайте классификацию потерь полезного ископаемого.
6. Дайте определение коэффициента вскрыши. Как различаются коэффициенты вскрыши и в каких единицах они измеряются?

Практическая работа № 4

РАСЧЕТ ЗАРЯДА ОДИНОЧНОЙ СКВАЖИНЫ

Цель работы – изучить параметры и освоить принципы расчета скважинных зарядов.

4.1. Задачи работы

4.1.1. Изучить конструкции скважинных зарядов, параметры скважин, и их расположения на уступе.

4.1.2. Выполнить расчеты величины заряда одиночной скважины.

4.2. Порядок выполнения работы

4.2.1. По учебнику [1, с. 72 - 74] ознакомиться с параметрами скважин, и их расположения на уступе, конструкцией зарядов.

4.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 4. По данным заданного варианта выполнить расчет заряда одиночной скважины и параметров расположения скважин на уступе при однорядном расположении скважин.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

4.2.2.1. По заданному диаметру шарошечного долота (прил. 4) определяется диаметр взрывных скважин ($d_{\text{с}}$, мм)

$$d_{\text{с}} = d_{\text{д}} k_{\text{разб}}, \tag{4.1}$$

где $d_{\text{д}}$ – диаметр долота, мм;

$k_{\text{разб}}$ – коэффициент разбуривания, принимаемый в зависимости от крепости пород (прил. 5).

4.2.2.2. Определяется длина перебура ($l_{\text{пер}}$, м)

$$l_{\text{пер}} = 11 d_{\text{с}}, \tag{4.2}$$

где $d_{\text{с}}$ – диаметр скважины, м.

4.2.2.3. Определяется длина скважины ($l_{\text{с}}$, м)

$$l_{\text{с}} = H_{\text{у}} + l_{\text{пер}}, \tag{4.3}$$

где $H_{\text{у}}$ – высота уступа, м.

4.2.2.4. Принимается (задается) тип взрывчатого вещества (ВВ) (прил. 4) и конструкция скважины (заряда) – сплошной вертикальный заряд (рис. 4.1).

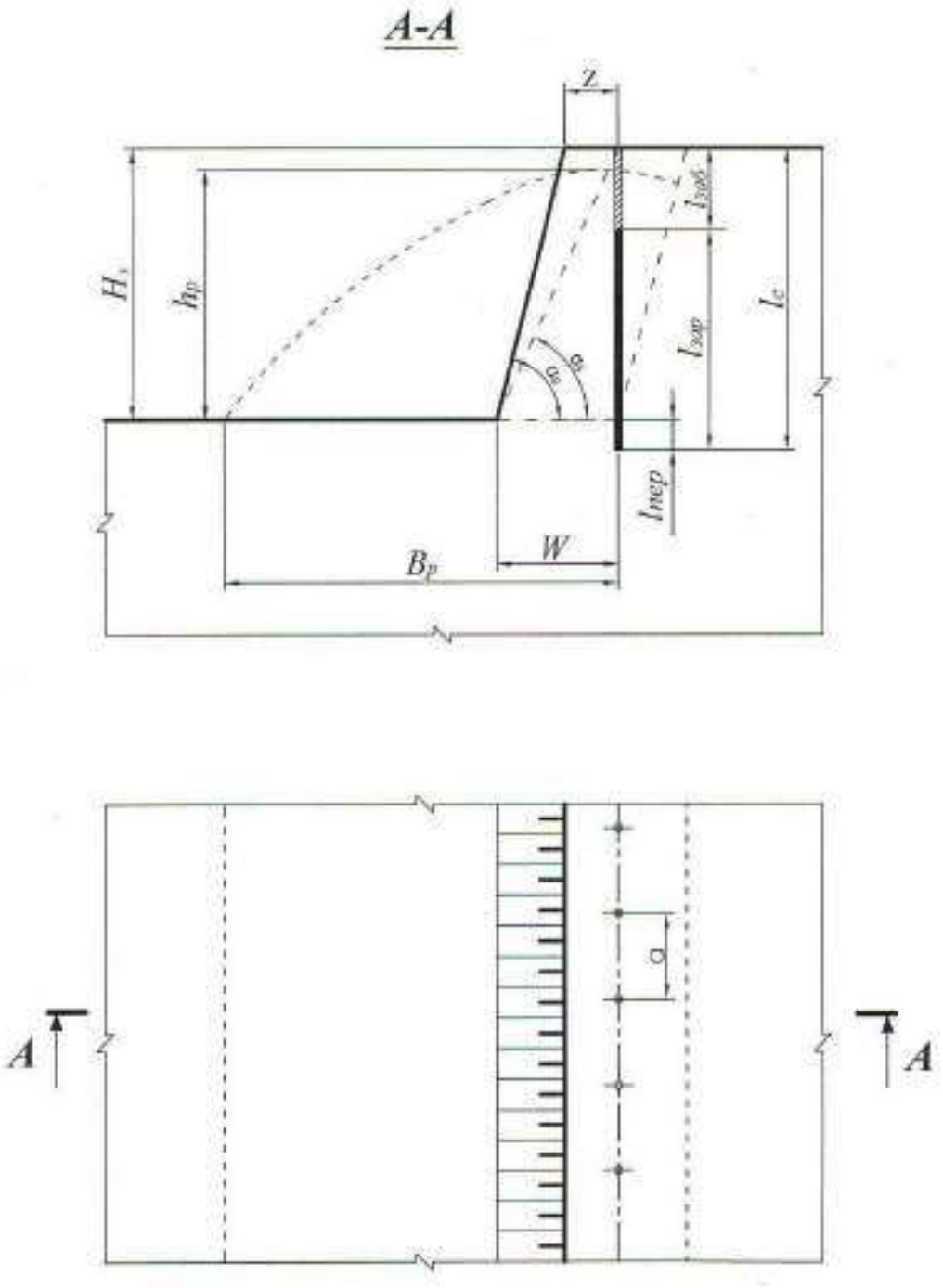


Рис. 4.1. Расположение скважин на уступе

4.2.2.5. Определяется длина забойки ($l_{заб}$, м)

$$l_{заб} = 0{,}27 l_с, \tag{4.4}$$

где $l_с$ – длина скважины, м.

4.2.2.6. Определяется длина заряда взрывчатого вещества (ВВ) в скважине ($l_{зар}$, м)

$$l_{зар} = l_{с} - l_{заб}. \quad (4.5)$$

4.2.2.7. Определяется удельная вместимость скважины (p, кг/м)

$$p = 7{,}85 d_{с}^{2} \Delta, \quad (4.6)$$

где $d_{с}$ – диаметр скважины, дм;

Δ – плотность заряда в скважине, кг/дм^3 (см. прил. 4).

4.2.2.8. Исходя из заданных удельного расхода эталонного ВВ (q', кг/м^3) и коэффициента, учитывающего тип ВВ ($k_{ВВ}$) (см. прил. 4), вычисляется удельный расход принятого ВВ ($q_{п}$, кг/м^3)

$$q_{п} = q' k_{ВВ}. \quad (4.7)$$

4.2.2.9. Определяется величина преодолеваемой линии сопротивления по подошве (W, м)

$$W = 0{,}9 \sqrt{\frac{p}{q_{п}}}. \quad (4.8)$$

4.2.2.10. Выполняется проверка величины линии сопротивления по подошве по условию:

$$W \geq W_{min}, \quad (4.9)$$

$$W_{min} = H_{у} \operatorname{ctg} \alpha_{р} + Z, \quad (4.10)$$

где $\alpha_{р}$ – угол откоса рабочего уступа, град (прил. 4);

Z – расстояние от верхней бровки уступа до скважины первого ряда, м.

$$Z = H_{у}\left(\operatorname{ctg} \alpha_{у} - \operatorname{ctg} \alpha_{р}\right) \geq 2,$$

где $\alpha_{у}$ – угол устойчивого откоса уступа, град ($\alpha_{у}$ на 5-10° меньше $\alpha_{р}$);

$H_{у}\left(\operatorname{ctg} \alpha_{у} - \operatorname{ctg} \alpha_{р}\right)$ – ширина призмы возможного обрушения уступа, м.

Если $W < W_{min}$, то, по согласованию с руководителем, увеличивается диаметр скважины до ближайшего стандартного и соответственно по формуле (4.6) увеличивается величина p, по формуле (4.8) увеличивается W и снова проверка по формуле (4.9).

4.2.2.11. Выполняется проверка $l_{пер}$ по условию

$$l_{\text{пер}} \le 0{,}3W. \tag{4.11}$$

Если $l_{\text{пер}} > 0{,}3W$, то принимается $l_{\text{пер}} = 0{,}3W$ и производится перерасчет величин $l_{\text{с}}$, $l_{\text{заб}}$ и $l_{\text{зар}}$.

4.2.2.12. Определяется масса заряда в скважине ($Q_{\text{З}}$, кг)

$$Q_{\text{З}} = pl_{\text{зар}}. \tag{4.12}$$

4.2.2.13. Определяется расстояние между скважинами в ряду (a, м)

$$a = \frac{Q_{\text{З}}}{q_{\text{п}} H_{\text{у}} W}. \tag{4.13}$$

4.2.2.14. Выполняется проверка величины a по допустимому коэффициенту сближения скважин m

$$m = a/W. \tag{4.14}$$

На практике коэффициент сближения скважин составляет: $m = 0{,}8 \div 1{,}4$.

При расчетном значении m, отличающемся от рекомендуемого, необходимая величина его достигается путем изменения величины заряда в скважине $Q_{\text{З}}$ и соответствующего изменения расстояния между скважинами в ряду. При этом необходимо пересчитать длину заряда $l_{\text{зар}} = \dfrac{Q_{\text{З}}}{p}$ и длину забойки $l_{\text{заб}} = l_{\text{с}} - l_{\text{зар}}$.

4.2.2.15. Определяется ширина развала ($B_{\text{р}}$, м)

$$B_{\text{р}} \approx k_{\text{З}} k_{\text{в}} \sqrt{q_{\text{п}}} H_{\text{у}}, \tag{4.15}$$

где $k_{\text{в}}$ – коэффициент, характеризующий взрываемость породы (для средневзрываемых пород $k_{\text{в}} = 2{,}5 \div 3{,}0$);

$k_{\text{з}}$ – коэффициент дальности отброса породы, зависящий от принятого интервала замедления между отдельными скважинами (прил. 6);

Интервал замедления (τ, мс)

$$\tau = kW, \tag{4.16}$$

где k – коэффициент, зависящий от взрываемости пород (для средневзрываемых пород k = 3,0 ÷4,0).

4.2.2.16. Определяется высота развала ($h_р$, м)

$$h_р \approx \frac{2H_у W k_р}{B_р}, \qquad (4.17)$$

где $k_р$ – коэффициент разрыхления пород после взрыва (в развале).

При взрывании пород на дробление с однорядным расположением скважин развал имеет форму, близкую к треугольной. При этом $k_р$ = 1,4 ÷ 1,6.

4.2.2.17. Определяется выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины ($q_{г.м}$, м^3/м)

$$q_{г.м} = \frac{H_у a W}{l_с}. \qquad (4.18)$$

4.2.3. На миллиметровой бумаге вычертить буровую заходку (план и разрез), взрывные скважины и развал породы (на разрезе) с указанием всех необходимых размеров (см. рис. 4.1).

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты, а также чертеж буровой заходки в выбранном масштабе.

Контрольные вопросы к практической работе № 4

1. Дайте определение скважинного заряда.
2. Перечислите параметры скважинного заряда.
3. Исходя из каких условий принимается (задается) тип ВВ?
4. Что такое линия сопротивления по подошве (W)? В чем ее геометрический и физический смысл?
5. Каким условием определяется минимально допустимая линия сопротивления по подошве (W_{min})?
6. Каким параметром определяется положение первого ряда скважин?
7. Какими параметрами характеризуется сетка скважин?
8. Что такое «удельная вместимость скважины»? В каких единицах она измеряется? Выведите формулу для определения удельной вместимости скважины.

9. По какой формуле определяется выход горной массы с одного погонного метра скважины?
10. Какими факторами определяется ширина развала взорванной горной массы?
11. Каким показателем определяется отношение площади поперечного сечения развала взорванной горной массы к площади поперечного сечения буровой (взрывной) заходки? В каких пределах он изменяется?

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВОГО СТАНКА

Цель работы – изучить методику определения производительности буровых станков типа СБШ.

5.1. Задачи работы

5.1.1. Ознакомиться с технологией бурения взрывных скважин станками шарошечного бурения.

5.1.2. Выполнить расчет технической скорости бурения и производительности бурового станка.

5.1.3. Исследовать зависимость технической скорости бурения от показателя буримости горных пород.

5.2. Порядок выполнения работы

5.2.1. По учебнику [1, с. 49 - 50] ознакомиться с технологией, условиями и областью применения шарошечного бурения взрывных скважин на карьерах.

5.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 7. По данным заданного варианта выполнить расчет технической скорости бурения и сменной производительности бурового станка типа СБШ.

Техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч) скважин станками СБШ определяется по формуле

$$v_б = \frac{P_о n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \qquad (5.1)$$

где $P_о$ – осевое усилие, кН;

$n_в$ – частота вращения бурового става, мин$^{-1}$;

$П_б$ – показатель буримости пород;

$d_д$ – диаметр долота (коронки), см.

Сменная производительность бурового станка ($A_{б}^{см}$, м/смену) рассчитывается по формуле

$$A_{б}^{см} = \frac{T_{см} - (T_{п.з} + T_{р})}{v_{б}^{-1} + T_{в}}, \quad (5.2)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$T_{п.з}$ – затраты времени на подготовительно-заключительные операции в течение смены, ч/смену;

$T_{р}$ – затраты времени на ремонты в течение смены, ч/смену;

$T_{в}$ – затраты времени на вспомогательные операции при бурении в расчёте на 1 м скважины ч/м;

$v_{б}$ – техническая скорость бурения, м/ч.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

5.2.2.1. По заданным величинам $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, ρ определяется показатель буримости горных пород ($П_{б}$)

$$П_{б} = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\rho, \quad (5.3)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на сжатие, МПа;

$\sigma_{сд}$ – предел прочности породы на сдвиг, МПа;

ρ – плотность горных пород, т/м^3.

По показателю буримости ($П_{б}$) определяется класс горных пород:

I класс – легкобуримые породы ($П_{б}$ = 1÷5);

II класс – породы средней трудности бурения ($П_{б}$ = 5,1÷10);

III класс – труднобуримые породы ($П_{б}$ = 10,1÷15,0);

IV класс – весьма труднобуримые породы ($П_{б}$ = 15,1÷20,0);

V класс – исключительно труднобуримые породы ($П_{б}$ = 20,1÷25,0).

5.2.2.2. В зависимости от показателей буримости пород ($П_б$) и заданного диаметра долота ($d_д$) по графику (прил. 8) определяется частота вращения бурового става ($n_в$).

5.2.2.3. Рассчитывается осевое усилие ($P_о$, кН) по выражению

$$P_о \geq kП_б d_д, \tag{5.4}$$

где $d_д$ – диаметр долота, см;

k – коэффициент, зависящий от показателя буримости (прил. 9).

5.2.2.4. По формуле (5.1) рассчитывается техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч).

5.2.2.5. По заданным величинам $T_{см}$, $(T_{п.з}+T_р)$, $T_в$ и полученному значению $v_б$ рассчитывается сменная производительность станка ($A_б^{см}$, м/смену).

5.2.2.6. Определяется суточная производительность бурового станка ($A_б^с$, м/смену)

$$A_б^с = A_б^{см} n_{см}, \tag{5.5}$$

где $n_{см}$ – количество рабочих смен станка в сутки, смен/сут. ($n_{см} = 2 \div 3$).

5.2.2.7. Определяется годовая производительность станка ($A_б^г$, м/год)

$$A_б^г = A_б^с n_{р.д.с}, \tag{5.6}$$

где $n_{р.д.с}$ – число рабочих дней станка в году, дней/год (с учетом вычета времени: ремонтов, перемещений с участка на участок, остановок в работе по климатическим условиям и др.). Для станков СБШ $n_{р.д.с} = 230 \div 280$ дней/год.

5.2.2.8. Рассчитывается парк буровых станков.

Списочный парк станков ($N_{б.с}$, ед.)

$$N_{б.с} = \frac{V_{г.м}}{A_б^г q_{г.м}}, \tag{5.7}$$

где $V_{г.м}$ – годовой объем обуриваемой горной массы, м^3 (принимается $V_{г.м}$ = $= П_{г.м}$ по результатам выполнения практ. работы № 3);

$q_{г.м}$ – выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины, м^3/м (принимается по результатам выполнения практ. работы № 4).

Рабочий парк буровых станков ($N_{бр}$, ед.)

$$N_{бр} = \frac{N_{бс}}{k_{рез}}, \tag{5.8}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва буровых станков.

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_{р.д.с}}, \tag{5.9}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

5.2.3. Исследовать зависимость технической скорости бурения ($v_б$, м/ч) от показателя буримости горных пород ($П_б$).

Для этого произвести расчет $v_б$ для пяти значений $П_б$. За базовое значение принять $П_б$, полученное при выполнении п. 5.2.2.1. Для принятия четырех оставшихся значений $П_б$ принять шаг варьирования от базового $\Delta П_б$ = 0,5÷1,5. Два принятых значения $П_б$ должны превышать базовое, а два быть меньше его. Строится график $v_б = f(П_б)$.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты, а также график зависимости $v_б = f(П_б)$ на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 5

1. Перечислите основные элементы станков шарошечного бурения.
2. Как маркируются модели станков шарошечного бурения?
3. От каких свойств пород зависят показатели буримости и что характеризуют эти свойства? В каких единицах они измеряются?
4. От каких факторов зависит скорость бурения?
5. От каких факторов зависит величина требуемого осевого усилия?
6. Написать формулу часовой производительности бурового станка.
7. Как определяется списочный парк бурстанков?
8. Как определяется рабочий парк бурстанков?

Практическая работа № 6

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Цель работы – ознакомиться с технико-экономическими показателями и освоить методику расчета производительности одноковшовых экскаваторов.

6.1. Задачи работы

6.1.1. Ознакомиться с распределением рабочего времени, производительностью и технико-экономическими показателями одноковшовых экскаваторов.

6.1.2. Выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

6.1.3. Исследовать зависимость технической производительности экскаватора от угла поворота на разгрузку.

6.2. Порядок выполнения работы

6.2.1. По учебнику [1, с. 103 - 108] ознакомиться с распределением рабочего времени, принципами расчета производительности и технико-экономическими показателями работы одноковшовых экскаваторов.

6.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 10. По данным заданного варианта выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности и параметров забоя одноковшового экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

6.2.2.1. Определяется техническая производительность экскаватора ($A_т$, м^3/ч)

$$A_т = \frac{3600E}{T_ц} k_э, \qquad (6.1)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

$T_ц$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р, \qquad (6.2)$$

где $T_ч$ – длительность черпания, с;

$$T_ч = \frac{194 d_{ср}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \quad (6.3)$$

$d_{ср}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м;

$$d_{ср} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E}, \quad (6.4)$$

$T_{пов}$ – длительность поворота экскаватора для разгрузки ковша, с;

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \quad (6.5)$$

$T_р$ – длительность разгрузки ковша, с;

где β – средний угол поворота экскаватора для разгрузки ковша, град;

(при E = 1÷3 м^3, $T_р$ = 1,5÷2,5 с;

при E = 3÷8 м^3, $T_р$ = 2,5÷2,7 с;

при E = 12÷20 м^3, $T_р$ = 2,9÷3,5 с);

$k_э$ – коэффициент экскавации пород,

$$k_э = \frac{k_н}{k_р},$$

где $k_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_р$ – коэффициент разрыхления пород в ковше экскаватора.

Значения $k_н$ и $k_р$ принимать по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

6.2.2.2. Сменная производительность экскаватора ($A_{см}$, м^3/смену)

$$A_{см} = A_т \, T_{см} \, k_и \, , \quad (6.6)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$k_и$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены (прил. 10).

6.2.2.3. Суточная производительность экскаватора ($A_с$, м^3/сут)

$$A_с = A_{см} \, n_{см}, \quad (6.7)$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках, смен/сут. ($n_{см}$ = 2÷3).

6.2.2.4. Годовая производительность экскаватора ($A_г$, м^3/год)

$$A_г = A_с\, n_г, \tag{6.8}$$

где $n_г$ – число рабочих дней экскаватора в году, дней/год (прил. 10).

6.2.2.5. Определяется парк экскаваторов. Списочный парк экскаваторов ($N_{эс}$, ед.)

$$N_{эс} = \frac{П_{г.м}}{A г}, \tag{6.9}$$

где $П_{г.м}$ – производительность карьера по горной массе, м^3/год (принимается по результатам выполнения практической работы № 3).

Рабочий парк экскаваторов ($N_{эр}$, ед.)

$$N_{эр} = \frac{N_{эс}}{k_{рез}}, \tag{6.10}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва экскаваторов

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_г}, \tag{6.11}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

6.2.2.6. Определяется ширина экскаваторной заходки (забоя) ($A_з$, м):

при железнодорожном транспорте

$$A_з = (1{,}5 \div 1{,}7) R_{ч.у}\,; \tag{6.12}$$

при автомобильном транспорте

$$A_э = (0{,}8 \div 1{,}2) R_{ч.у}\,, \tag{6.13}$$

где $R_{ч.у}$ – радиус черпания экскаватора на уровне стояния, м [1, с. 85, табл. 10].

6.2.2.7. Определяется допустимая высота уступа (забоя) ($H_у$, м) для скальных пород

$$H_у \le 1{,}5 H_ч^{max}, \tag{6.14}$$

где $H_ч^{max}$ – максимальная высота черпания экскаватора, м [1, с. 85, табл. 10].

6.2.3. Исследовать зависимость технической производительности экскаватора от угла поворота и построить график $A_т = f(\beta)$.

Для этого производится расчет $A_т$ для пяти значений β. Область варьирования угла поворота $150^o > \beta > 90^o$. Интервал варьирования $\Delta\beta = 5 \div 10^o$.

Базовое значение β принять из прил. 10 для заданного варианта. Для принятия четырех оставшихся значений β принять шаг варьирования от базового $\Delta\beta = (5 \div 10)^o$.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также график зависимости $A_т = f(\beta)$ на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 6

1. Дайте определение производительности.
2. Вывести формулу технической производительности экскаватора.
3. Из каких элементов складывается цикл экскавации?
4. Вывести формулу максимальной ширины экскаваторной заходки.
5. Почему рациональная ширина экскаваторной заходки при железнодорожном транспорте больше, чем при автомобильном транспорте?
6. Как определяется допустимая высота уступа в сыпучих и связных породах?
7. Как определяется рабочий и списочный парк экскаваторов?

Практическая работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Цель работы – ознакомиться с методикой и освоить принципы расчета производительности карьерных автосамосвалов.

7.1. Задачи работы

7.1.1. Ознакомиться с техническими характеристиками и областью применения карьерных автосамосвалов для перевозки горной массы.

7.1.2. Выполнить расчет сменной производительности карьерного автосамосвала.

7.1.3. Исследовать зависимость сменной производительности карьерного автосамосвала от заданных параметров трассы.

7.2. Порядок выполнения работы

7.2.1. По учебнику [1, с. 145 - 151] ознакомиться с техническими характеристиками и областью применения карьерных автосамосвалов для перевозки горной массы.

7.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 12. По данным заданного варианта выполнить расчет сменной производительности автосамосвала.

Производительность автосамосвала по заданной трассе ($Q_{\text{а}}$, т/смену) рассчитывается

$$Q_{\text{а}} = N_{\text{р}} q = \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{ц}}^{\text{а}}} k_{\text{и}} q, \qquad (7.1)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, мин./смену;

q – вес груза в кузове автосамосвала, т;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени;

$T_{\text{ц}}^{\text{а}}$ – продолжительность транспортного цикла автосамосвала, мин.;

$N_р$ – количество рейсов автосамосвала в течение смены, рейс/смену.

Продолжительность транспортного цикла ($T_ц^а$, мин.)

$$T_ц^а = t_о + t_п + t_д + t_{м.п} + t_{м.р} + t_р\,, \qquad (7.2)$$

где $t_о$ – продолжительность ожидания погрузки, мин. ($t_о \approx 0{,}5t_п$);

$t_п$ – продолжительность погрузки автосамосвала, мин.;

$t_д$ – продолжительность движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин.;

$t_{м.п}$, $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку, мин.;

$t_р$ – продолжительность разгрузки, мин.

Расчеты выполняются в следующей последовательности:

7.2.2.1. По заданной модели экскаватора (см. практическую работу № 6) подбирается модель автосамосвала прил. 13. Подбор осуществляется из условия обеспечения рационального соотношения (μ) между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора

$$\mu = \frac{V_а}{E} = 3 \div 5, \qquad (7.3)$$

где $V_а$ – геометрическая вместимость кузова выбранного автосамосвала, м^3 (см. прил. 13);

E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

7.2.2.2. Производится расчет времени погрузки автосамосвала ($t_п$, мин.) и веса груза в кузове (q, т)

$$t_п = \frac{T_ц^э (n_{\min\ цик} - 0{,}5)}{60}, \qquad (7.4)$$

где $T_ц^э$ – длительность цикла экскавации, с (см. практическую работу № 6);

$n_{\min\ цик}$ – количество циклов экскавации при загрузке автосамосвала.

Для определения $n_{\text{min цик}}$ рассчитывается необходимое количество ковшей для полной загрузки автосамосвала ($n_к$):

исходя из грузоподъемности автосамосвала

$$n_к = \frac{q_а k_р}{E k_н \rho}, \tag{7.5}$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т;

$k_р$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора;

$k_н$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора;

ρ – плотность пород в целике, т/м^3 (значения $k_н$, $k_р$ и ρ принимаются по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород);

исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»

$$n_к = \frac{0{,}9 V'_а}{E k_н}, \tag{7.6}$$

где $V'_а$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой» (см. прил. 13), м^3.

Затем сравниваются значения $n_к$, вычисленные по формулам (7.5) и (7.6), выбирается меньшее ($n_к$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\text{min цик}}$.

Вес груза рассчитывается (q, т)

$$q = \frac{E k_н}{k_р} n_{\text{min цик}} \rho. \tag{7.7}$$

Осуществляется проверка условия

$$q \le 1{,}1 q_а, \tag{7.8}$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

7.2.2.3. Производится расчет времени движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_д$, мин.)

$$t_д = 60 \frac{2L}{v_{ср.т}}, \tag{7.9}$$

где L – расстояние транспортирования горной массы, км;

$v_{\text{ср.т}}$ – средняя техническая скорость движения автосамосвала по трассе, км/ч; $v_{\text{ср.т}}$ определяется в зависимости от заданного расстояния транспортирования (L, км) и высоты подъема горной массы ($H_{\text{п}}$, м) по прил. 15.

7.2.2.4. Производится расчет $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$. При этом $t_{\text{м.п}}$, $t_{\text{м.р}}$ и $t_{\text{р}}$ принимаются из прил. 13 для выбранной модели автосамосвала.

7.2.2.5. По формуле 7.1 производится расчет сменной производительности автосамосвала при $k_{\text{и}} = 0{,}8$; $T_{\text{см}} = 8$ ч.

7.2.2.6. Производится расчет рабочего и инвентарного парка автосамосвалов.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{\text{а.р}}$, ед.)

$$N_{\text{а.р}} = \frac{V_{\text{см}}}{Q_{\text{а}}}, \tag{7.10}$$

где $V_{\text{см}}$ – сменный объем перевозок, т/смену.

$$V_{\text{см}} = k_{\text{н}}\left(П_{\text{п.и}}^{\text{см}} + П_{\text{в}}^{\text{см}}\rho\right), \tag{7.11}$$

где $k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности выдачи горной массы из карьера ($k_{\text{н}} = 1{,}1$);

$П_{\text{п.и}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по полезному ископаемому, т/смену;

$П_{\text{в}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по вскрыше в целике, м^3/смену;

ρ – плотность вскрышных пород в целике, т/м^3.

$П_{\text{п.и}}^{\text{см}}$ и $П_{\text{в}}^{\text{см}}$ принимаются по результатам выполнения практической работы № 3, ρ – по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{\text{а.и}}$, ед.)

$$N_{\text{а.и}} = \frac{N_{\text{а.р}}}{k_{\text{т.г}}}, \qquad (7.12)$$

где $k_{\text{т.г}}$ – коэффициент технической готовности, определяемый по прил. 14, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_{\text{с}}$, км/сут)

$$L_{\text{с}} = \frac{2LQ_{\text{а}}}{q} k_{\text{о}} k_{\text{см}}, \qquad (7.13)$$

где $k_{\text{о}}$ – коэффициент, учитывающий нулевой пробег от гаража до места работы и обратно ($k_{\text{о}}$ = 1,05);

$k_{\text{см}}$ – коэффициент сменности – среднее количество полных смен отработанных автосамосвалом за сутки (принять $k_{\text{см}}$ = 2,5).

7.2.3. Исследовать зависимость сменной производительности автосамосвала от расстояния транспортирования или высоты подъема горной массы и построить график $Q_{\text{а}} = f(L)$ или $Q_{\text{а}} = f(H_{\text{п}})$.

Производится расчет для пяти значений L или $H_{\text{п}}$. Интервал варьирования расстояния транспортирования ΔL = 0,2÷0,4 км, высоты подъема горной массы $\Delta H_{\text{п}}$ = 20 м.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также графики зависимостей $Q_{\text{а}} = f(L)$ или $Q_{\text{а}} = f(H_{\text{п}})$.

Контрольные вопросы к практической работе № 7

1. Чем отличается процесс выемки горной массы от процесса транспортирования горной массы?
2. Вывести формулу сменной производительности автосамосвала.
3. От каких факторов зависит сменная производительность автосамосвала?
4. Из каких элементов складывается транспортный цикл?
5. Как определить количество рейсов (транспортных циклов) автосамосвала за смену?
6. От чего зависит продолжительность погрузки автосамосвала?
7. В чем различие между величиной количества циклов экскавации для загрузки автосамосвала и количества ковшей для загрузки автосамосвала?
8. От каких факторов зависит время движения автосамосвала в транспортном цикле?
9. Какое различие между рабочим и инвентарным парком автосамосвалов?
10. Как определить сменный пробег автосамосвала?

Практическая работа № 8

КОНСТРУКЦИЯ РАБОЧЕГО И НЕРАБОЧЕГО БОРТОВ КАРЬЕРА

Цель работы – изучить конструкцию рабочего и нерабочего бортов карьера, освоить методику расчета ширины рабочей площадки и угла откоса рабочих и нерабочих бортов.

8.1. Задачи работы

8.1.1. Ознакомиться с конструкцией рабочего и нерабочего бортов карьера.

8.1.2. Выполнить расчет углов откоса рабочих и нерабочих бортов.

8.1.3. Исследовать зависимость величины угла откоса рабочего борта от определяющих факторов.

8.2. Порядок выполнения работы

8.2.1. По учебнику [1, с. 23 - 27; 269 - 271] ознакомиться с конструкцией рабочего и нерабочего бортов карьера и факторами, определяющими величины углов их откосов.

8.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 16. По данным заданного варианта выполнить расчет углов откоса рабочего и нерабочего бортов.

Порядок выполнения расчетов

8.2.2.1. Определяется высота рабочего борта карьера ($H_{р.б}$, м)

$$H_{р.б} = H_{у}\, n_{р.у}, \qquad (8.1)$$

где $H_{у}$ – высота уступа, м;

$n_{р.у}$ – количество рабочих уступов.

8.2.2.2. Определяется ширина рабочей площадки при погрузке горной массы в автомобильный транспорт ($Ш_{р.п}$, м)

$$Ш_{р.п} = B_{р} + C + T + S + Z + Ш_{в.б}\,, \qquad (8.2)$$

где $B_р$ – ширина развала породы, м (принимается по результатам расчетов из практической работы № 4);

C – безопасный зазор между нижней бровкой развала и транспортной полосой, м (2-3 м);

T – ширина транспортной полосы (проезжей части временной автодороги при двухполосном движении), м (см. прил. 13);

S – безопасное расстояние (1,5÷2,0 м) от транспортной полосы до призмы возможного обрушения;

Z – ширина призмы возможного обрушения, м;

$Ш_{в.б}$ – ширина взрывного блока, м (при однорядном взрывании $Ш_{в.б} = W$, принимается по результатам расчетов из практической работы № 4);

$$Z = H_у (\text{ctg}\ \alpha_у - \text{ctg}\ \alpha); \quad (8.3)$$

α – угол откоса рабочего уступа, град.;

$\alpha_у$ – угол устойчивого откоса уступа, град. (см. прил. 16).

8.2.2.3. Определяется горизонтальное проложение откоса рабочего борта ($C_{р.б}$, м)

$$C_{р.б} = H_у\ \text{ctg}\ \alpha\ n_{р.у} + Ш_{р.п} (n_{р.у} - 1). \quad (8.4)$$

8.2.2.4. Определяется тангенс угла откоса рабочего борта карьера (φ)

$$\text{tg}\ \varphi = H_{р.б} / C_{р.б}. \quad (8.5)$$

8.2.2.5. Определяется величина угла откоса, град, рабочего борта φ: $\varphi = \text{arctg}\ (\text{tg}\ \varphi)$.

8.2.2.6. Определяется высота нерабочего борта карьера ($H_{н.б}$, м)

$$H_{н.б} = H_у\ n_{н.у}, \quad (8.6)$$

где $n_{н.у}$ – количество нерабочих уступов (принимается $n_{н.у} = 3$).

8.2.2.7. Определяется горизонтальное проложение откоса нерабочего борта ($C_{н.б}$, м)

$$C_{н.б} = n_{н.у} (H_у\ \text{ctg}\ \alpha_у + b_с) + (n_{н.у} - 1)\ b_б, \quad (8.7)$$

где $b_с$ – ширина съезда, м;

$b_б$ – ширина бермы безопасности, м ($b_б$ = 8÷10 м).

8.2.2.8. Определяется тангенс угла откоса нерабочего борта карьера (γ)

$$\text{tg}\,\gamma = H_{н.б} / C_{н.б}. \quad (8.8)$$

Затем сам угол откоса, град, нерабочего борта карьера (γ):

$$\gamma = \text{arctg}\,(\text{tg}\,\gamma). \quad (8.9)$$

8.2.3. На миллиметровой бумаге вычертить разрез рабочей площадки (рис. 8.1), рабочего борта (рис. 8.2), план и разрез нерабочего борта карьера с тупиковыми съездами (рис. 8.3) в выбранном масштабе.

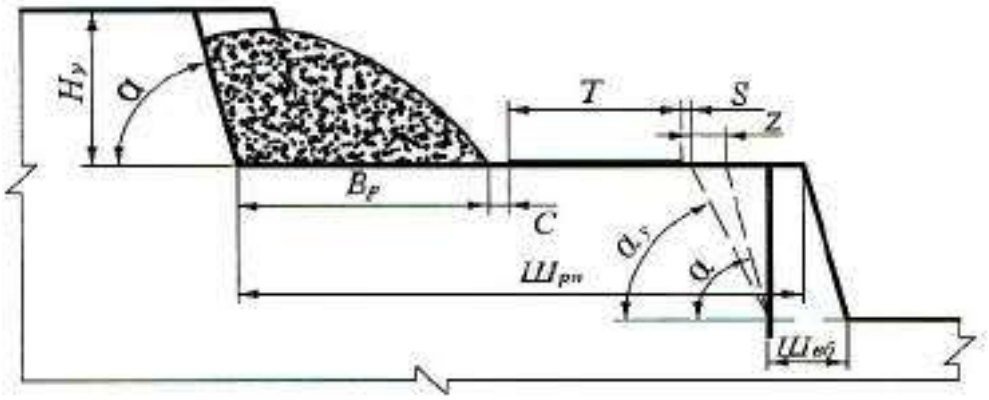


Рис. 8.1. Рабочая площадка

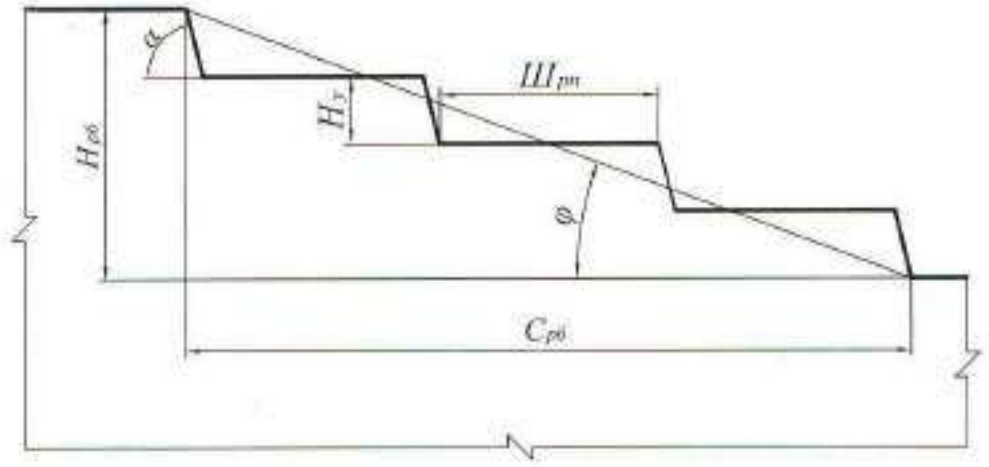
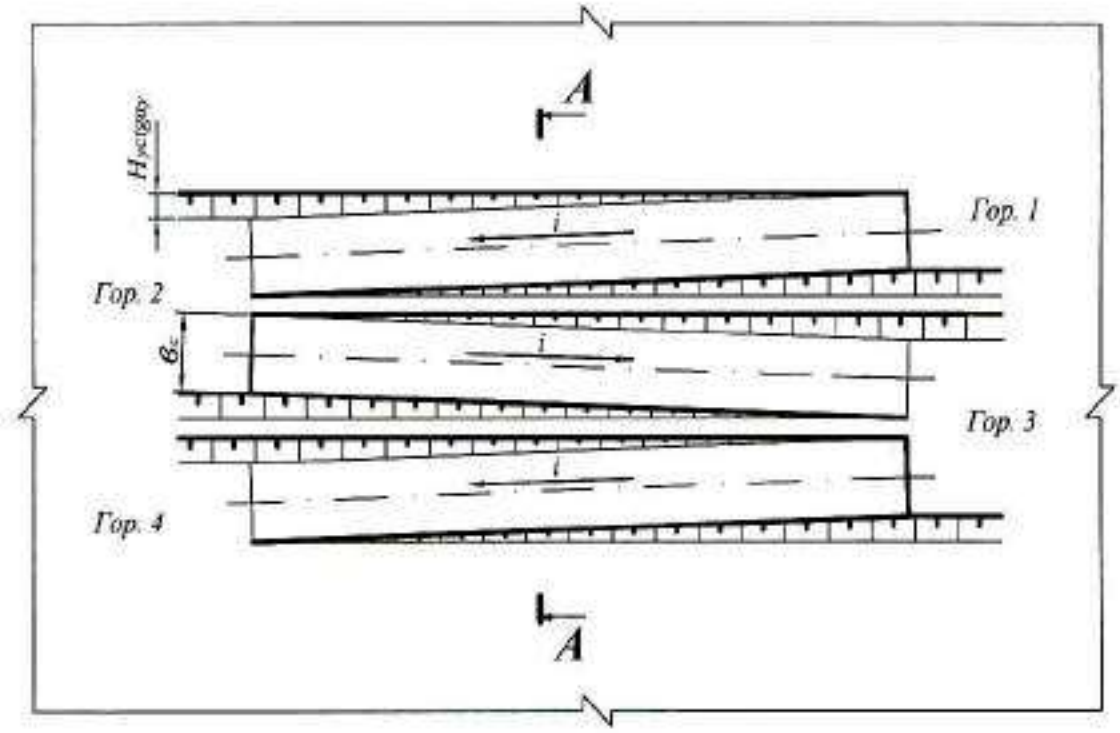


Рис. 8.2. Рабочий борт карьера

а)



б)

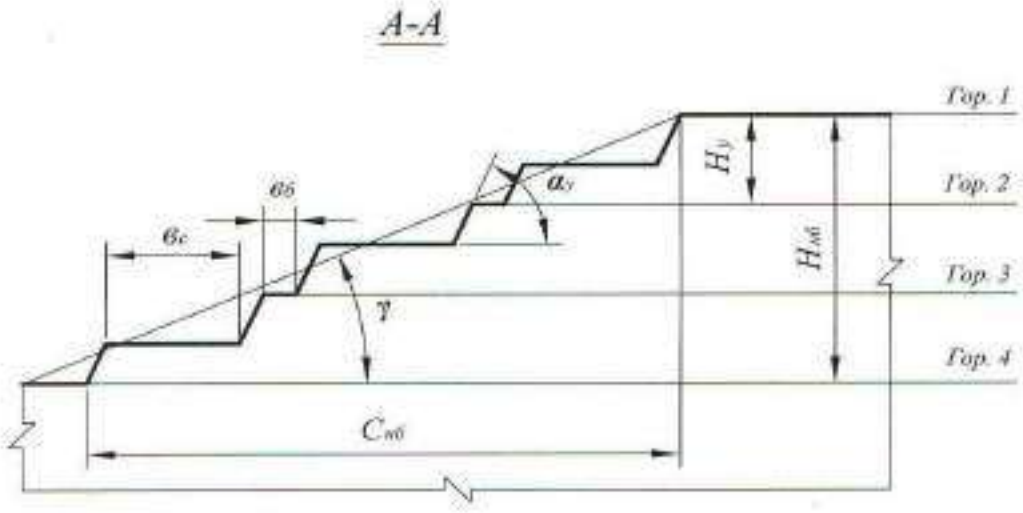


Рис. 8.3. Нерабочий борт карьера:
а – автомобильный съезд на нерабочем борту; *б* – профиль нерабочего борта

8.2.4. Исследовать зависимость угла откоса рабочего борта карьера (φ, град) от высоты уступа ($H_у$, м) или ширины рабочей площадки ($Ш_{р.п}$, м) и построить график $\varphi = f(H_у)$ или $\varphi = f(Ш_{р.п})$.

Производится расчет φ для пяти значений $H_у$ и $Ш_{р.п}$. Величина аргумента задается в пределах 10 м ≤ $H_у$ ≤ 25 м и 30 м ≤ $Ш_{р.п}$ ≤ 80 м.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также графики зависимостей $\varphi = f(H_у)$ или $\varphi = f(Ш_{р.п})$.

Контрольные вопросы к практической работе № 8

1. Дайте определение рабочего и нерабочего борта карьера.
2. Из каких элементов состоят рабочий и нерабочий борт карьера?
3. Назовите параметры рабочего и нерабочего бортов карьера и их элементов.
4. Какими условиями определяется угол откоса нерабочего борта карьера?
5. От каких факторов зависит угол откоса рабочего борта карьера?
6. Из каких элементов состоит рабочая площадка (как определяется ширина рабочей площадки)?
7. Как определяется ширина призмы возможного обрушения уступа?
8. Как определить угол откоса борта карьера, если известны его высота и горизонтальное проложение?
9. Как определить горизонтальное проложение борта карьера (рабочего и нерабочего)?
10. Как определяется уклон внутрикарьерной траншеи?
11. В каких единицах измеряется уклон траншеи?

Практическая работа № 9

РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРНОГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Цель работы – ознакомиться с методикой и освоить принципы расчета основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.1. Задачи работы

9.1.1. Изучить технологию бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.1.2. Выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.2. Порядок выполнения работы

9.2.1. По учебнику [1, с. 176 - 177] ознакомиться с основными параметрами отвалов и технологией бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 17. По данным заданного варианта выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

Порядок выполнения расчетов

9.2.2.1. Определяется требуемая площадь отвала ($S_{\text{о}}$, м^2)

$$S_{\text{о}} = \frac{W k_{\text{р}}^{\text{о}}}{n_{\text{я}} h_{\text{я}} \eta_{\text{о}}}, \qquad (9.1)$$

где W – объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м^3 (см. прил. 17);

$k_{\text{р}}^{\text{о}}$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (см. прил. 18);

$h_я$ – высота яруса, м (см. прил. 18);

$n_я$ – количество ярусов;

$\eta_о$ – коэффициент использования площади отвала ($\eta_о$ принимать: для одно- и двухъярусных отвалов – 0,8÷0,7; для трехъярусных и более – 0,5).

Тип (категорию) складируемых пород принимать согласно прил. 17. Количество отвальных ярусов принимать самостоятельно (на практике отвалы формируются, как правило, из одного-трех ярусов), исходя из необходимости минимизировать площадь отвалов и максимальной общей высоты отвала не более 120-180 м. По требуемой площади отвала, определяются его размеры в плане: ширина (B, м), длина (L, м). При этом рекомендуется выдерживать соотношение $B : L = 1 : 2$, тогда: $L = \sqrt{2S_0}$.

9.2.2.2. Рассчитывается количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_о$, ед./ч)

$$N_о = \frac{П_в^ч k_н}{Q_п}, \qquad (9.2)$$

где $П_в^ч$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч;

$k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$);

$Q_п$ – объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала, м^3.

$$Q_п = q/\ \rho, \qquad (9.3)$$

где q – вес груза в кузове автосамосвала, т (величина q принимается по результатам расчетов в практической работе № 7);

ρ – плотность пород в целике, т /м^3.

$$П_в^ч = \frac{П_в}{T_г n_{см} T_{см}},$$

где $П_в$ – годовая производительность карьера по вскрыше (см. прил. 17), м^3/год;

$T_{г}$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_{г}$ = 350 дн./год);

$n_{см}$ – число рабочих смен в сутки, смен/сут. ($n_{см}$ = 3 смены/сут.);

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену ($T_{см}$ = 8 ч/смену).

9.2.2.3. Определяется число одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале ($N_{а.о}$, ед.)

$$N_{а.о} = N_{о} \frac{t_{р} + t_{м.р}}{60}, \qquad (9.4)$$

где $t_{р}$, $t_{м.р}$ – продолжительность разгрузки и маневровых операций при установке на разгрузку, мин. (см. прил. 13).

9.2.2.4. Определяется длина участка разгрузки ($L_{р}$, м)

$$L_{р} = N_{а.о}\, l_{п}, \qquad (9.5)$$

где $l_{п}$ – ширина полосы по рабочему фронту отвала, м, занимаемой одним автосамосвалом при маневрировании, для автосамосвалов грузоподъемностью:

30 – 55 т $l_{п}$ = 30÷40 м,
80 – 130 т $l_{п}$ = 50÷60 м,
180 – 240 т $l_{п}$ = 60÷70 м.

9.2.2.5. Отвальный фронт состоит из трех участков: разгрузки, планировки и резервный.

По мере заполнения участка разгрузки и выравнивания участка планировки, последний начинает выполнять функцию первого, а участок разгрузки становится участком планировки. Если участок планировки не подготовлен, то разгрузка производится на резервном участке. Таким образом, все три участка должны иметь одинаковую длину и общая длина отвального фронта ($L_{о}$, м) определится:

$$L_{о} = 3L_{р}. \qquad (9.6)$$

9.2.2.6. Определяется сменный объем бульдозерных работ по формированию отвала ($Q_{б}$, м^3/смену)

$$Q_{\text{б}} = П_{\text{в}}^{\text{см}} k_{\text{н}} k_{\text{зав}}, \quad (9.7)$$

где $П_{\text{в}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м^3/смену;

$$П_{\text{в}}^{\text{см}} = П_{\text{в}}^{\text{ч}} T_{\text{см}}, \quad (9.8)$$

где $k_{\text{зав}}$ – средний коэффициент «заваленности» (см. прил. 18).

9.2.2.7. Выбирается модель бульдозера (см. прил. 19) и определяется число бульдозеров в работе ($N_{\text{б}}$, ед.):

$$N_{\text{б}} = Q_{\text{б}} / П_{\text{б}}, \quad (9.9)$$

где $П_{\text{б}}$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену (принимается по прил. 19).

9.2.2.8. Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{\text{б.и}}$, ед.)

$$N_{\text{б.и}} = 1{,}4\, N_{\text{б}}, \quad (9.10)$$

где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

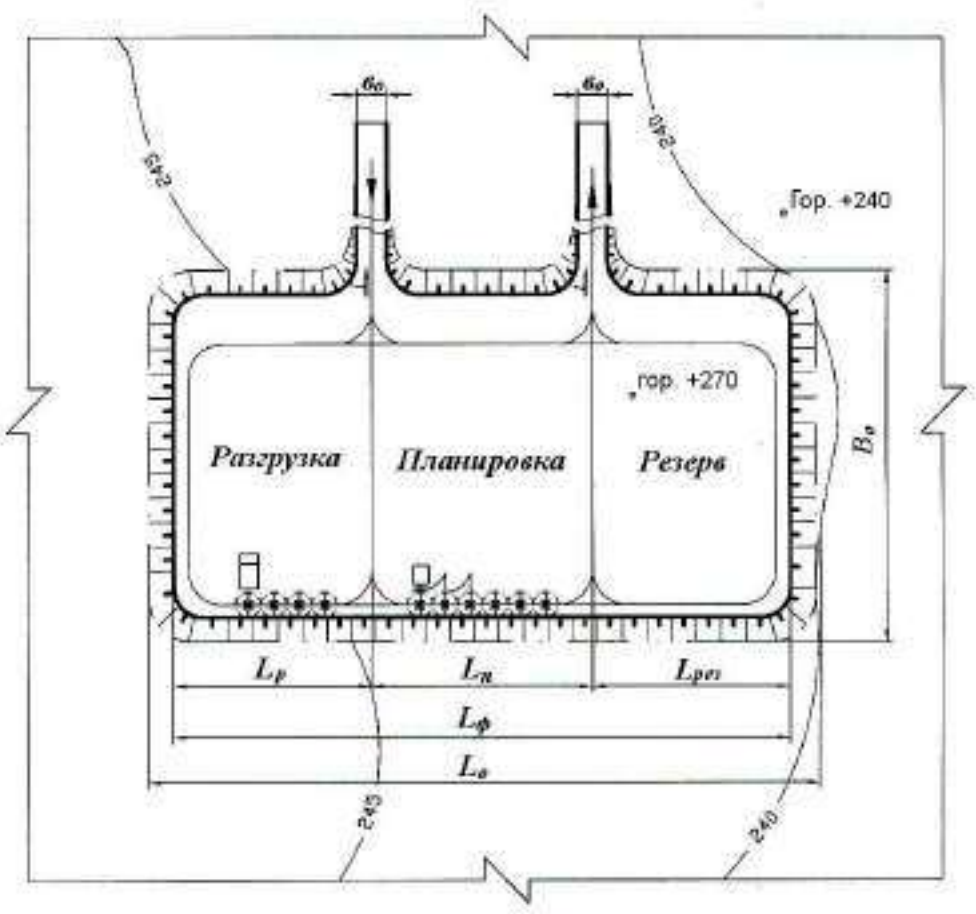


Рис. 9.1. План бульдозерного отвала

9.2.3. На миллиметровой бумаге вычертить план бульдозерного отвала с выделением рабочих участков, участков, находящихся в планировке, и резервных участков (см. рис. 9.1).

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы результаты расчетов, а также план бульдозерного отвала на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 9

1. Перечислите способы отвалообразования, применяемые при открытой разработке месторождений.
2. В чем заключается отличительный признак бульдозерного отвалообразования?
3. Перечислите достоинства и недостатки бульдозерного отвалообразования.
4. Перечислите параметры отвалов.
5. От каких факторов зависит высота яруса отвала?
6. Перечислите операции технологии бульдозерного отвалообразования.
7. Перечислите параметры технологии бульдозерного отвалообразования.
8. Из каких участков состоит фронт отвальных работ при бульдозерном отвалообразовании?
9. Как соотносятся между собой размеры участков фронта отвальных работ?
10. От каких факторов зависит длина участка разгрузки?
11. Как определить количество одновременно разгружающихся автосамосвалов на участке разгрузки?
12. Как определить объем бульдозерных работ по формированию отвала (по планировке вскрышных пород на отвале)?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Хохряков, В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /В. С. Хохряков. – 5-е изд. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
2. *Томаков, П. И.; Наумов, И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ /П. И. Томаков, И. К. Наумов: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. горного ин-та, 1992. – 464 с.
3. *Пахомов, Е. М..; Буянов, М. И.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /Е. М. Пахомов, М. И. Буянов. – М.: Недра, 1990. – 250 с.
4. *Русский, И. И.* Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах /И. И. Русский. – М.: Недра, 1979. – 262 с.

Приложение 1

Исходные данные к практической работе № 1 «Графическое изображение элементов горных работ»

Таблица П.1.1

Графическое изображение забоев и уступов

Номер варианта	Уступ			Забой												
	тип уступа, м	высота $H_р$, м	угол откоса, A, град	тип забоя	высота уступа, $H_у$, м	высота развала, $H_р$, м	ширина развала, $B_р$, м	ширина взрывной заходки, $B_б$, м	ширина заходки экскаватора (забоя), $A_э$, м	угол откоса, град		$R_{ч.у}$, м	$R_{ч.мах}$, м	R_1, м	R_2, м	$H_{сл}$, м
										забоя, F	уступа, A					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Вскрышной	12	70	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	13	65	70	9,04				
	Склад руды	10	60	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	25	40	65		71,4			
2	Рудный	12	75	Экскаваторный (мехлопата)	15	16	26	17	13	70	80	13,5				
	Отвал	25	55	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	20	60	65	13,5				
3	Сложный (руда и порода)	7,5	78	Экскаваторный (роторный)	10		Без БВР	-	20	60	60			15	16	2
	Отвал	30	55	бульдозерный	7		Без БВР	-	30	20	65					
4	Вскрышной	15	75	бульдозерный	5		Без БВР	-	30	10	65					
	Склад руды	12	55	Экскаваторный (драглайн)	35		Без БВР	-	25	30	60		83,0			
5	Рудный	12	80	Экскаваторный (роторный)	17		Без БВР	-	25	60	60			21	24	4
	Отвал	25	50	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	35	35	55		91,5			
6	Вскрышной	20	80	Бульдозерный	3		Без БВР	-	25	10	65					
	Склад руды	10	50	Экскаваторный (мехлопата)	12	15	45	30	15	50	80	12,6				

Продолжение табл. П.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	Сложный	7,5	70	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	35	30	60		94,8			
	Вскрышной	35	50	Экскаваторный (роторный)	15	15	Без БВР	-	24	55	55			21	24	
8	Рудный	15	75	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	20	60	65	13,5				
	Отвал	30	55	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	18	45	70	12,6				
9	Вскрышной	12	60	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	30	40	65		71,4			
	Склад руды	10	50	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	14	55	60	14,3				
10	Рудный	12	80	Бульдозерный	5		Без БВР	-	35	10	65					
	Отвал	25	55	Экскаваторный (роторный)	17		Без БВР	-	28	60	65	14,3				
11	Вскрышной	15	65	Экскаваторный (мехлопата)	15	18	45	32	15	55	75	14,3				
	Склад руды	12	50	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	16	50	80	12,6				
12	Рудный	15	80	Экскаваторный (драглайн)	40	40	Без БВР	-	30	30	60		91,5			
	Отвал	25	55	Экскаваторный (мехлопата)	15	15	Без БВР	-	20	55	65	15,2				
13	Сложный	7,5	65	Экскаваторный (мехлопата)	15	18	36	24	12	55	75	14,3				
	Склад руды	10	50	Бульдозерный	5		Без БВР	-	35	15	65					
14	Вскрышной	20	80	Экскаваторный (роторный)	16		Без БВР	-	25	60	60			18	24	8
	Склад руды	15	55	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	9	45	70	12,6				
15	Рудный	20	75	Бульдозерный	10		Без БВР	-	40	18	65					
	Отвал	20	55	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	13	55	65	12,6				
16	Сложный	7,5	80	Бульдозерный	10	10	Без БВР	-	40	20	60					
	Отвал	25	50	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	25	30	60		71,4			

Продолжение табл. П.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
17	Вскрышной	15	75	Экскаваторный (мехлопата)	12	14	36	24	18	45	70	12,6				
	Склад руды	15	55	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	22	55	65	15,2				
18	Рудный	15	80	Бульдозерный	7		Без БВР	-	35	20	65					
	Отвал	25	50	Экскаваторный (роторный)	20		Без БВР	-	34	60	60			29	33	5
19	Вскрышной	20	80	Экскаваторный (драглайн)	45		Без БВР	-	25	35	60		91,5			
	Склад руды	10	60	Бульдозерный	5	5	Без БВР	-		15	60					
20	Сложный	10	70	Экскаваторный (мехлопата)	15	12	28	6	12	55	75	14,3				
	Отвал	30	50	Бульдозерный	5		Без БВР	-		17	65					
21	Рудный	12	70	экскаваторный (мехлопата)	15	15	28	8	14	55	75	14,3				
	Отвал	35	50	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	30	45	65		91,5			
22	Вскрышной	12	65	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	25	45	60		83,0			
	Склад руды	12	50	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	8	55	65	9,04				
23	Рудный	15	70	экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	35	45	65		91,5			
	Отвал	25	50	Экскаваторный (роторный)	18		Без БВР	-	27	65	65			18	26	8
24	Вскрышной	20	80	Экскаваторный (мехлопата)	15	18	60	30	20	55	80	14,3				
	Склад руды	12	55	Бульдозерный	3		Без БВР	-	40	10	60					
25	Рудный	15	65	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	12	55	65	9,04				
	Отвал	25	50	Экскаваторный (мехлопата)	15	12	28	6	14	50	80	14,3				
26	Сложный	12	70	Экскаваторный (драглайн)	30	30	Без БВР	-	25	45	65		71,4			
	Склад руды	10	50	Бульдозерный	5		Без БВР	-	20	20	55					

Окончание табл. П.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
27	Рудный	15	80	Бульдозерный	7		Без БВР	-	25	18	60					
	Отвал	15	55	Экскаваторный (роторный)	16		Без БВР	-	25	65	65			18	26	8
28	Вскрышной	15	75	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	30	45	60		83,5			
	Склад руды	10	50	Экскаваторный (мехлопата)	12	9	24	7	12	45	70	12,6				
29	Сложный	7,5	70	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	12	50	60	9,04				
	Склад руды	10	50	Бульдозерный	7		Без БВР	-	30	8	55					
30	Рудный	15	80	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	12	55	60	15,2				
	Отвал	40	50	Экскаваторный (мехлопата)	12	14	48	32	16	45	70	12,6				

Таблица П.1.2

Графическое изображение траншей и съездов

Номер варианта	Горизонтальная траншея								Наклонная траншея					
	тип траншеи	уклон косогора, Y, град	внешний радиус серпантины, $R_{вн}$, м	радиус поворота трассы, R, м	глубина траншеи, $H_{тр}$, м	ширина траншеи, $B_{тр}$, м	длина траншеи, $L_{тр}$, м	угол откоса борта траншеи, G, град	тип траншеи	ширина траншеи, $B_{тр}$, м	уклон траншеи, i, %	число вскрываемых уступов, ед.	высота уступа, $H_у$, м	угол откоса борта траншеи, G, град
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	На косогоре	10			20	25		65	Съезд	25	4	1	10	75
	Внутри карьера				15	25	500	70	Крутая траншея	22	32	3	10	60
2	Серпантина	40	45	30		25		75	Внешняя траншея	25	6	1	12	50
	На косогоре	15			25	30	350	60	Съезд	30	8	1	10	65
3	На косогоре	12			10	18	400	60	Внешняя траншея	18	4	1	15	60
	Серпантина	35	60	35		30		70	Крутая траншея	25	27	3	17	70
4	Серпантина	45	60	35		25		80	Внешняя групповая траншея	25	4	2	10	70
	Внутри карьера				10	35	500	80	Съезд	35	10	1	15	75

Продолжение табл. П.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	Серпантина	30	45	30		20		70	Съезд	20	6	1	12	50
6	На косогоре	13			20	30		60	Внешняя групповая траншея	30	4	3	10	55
	Внутри карьера				15	30	700	70	Крутая траншея	24	27	8	12	60
7	Внутри карьера				10	22	500	80	Съезд	25	10	1	15	75
	Серпантина	60	50	30		22		75	Крутая траншея	25	32	6	12	75
8	На косогоре	10			17	28		55	Внешняя траншея	30	8	1	15	75
	Серпантина	50	50	30		30		70	Съезд	30	10	1	12	65
9	На косогоре	8			12	25		60	Внешняя траншея	24	4	1	15	60
	Внутри карьера				15	22	550	65	Крутая траншея	22	32	4	12	65
10	Серпантина	30	45	30		25		75	Внешняя групповая траншея	22	4	2	10	70
	На косогоре	11			17			60	Съезд	22	4	1	20	55
11	Внутри карьера				10	30	100	75	Съезд	26	6	1	20	75
	Серпантина	50	60	35		25		75	Внешняя групповая траншея	26	6	3	12	60
12	Внутри карьера				15	22	200	65	Внешняя траншея	28	8	1	17	65
	На косогоре	12			25	30		50	Крутая траншея	24	32	6	12	50
13	Серпантина	45	50	30		28		65	Съезд	30	8	1	15	60
	На косогоре	12				28		50	Крутая траншея	24	27	5	15	55
14	Внутри карьера				12	22	700	70	Внешняя траншея	32	8	1	12	60
	Серпантина	30	50	35		30		75	Съезд	30	8	1	12	75
15	На косогоре	15			15	25		60	Съезд	30	10	1	10	75
	Серпантина	45	50	35		30		70	Крутая траншея	22	27	4	10	60
16	Внутри карьера				15	22	250	65	Внешняя траншея	22	4	1	15	65
	Серпантина	35	50	35		25		70	Съезд	24	6	1	15	70
17	Внутри карьера				12	25	300	80	Внешняя траншея	24	6	1	17	70
	На косогоре	10			17	28		75	Крутая траншея	24	32	6	12	65
18	На косогоре	15			25	30		60	Внешняя групповая траншея	25	4	2	12	65
	Серпантина	40	50	35		25		65	Съезд	22	4	1	12	80

Окончание табл. П.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
19	Серпантина	60	60	40		25		75	Съезд	28	8	1	15	75
	Внутри карьера				17	22	700	70	Внешняя тран-шея	28	8	1	20	60
20	Внутри карьера				7,5	22	450	65	Внешняя тран-шея	25	6	1	20	60
	На косогоре	12			20	30		50	Крутая траншея	24	27	8	15	55
21	На косогоре	8			12	30		55	Съезд	24	8	1	20	70
	Внутри карьера				10	28	500	75	Крутая траншея	22	27	8	10	65
22	На косогоре	8			10	25		50	Внешняя тран-шея	30	8	1	15	60
	Внутри карьера				12	25	700	80	Съезд	28	8	1	17	70
23	Серпантина	50	60	40		28		75	Съезд	30	8	1	12	70
	На косогоре	10			15	24		55	Крутая траншея	24	32	7	12	60
24	На косогоре	8			15	24		70	Внешняя тран-шея	26	8	1	15	65
	Серпантина	40	50	30		24		75	Съезд	26	10	1	12	75
25	Серпантина	60	70	40		25		65	Внешняя тран-шея	22	4	1	17	60
	Внутри карьера				10	30	300	75	Крутая траншея	22	32	4	8	55
26	Серпантина	30	60	35		25		75	Внешняя груп-повая траншея	20	4	3	10	75
	На косогоре	8			12	25		65	Съезд	22	6	1	15	80
27	На косогоре	10			12	30		75	Съезд	28	10	1	17	80
	Внутри карьера				7	30	600	65	Внешняя тран-шея	30	8	1	17	70
28	Внутри карьера				15	30	600	75	Внешняя груп-повая траншея	24	6	3	12	60
	Серпантина	30	50	30		25		80	Крутая траншея	24	27	5	12	60
29	На косогоре	12			15	25		63	Съезд		8	1	15	70
	Серпантина	50	60	35		30		75	Крутая траншея	22	32		15	55
30	На косогоре	15			25	25		58	Внешняя тран-шея	26	8	1	17	60
	Внутри карьера				20	25	500	70	Съезд	26	8	1	17	70
31	Серпантина	55	50	30		25		80	Съезд	28	8	1	15	70
	На косогоре	15			22	25		60	Крутая траншея	22	32	6	12	65
32	Внутри карьера				10	30	280	70	Внешн. траншея	24	4	1	17	65
	Серпантина	55	40	25		23		70	Съезд	26	6	1	12	70

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 2
«Определение объема капитальных траншей»

Вариант	$h_т$, м	$b_т$, м	i, ед.	$\alpha_т$, град	Исследуемая зависимость
1	5	10	0,025	35	$V_т = f(b_т)$
2	6	12	0,030	40	$V_т = f(\alpha_т)$
3	8	16	0,040	41	$V_т = f(b_т)$
4	16	50	0,060	65	$V_т = f(i)$
5	15	22	0,055	25	$V_т = f(\alpha_т)$
6	35	29	0,060	50	$V_т = f(b_т)$
7	45	26	0,080	65	$V_т = f(\alpha_т)$
8	55	10	0,100	35	$V_т = f(h_т)$
9	54	18	0,110	37	$V_т = f(i)$
10	18	11	0,035	34	$V_т = f(\alpha_т)$
11	41	22	0,085	62	$V_т = f(h_т)$
12	26	17	0,036	40	$V_т = f(i)$
13	37	44	0,085	43	$V_т = f(h_т)$
14	19	23	0,040	38	$V_т = f(i)$
15	82	30	0,120	49	$V_т = f(b_т)$
16	66	38	0,066	62	$V_т = f(\alpha_т)$
17	45	34	0,040	51	$V_т = f(h_т)$
18	75	40	0,080	45	$V_т = f(h_т)$
19	67	20	0,080	37	$V_т = f(i)$
20	25	25	0,035	30	$V_т = f(b_т)$

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 3
«Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого коэффициента вскрыши»

Вариант	L, м	M, м	$H_к$, м	$h_н$, м	$\rho_{п.и}$, т/м^3	$\gamma_{ср}$, град	$\eta_и$	$П_{п.и}$, млн т/год
1	1200	300	350	45	2,8	40	0,92	10,7
2	1500	400	460	40	2,9	39	0,93	20,9
3	1700	500	170	20	3,0	38	0,94	12,8
4	1600	450	280	30	3,1	36	0,92	16,1
5	1400	350	390	40	3,2	35	0,93	14,0
6	1300	250	200	20	3,3	34	0,94	6,1
7	1900	550	210	30	3,2	33	0,93	17,9
8	1800	180	220	40	3,1	32	0,94	5,8
9	1900	280	330	30	3,0	31	0,95	15,4
10	2000	380	240	10	2,9	40	0,96	15,1
11	2200	200	450	25	3,1	41	0,97	20,0
12	1300	100	210	40	3,4	42	0,92	2,5
13	1500	250	180	15	2,1	43	0,93	4,5
14	1900	150	250	30	2,8	44	0,94	5,7
15	1200	230	320	45	2,7	45	0,92	7,9
16	1800	210	280	20	2,5	44	0,94	9,1
17	2200	190	345	25	3,0	43	0,95	13,2
18	1900	245	360	35	1,9	40	0,92	8,7
19	2100	320	500	10	2,7	39	0,93	9,9
20	1600	195	370	12	2,5	38	0,95	9,7

Приложение 4

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 4
«Расчет заряда одиночной скважины»

Расчет проводится для станков шарошечного бурения (СБШ), пород II – IV классов по буримости и взрываемости, III – IV категорий по трещиноватости, сухих вертикальных скважин, сплошных колонковых зарядов.

Вариант	$d_д$, мм	f	$H_у$, м	$\alpha_р$, град	Тип ВВ	Δ, кг/дм^3	q', кг/м^3	$K_{ВВ}$	$\alpha_у$, град
1	214	9,7	10	65	Граммонит 79/21	0,9	0,85	1,00	55
2	190	8,0	10	70	Граммонит 79/21	0,9	0,80	1,00	55
3	243	14,0	12	65	Граммонит 79/21	0,9	0,95	1,00	55
4	320	15,9	12	70	Граммонит 79/21	0,9	1,10	1,00	55
5	243	12,0	15	70	Ифзанит Т-80	1,0	0,90	1,08	55
6	214	8,7	15	75	Ифзанит Т-80	1,0	0,80	1,08	55
7	320	14,5	18	75	Ифзанит Т-80	1,0	1,20	1,08	55
8	214	9,0	18	80	Ифзанит Т-80	1,0	0,85	1,08	55
9	190	8,5	10	75	Игданит	1,0	0,80	1,13	55
10	269	11,4	15	80	Игданит	1,0	0,90	1,13	55
11	320	16,4	20	65	Граммонит 50/50	1,0	1,20	1,01	55
12	320	15,2	10	70	Граммонит 50/50	1,0	1,20	1,01	55
13	269	11,2	15	65	Граммонит 50/50	1,0	1,15	1,01	55
14	190	8,0	20	70	Граммонит 50/50	1,0	0,75	1,01	55
15	269	10,0	12	70	Ифзанит	1,0	0,80	1,08	55
16	190	16,0	10	80	Ифзанит	1,0	1,20	1,08	55
17	320	16,4	12	65	Ифзанит	1,0	1,20	1,08	55
18	214	14,5	20	70	Граммонит 79/21	0,9	1,15	1,00	55
19	269	15,0	15	70	Граммонит 79/21	0,9	1,20	1,00	55
20	214	8,0	20	75	Граммонит 79/21	0,9	0,80	1,00	55

Приложение 5

Значение коэффициента $k_{разб}$ в зависимости от крепости пород

Крепость пород, f	2	4	6	8 - 10	12 - 14	16
$k_{разб}$	1,00	1,05	1,04	1,037 - 1,031	1,03 - 1,021	1,02

Приложение 6

Значение коэффициента $k_з$

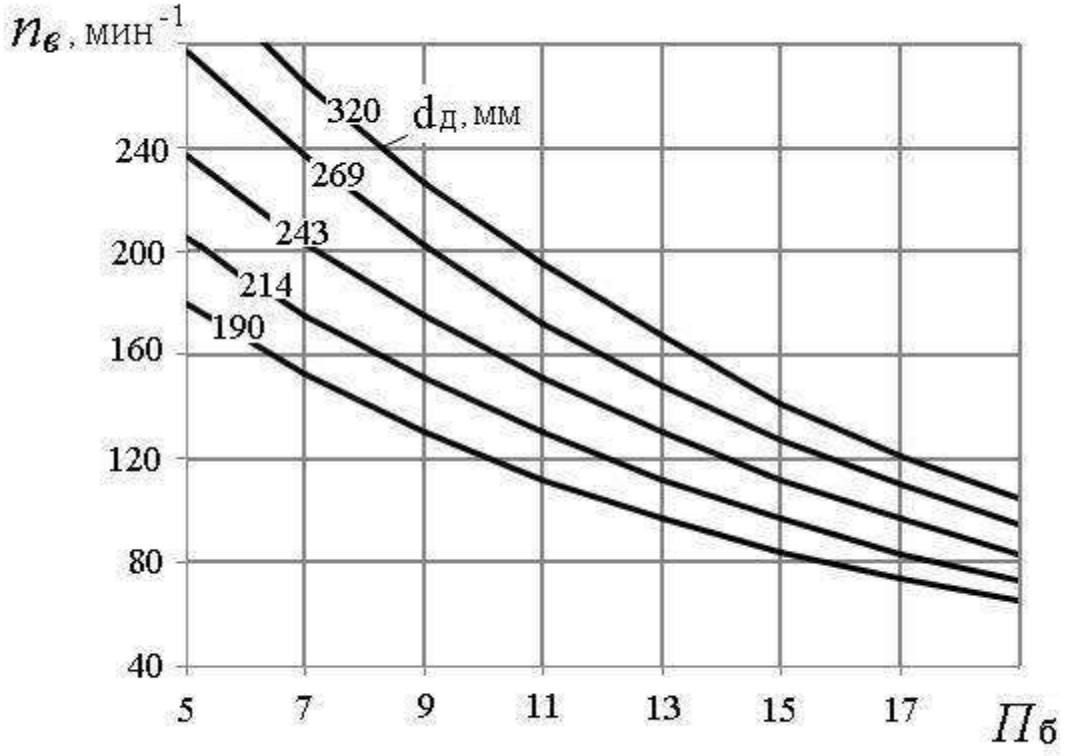
Время замедления, τ, мс	0	10	25	50	75 и более
$k_з$	1	0,95	0,90	0,85	0,80

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 5
«Расчет производительности бурового станка»

Вариант	$d_д$, мм	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{сд}$, МПа	ρ, т/м^3	$T_{см}$, ч/смен	$T_в$, ч/м	$(T_{п.з} + T_р)$, ч/смен
1	214	97	13	3,4	8	0,03	0,5
2	190	80	9	3,0	12	0,03	0,7
3	243	140	14	3,8	8	0,04	0,6
4	320	159	16	2,7	12	0,04	0,7
5	243	120	10	2,5	8	0,05	0,5
6	214	87	10	3,9	12	0,05	0,7
7	320	145	17	3,7	8	0,03	0,6
8	214	90	10	2,7	12	0,03	0,7
9	190	95	17,5	2,8	8	0,04	0,5
10	269	113,5	8,5	2,9	12	0,04	0,7
11	320	164	8,5	3,1	8	0,05	0,6
12	320	152	9	4,0	12	0,05	0,7
13	269	112	14	3,4	8	0,03	0,5
14	190	80	8	2,3	12	0,03	0,7
15	269	100	15	2,4	8	0,04	0,6
16	190	160	10	3,2	8	0,03	0,7
17	320	164	9	2,7	12	0,04	0,6
18	214	145	16	2,3	8	0,03	0,5
19	269	150	15	3,1	12	0,04	0,7
20	214	80	12	2,5	8	0,05	0,6

Приложение 8

Зависимость оптимальной скорости вращения $n_в$ бурового става станков СБШ от $П_б$ и $d_д$



Приложение 9

Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород

$П_б$	≥ 8	10	12	14	16	18
k	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825

Приложение 10

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 6
«Расчет производительности карьерных экскаваторов»

Вариант	Модель экскаватора	Категория пород по трудности экскавации	β, град	$T_{см}$, ч/смен	$n_г$, дней/год	Вид транспорта	$k_и$
1	ЭКГ-3,2	III	90	8	260	Авто	0,75
2	ЭКГ-5А	IV	130	12	260	Ж.-д.	0,60
3	ЭКГ-8И	V	120	8	250	Авто	0,72
4	ЭКГ-6,3УС	III	100	12	250	Ж.-д.	0,63
5	ЭКГ-5А	IV	120	8	250	Авто	0,74
6	ЭКГ-8И	V	130	12	250	Ж.-д.	0,68
7	ЭКГ-6,3УС	III	120	8	250	Авто	0,75
8	ЭКГ-12,5	IV	110	12	230	Ж.-д.	0,65
9	ЭКГ-3,2	V	90	8	260	Авто	0,73
10	ЭКГ-5А	III	120	12	240	Ж.-д.	0,68
11	ЭКГ-6,3УС	IV	130	8	240	Авто	0,75
12	ЭКГ-8И	V	140	12	240	Ж.-д.	0,63
13	ЭКГ-12,5	III	150	8	250	Авто	0,73
14	ЭКГ-20	IV	90	12	230	Ж.-д.	0,64
15	ЭКГ-5А	V	120	8	240	Авто	0,74
16	ЭКГ-3,2	III	110	12	260	Ж.-д.	0,65
17	ЭКГ-5А	IV	115	8	240	Авто	0,75
18	ЭКГ-6,3УС	V	140	12	250	Ж.-д.	0,68
19	ЭКГ-8И	III	95	8	240	Авто	0,74
20	ЭКГ-12,5	IV	115	12	250	Ж.-д.	0,63

Приложение 11

Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)

Категория пород по трудности экскавации	Плотность пород в целике ρ, т/м^3	$k_р$	$k_н$
I	1,6	1,15	1,05
II	1,8	1,25	1,05
III	2,0	1,35	0,95
IV	2,5	1,50	0,90
V	3,5	1,60	0,90

Приложение 12

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 7
«Определение производительности карьерных автосамосвалов»

Вариант	Категория пород (по ЕНВ)	Параметры трассы		Исследуемая зависимость
		L, км	$H_{п}$, м	
1	I	1,2	20	$Q_{а} = f(L)$
2	II	4,0	80	$Q_{а} = f(H_{п})$
3	III	1,4	40	$Q_{а} = f(L)$
4	IV	3,8	20	$Q_{а} = f(H_{п})$
5	V	1,6	60	$Q_{а} = f(L)$
6	I	3,6	200	$Q_{а} = f(H_{п})$
7	II	1,8	100	$Q_{а} = f(L)$
8	III	3,4	120	$Q_{а} = f(H_{п})$
9	IV	2,0	60	$Q_{а} = f(L)$
10	V	3,2	140	$Q_{а} = f(H_{п})$
11	I	2,2	80	$Q_{а} = f(L)$
12	II	3,0	140	$Q_{а} = f(H_{п})$
13	III	2,4	140	$Q_{а} = f(L)$
14	IV	2,8	60	$Q_{а} = f(H_{п})$
15	V	2,6	160	$Q_{а} = f(L)$
16	I	4,0	200	$Q_{а} = f(H_{п})$
17	II	1,0	20	$Q_{а} = f(L)$
18	III	1,4	60	$Q_{а} = f(H_{п})$
19	IV	1,8	80	$Q_{а} = f(L)$
20	V	3,6	220	$Q_{а} = f(H_{п})$

Приложение 13

Техническая характеристика карьерных автосамосвалов БелАЗ

Показатель	Модель автосамосвала				
	БелАЗ - 7540	БелАЗ - 7548	БелАЗ - 7549	БелАЗ - 7514	БелАЗ - 7521
Грузоподъемность, $q_а$, т……..	30,0	42,0	80,0	120,0	180,0
Собственная масса, $G_а$, т…….	21,9	29,5	67,0	95,0	163,0
Геометрическая вместимость кузова, $V_а$, м^3…….	15,0	21,0	35,0	47,0	84,0
Вместимость кузова «с шапкой», $V'_а$, м^3 ……	18,0	26,0	46,0	61,0	110,0
К. п. д. трансмиссии, $\eta_т$ ……..	0,70	0,70	0,78	0,77	0,77
Мощность двигателя, $N_д$, кВт…….	310	368,0	809	1029,0	1691
Продолжительность, мин:					
маневровых операций при установке на погрузку, $t_{м.п}$	0,50	0,59	0,64	0,70	0,87
маневровых операций при установке на разгрузку, $t_{м.р}$ …….	0,54	0,64	0,69	0,76	0,94
разгрузки, $t_р$ …….	0,67	0,78	1,00	1,17	1,51
Ширина проезжей части автодороги при двухполосном движении, T, м	10,5	11,5	14,5	16,0	19,0

Приложение 14

Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов ($k_{т.г}$)

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значение $k_{т.г}$ при суточном пробеге, $L_с$, км						
	50	100	150	200	250	300	350
30 – 42	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
80	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
110 – 180	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

Приложение 15

Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов ($v_{ср.т}$), км/ч

Расстояние, L, км	Высота подъема горной массы, $H_п$, м												
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
1,0	22,7	21,1	18,4	16,0									
1,2	23,9	21,8	19,5	17,5	15,8								
1,4	24,1	22,0	20,0	18,3	16,7								
1,6	24,7	22,5	20,6	19,0	17,6	16,3							
1,8	25,3	23,3	21,5	19,9	18,6	17,4	16,2						
2,0	26,0	24,0	22,3	20,8	19,5	18,3	17,2						
2,2	26,7	24,8	23,1	21,7	20,4	19,2	18,1	17,2					
2,4	27,3	25,5	23,9	22,5	21,2	20,0	19,0	18,0	17,2				
2,6	27,9	26,2	24,6	23,2	22,0	20,8	19,8	18,9	17,9	17,2			
2,8	28,6	26,9	25,4	24,0	22,7	21,6	20,6	19,6	18,8	18,0			
3,0	29,2	27,5	26,1	24,7	23,5	22,4	21,3	20,4	19,5	18,7	18,0		
3,2	29,7	28,2	26,7	25,3	24,2	23,2	22,0	21,1	20,2	19,4	18,6		
3,4	30,4	28,8	27,4	26,1	24,9	23,7	22,7	21,8	20,9	20,1	19,2	18,2	
3,6	31,0	29,4	28,0	26,7	25,5	24,4	23,4	22,5	21,6	20,8	19,6	18,7	17,7
3,8	31,6	30,0	28,6	27,4	26,1	25,1	24,1	23,1	22,3	21,4	20,2	19,4	18,4
4,0	32,0	30,6	29,2	28,0	26,8	25,7	24,7	23,8	22,9	22,1	20,9	20,0	19,2

Приложение 16

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 8
«Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера»

Вариант	$H_у$, м	$n_{ру}$	α, град	$\alpha_у$, град	$b_с$, м	i, ед	Исследуемая зависимость φ от следующих параметров
1	10	3	65	55	16	0,08	$\varphi = f(H_у)$
2	10	4	70	55	12	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
3	12	5	65	52	15	0,06	$\varphi = f(H_у)$
4	12	3	70	64	20	0,03	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
5	15	4	70	60	15	0,04	$\varphi = f(H_у)$
6	15	5	75	67	18	0,06	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
7	18	3	75	70	12	0,03	$\varphi = f(H_у)$
8	18	4	80	70	10	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
9	10	5	75	68	15	0,06	$\varphi = f(H_у)$
10	15	3	80	69	16	0,03	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
11	20	4	65	57	12	0,04	$\varphi = f(H_у)$
12	10	5	70	60	13	0,06	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
13	15	3	65	57	10	0,03	$\varphi = f(H_у)$
14	20	4	70	65	15	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
15	12	5	70	59	16	0,06	$\varphi = f(H_у)$
16	10	3	80	68	17	0,03	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
17	12	4	65	58	18	0,04	$\varphi = f(H_у)$
18	20	5	70	60	15	0,06	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
19	15	3	70	60	12	0,08	$\varphi = f(H_у)$
20	20	4	75	60	13	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$

Приложение 17

Исходные данные к практической работе № 9
«Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»

Вариант	W, млн м^3	$П_в^г$, млн м^3/год	Характеристика складируемых пород	
			тип	ρ, т/м^3
1	160	8,0	Рыхлые	1,6
2	180	9,0	Полускальные	1,8
3	200	10,0	Полускальные	2,0
4	220	11,0	Скальные	2,5
5	120	5,0	Скальные	3,5
6	140	6,0	Рыхлые	1,6
7	185	7,5	Полускальные	1,8
8	260	12,5	Полускальные	2,0
9	170	8,5	Скальные	2,5
10	210	9,5	Скальные	3,5
11	250	13,0	Рыхлые	1,6
12	280	13,5	Полускальные	1,8
13	300	14,0	Полускальные	2,0
14	320	14,5	Скальные	2,5
15	195	9,0	Скальные	3,5
16	100	5,0	Рыхлые	1,6
17	150	7,5	Полускальные	1,8
18	200	9,4	Полускальные	2,0
19	210	8,3	Скальные	2,5
20	240	12,7	Скальные	3,5

Приложение 18

Значение коэффициентов $k_{\text{р}}^{\text{о}}$, $k_{\text{зав}}$ и высоты яруса $h_{\text{я}}$

Породы	$h_{\text{я}}$, м	Значения коэффициентов	
		$k_{\text{р}}^{\text{о}}$	$k_{\text{зав}}$
Скальные …….	30 - 60	1,12 - 1,20	0,7
Полускальные, смешанные ……..	20 - 40	1,06 - 1,12	0,8
Рыхлые, глинистые ……	15 - 20	1,05 - 1,07	0,9

Приложение 19

Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда)

Тип бульдозера	Сменная (за 8 ч) производительность при дальности перемещения грунта до 10 м в породах, м^3		
	рыхлые	полускальные	скальные
Д-685 на базе Т-100М	1100	950	750
ДЗ-27 на базе Т-130	1500	1300	1000
Д-575 на базе Т-180	1900	1650	1300
ДЗ-118 на базе ДЭТ-250М	2200	1850	1500
ДЗ-159УХЛ на базе Т-50.01	4740	4000	3230
D10N (фирма «Катерпиллер»)	3730	3130	2536
D11N (фирма «Катерпиллер»)	5510	4630	3750

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____ С.А. Ушеров

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Автор: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 337 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА…….4
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ……..…5
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА……8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы – 89 часов, заочной – 151 часов.

По курсу «Открытая геотехнология» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

Контрольные вопросы и упражнения предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «*Открытая геотехнология*». Она содержит названия 7 основных тем с указанием основных вопросов и разделов темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА.
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема № 1. Способы добычи полезных ископаемых, их достоинства и недостатки.

Способы добычи полезных ископаемых. Достоинства и недостатки открытой разработки. Сырьевая база горного производства. Технологические свойства горных пород. Элементы и формы залегания месторождений. Продукция горного производства, запасы, качество, потери полезного ископаемого ([1], С. 9-23).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные способы добычи полезных ископаемых?
2. Перечислите достоинства и недостатки открытой разработки?
3. . Перечислите технологические свойства горных пород?
4. Что является продукцией горного предприятия и как определяется ее качество?

Тема № 2. Основные горнотехнические понятия, термины и определения. Элементы карьера и уступа.

Карьер, земельный отвод и горный отвод. Открытые горные выработки. Элементы уступа. Рабочая площадка. Элементы карьера. ([1], С. 23-30).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называют карьером, земельным отводом и горным отводом?
2. Перечислите основные горные выработки?
3. Изобразите уступ и перечислите его элементы?
4. Изобразите карьер и перечислите его элементы?

Тема № 3. Подготовка горных пород к выемке.

Механическое рыхление горных пород. Способы и технические средства бурения взрывных скважин. Типы буровых станков. Конструкция взрывных скважин. Взрывчатые вещества. Средства взрывания Расчет параметров буровзрывных работ. Техника безопасности при производстве буровзрывных работ. ([1], С. 45-70).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как и когда осуществляется механическое рыхление пород?

2. Перечислите способы и технические средства бурения взрывных скважин?

3. Перечислите типы буровых станков и условия их применения?

4. Изобразите взрывную скважину и опишите ее конструкцию?

5. Перечислите взрывчатые вещества, применяемые на ОГР и их состав?

6. Перечислите средства взрывания?

7. Перечислите основные требования техники безопасности при производстве буровзрывных работ?

Тема № 4. Выемочно-погрузочные работы.

Классификация, принцип действия и область применения выемочно-погрузочного оборудования, его основные параметры. Паспорт забоя экскаватора. Расчет производительности и показателей работы выемочно-погрузочного оборудования. Техника безопасности при производстве выемочно-погрузочных работ. ([1], С. 83-134).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Перечислите и опишите основное выемочно-погрузочное оборудование, применяемое на ОГР?

2. Вычертите паспорт забоя карьерного экскаватора?

3.Перечислите какие параметры и факторы влияют на производительность экскаватора?

4. Перечислите основные требования техники безопасности при производстве выемочно-погрузочных работ

Тема № 5. Транспортирование горной массы.

Виды карьерного транспорта. Условия и область применения различных видов транспорта. Транспортные машины. Схемы транспортирования. Расчет показателей работы транспортных машин. Техника безопасности при работе карьерного транспорта. ([1], С. 135-155).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Перечислите основные виды карьерного транспорта и опишите условия их применения?

2.Перечислите какие параметры и факторы влияют на производительность транспортных машин?

3. Перечислите основные требования техники безопасности при работе карьерного транспорта?

Тема № 6. Отвалообразование.

Способы отвалообразования. Механизация отвальных работ при различных видах транспорта на вскрышных работах. Техника безопасности при производстве отвальных работ. ([1], С. 160-179).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Перечислите основные способы отвалообразования?

2.Перечислите оборудование, которое используется при отвалообразовании?

3. Перечислите основные требования техники безопасности при производстве отвальных работ?

Тема № 7. Вскрытие и системы разработки месторождений.

Системы разработки месторождений и их классификация. Основные элементы системы разработки. Расчет их параметров. Виды вскрывающих выработок. Параметры и способы проходки траншей. ([1], С. 231-277).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Приведите классификацию систем разработки при ОРГ?

2. Назовите основные элементы системы разработки и их параметры?

3. Перечислите вскрывающие выработки?

4. Назовите основные параметры траншей?

5. Назовите основные способы проходки траншей?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1991. 336 с.

2. Половов Б.Д., Химич А.А., Валиев Н.Г. Основы горного дела: общие сведения и понятия горного дела. Подземная, открытая и строительная геотехнологии: учебник для вузов / Б. Д. Половов, А. А. Химич, Н. Г. Валиев; ФГБОУ ВПО «Урал. гос. горный ун-т». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. 789 с.

3. Ржевский В.В. Открытые горные работы: производственные процессы: учебник.8-е изд. . М:- : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 512 с.

4. Ржевский В.В. Открытые горные работы: технология и комплексная механизация: учебник.8-е изд.. М:- : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. 552 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С.А. Чупров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Автор: Кокарев К.В.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Горного дела	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Валиев Н.Г.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

«ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ» Методическое пособие по выполнению контрольной работы студентами специальности 21.05.04 Горное дело / К.В. Кокарев Уральский государственный горный университет. Кафедра горного дела - Екатеринбург. Изд. УГГУ. 2019 г. - 44 с.

В методических указаниях изложены общие положения, требования и содержание контрольной работы, включающие определение запасов, годовой производительности и срока службы рудника, обоснование способа вскрытия месторождения, расчет параметров и общих показателей проведения главной откаточной выработки. Исходные данные выдаются преподавателем.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры горного дела (протокол №7 от 17.04.19 г) и рекомендованы для издания в УГГУ.

© Уральский государственный горный университет 2019 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ	4
2. СОСТАВ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	6
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ	6
3.1. Подсчет запасов	6
3.2. Определение годовой производительности и срока существования предприятия	9
3.3. Система разработки	16
3.4. Выбор способа вскрытия	17
3.5. Выбор схемы подготовки шахтного поля	25
3.6. Расчет проходки горной выработки	28
4. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ	38
5.СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	44

ВВЕДЕНИЕ

Цель выполнения контрольной работы состоит в том, чтобы:

- способствовать закреплению, углублению и обобщению знаний, полученных студентом в процессе изучения курса "Подземная геотехнология".

- научить студента правильно применять приобретенные знания для комплексного решения инженерно-технических задач, связанных с подземной разработкой месторождений в конкретных горнотехнических условиях.

- способствовать закреплению навыков работы студентов с учебной и справочной литературой.

Контрольная работа выполняется по разработке месторождения применительно к условиям, содержащимся в задании.

Варианты задания представляются в виде заполненного стандартного бланка, в котором отражены горнотехнические условия разработки месторождения. В задании указывается место расположения обогатительной фабрики, приводятся сведения о рельефе поверхности, наличие на поверхности в зоне влияния горных работ охраняемых природных объектов или сооружений, даются указания о наличии участка некондиционных полезных ископаемых и т.д. В текстовой части задания приводятся сведения о величине углов сдвижения пород, крепости и устойчивости полезного ископаемого и пород, мощности ПИ, а также некоторые дополнительные данные, характеризующие индивидуальные особенности условий разработки, которые необходимо учитывать при выполнении работы.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ

Основанием для выполнения контрольной работы является задание на проектирование, выдаваемое студенту. Работа выполняется в сроки, установленные учебным планом.

Контрольная работа состоит из чертежа и пояснительной записки к нему. В записке приводятся необходимые описания, обоснования и расчеты. Законченная работа должна быть подписана студентом и сдана руководителю на проверку.

1.1. *Оформление графической части работы*

Графическая часть выполняется на листе формата А1 (594х841 мм); а схемы, рисунки и графики прилагаемых к записке, на листах формата А4 (210х297 мм).

При размещении на листе нескольких чертежей его поле разбивается на зоны согласно ГОСТ 2.104-68.

Графика выполняется в системе автоматизированного проектирования AutoCAD.

Оформление чертежа (масштабы, толщина линий, шрифты, разрезы и т.д.) должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.301-68-2.303-68; ГОСТ 2.104-68. Основная подпись (угловой штамп) помещаются в правом нижнем углу листа. Графы ее и спецификация заполняются в соответствии с ГОСТ 2.104-68 (3).

1.2. *Оформление пояснительной записки*

Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист, являющийся первым листом документа, выполняется на листе формата А4 (3);
- задание на проектирование, которое прилагается в записке после титульного листа;
- текст с расчетами, обоснованиями и схемами;
- заключение (выводы);
- список литературы.

Пояснительная записка выполняется машинописным текстом на бумаге формата А4 (210х297 мм). Оформление текста пояснительной записки производится в соответствии с действующими стандартами (3).

1.3. *Задание на проектирование*

Основанием для выполнения контрольной работы является задание на проектирование, выдаваемое студенту преподавателем.

В задании указывается:

мощность рудного тела (нормальная), угол падения, длина месторождения по простиранию, глубина залегания, толща покрывающих пород, мощность наносов, углы сдвижения пород, рекомендуемая система разработки.

Задание может быть выдано также в виде разрезов месторождения, выполненных в масштабе. В этом случае недостающие линейные и угловые размеры могут быть взяты непосредственно из чертежа.

2. СОСТАВ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Графическая часть работы включает:

- схемы вскрытия и подготовки шахтного поля;
- общий вид системы разработки;
- поперечное сечение главных вскрывающих выработок и паспорт буро-взрывных работ.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

- подсчет запасов;
- определение годовой производительности и срока существования предприятия;
- корректировка годовой производительности и срока существования предприятия;
- выбор технологии, механизации и организации очистных работ и определение числа очистных забоев;
- обоснование способа вскрытия шахтного поля;
- выбор типа главной вскрывающей выработки;
- выбор места заложения вскрывающих выработок;
- обоснование схемы подготовки шахтного поля;
- расчет проведения горизонтальной горной выработки;
- список использованной литературы.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ

3.1. *Подсчет запасов*

Раздел начинается с подсчета геологических запасов полезного ископаемого в шахтном поле [1]. Эти запасы подсчитываются с использованием графических и цифровых данных, представленных в задании, по формуле:

$$Qg = m/\sin\alpha * L*(Hr - h_{pp}) * \gamma, \text{ т}, \quad (3.1)$$

где, Qg - геологические запасы, т;

m - нормальная мощность месторождения, м;

α - угол падения месторождения, град;

L - длина месторождения по простиранию, м;

Hr - разведанная глубина месторождения, м;

h_{pp} - мощность покрывающих пород, м;

γ - плотность руды, т/м^3.

Такой метод подсчета геологических запасов называется способом среднего арифметического, он наиболее приемлем для месторождений с выдержанными элементами залегания.

В других случаях определение объема руды, заключенного в рудном теле, можно также осуществить любым доступным способом, например, с помощью планиметра, методом сечений и т.д. с использованием графических материалов задания и содержащихся в задании дополнительных сведений о мощности рудных тел, их количеству и т.д.

При отсутствии в задании каких-либо дополнительных сведений, ограничивающих запасы, которые подлежат отработке, можно считать, что геологические запасы равны балансовым

$$Qg = Qb \qquad (3.2)$$

При наличии в задании дополнительных условий, ограничивающих подлежащие выемке запасы, вследствие их низкого качества установленным кондициям, или из-за необходимости оставления части запасов в различного рода не кондиционных участках месторождения, подсчитываются балансовые запасы:

$$Qb = Qg - Qn, \text{ т}, \quad \text{где} \qquad (3.3),$$

Qb - балансовые запасы, т;

Qn - некондиционные (забалансовые) запасы, т.

Затем подсчитываются промышленные запасы руды, т.е. запасы, подлежащие отработке:

$$Qpr = Qb - Q\ охр.\ цел., \text{ т, где} \qquad (3.4)$$

$Q\ охр.\ цел.$- запасы, оставляемые в охранном целике.

Эксплуатационные запасы рудной массы определяются с учетом потерь и разубоживания руды при добыче, которые зависят от технологии производства очистных работ. В связи с этим, расче-

ту величины эксплуатационных запасов должен предшествовать предварительный выбор системы разработки.

Выбор системы разработки необходимо произвести, руководствуясь геологическими условиями (главным образом, - условиями залегания месторождения) с учетом оговоренных в задании горнотехнических факторов.

Если в условиях, соответствующих заданию, технически возможно применение нескольких различных систем разработки, то необходимо назвать эти системы и методом логического обоснования, т.е. путем общей оценки достоинств и недостатков этих систем [3], выбрать ту из них, которая способна обеспечить в рассматриваемых условиях наиболее высокие технико-экономические показатели.

Ориентировочными значениями потерь (*П*) и засорения (разубоживания *R*) для выбранной системы можно задаться, руководствуясь данными табл.3.1.

Таблица 3.1

Ориентировочные значения потерь и засорения (разубоживания) руды при различных системах разработки

№ п/п	Наименование системы и вариантов	Потери %	Засорение %
1	2	3	4
1	Сплошные системы разработки с естественным поддержанием выработанного пространства	5 - 10	4 – 5 до 50-60 *
2	Камерно-столбовые системы разработки	15 - 25	4 – 5 до 50-60 *
3	Потолкоуступная с распорной крепью	4 - 10	2 – 5 до 50-60 *
4	Камерные системы разработки с этажной и подэтажной отбойкой	1 0-15	5-10
5	С магазинированием руды и мелкошпуровой отбойкой	3-5 до 10	3-5 до 50-60 *
6	С магазинированием руды и отбойкой глубокими скважинами	15-20	15-20
7	Система этажного обрушения	10-15	10-20
8	Система подэтажного обрушения	10-15	10-20
9	С закладкой и отбойкой руды горизонтальны-	0,5-4,0	2-3

	ми слоями		
10	С раздельной выемкой и закладкой подрываемыми вмещающими породами	0,5-4,0	10-15 до 50-60 *
11	Сплошная система с креплением и последующим обрушением кровли	2-5	4-5 до 50-60 *
12	Система слоевого обрушения	2-5	4-5

* - при отработке тонких жил

Величина эксплуатационных запасов рудной массы определяется из выражения

$$Qэ = Qpr(1- Kp) / (1-K_R), \text{ т}, \quad \text{где} \quad (3.5),$$

Kp - коэффициент эксплуатационных потерь при добыче, ($Kp = П/100$);

K_R - коэффициент разубоживания, ($K_R = R/100$).

3.2. *Определение годовой производительности и срока существования предприятия*

При наклонном или крутом залегании рудных тел годовая производительность рудника [3] по его горным возможностям может быть определена из выражения

$$A = V * Sэ\ \gamma * (1-Kp)/(1-K_R) * \gamma * K_1 * K_2 * K_3, \text{ т/год}, \quad \text{где} \quad (3.6)$$

A - годовая производительность, т/год;

V - годовое понижение горных работ, м/год;

$Sэ$ - горизонтальная эксплуатация площадь рудной залежи в шахтном поле, м ;

γ - плотность руды, т/м ;

K_p - коэффициент эксплуатационных потерь, доли ед.

K_R - коэффициент разубоживания, доли ед.;

K_1 ,K_2 ,K_3 - поправочные коэффициенты на угол падения, мощность рудного тела и применяемую систему разработки.

Величина годового понижения показывает, на сколько метров опустятся горные работы в среднем по всей горизонтальной эксплуатационной площади шахтного поля в течение одного года.

Эта величина может определяется двумя способами: первый – из таблиц, в зависимости от горизонтальной площади месторождения

и числа одновременно отрабатываемых этажей. Для месторождений цветных металлов (МЦМ) среднее годовое понижение горных работ может быть принято из таблицы 3.2 в зависимости от горизонтальной площади шахтного поля.

Таблица 3.2

Годовое понижение горных работ для месторождений цветных металлов

№ п/п	Площадь рудных тел, Sэ, тыс. м^2	Величина годового понижения, V, м / год
1	до 4	33 - 26
2	4 - 6	30 – 23
3	6 - 12	25 – 17
4	12 - 20	22 - 13
5	более 20	15 - 9

Для месторождений черных металлов (МЧМ) среднее годовое понижение может быть принято из табл. 3.3 также в зависимости от горизонтальной площади шахтного поля.

Таблица 3.3

Годовое понижение горных работ для месторождений черных металлов

№ п/п	Горизонтальная площадь шахтного поля (Sэ), тыс.м^2	Годовое понижение, V, м/год
1	10 - 20	30 - 25
2	20 - 50	25 - 30
3	50 - 100	20 - 15
4	100 - 200	15 - 12
5	200-400	12 - 8

Горизонтальная площадь находится из выражения

$$S\text{э} = m / Sin\ \alpha * L,\ \text{м}^2 \qquad (3.7)$$

Коэффициент эксплуатационных потерь полезного ископаемого, выраженный в долях единицы, зависит от применяемой системы разработки.

Коэффициент засорения (разубоживания) также зависит от применяемой системы разработки.

Поправочные коэффициенты в выражении (3.6) находятся из таблиц 3.4, 3.5, 3.6.

Таблица 3.4

Поправочный коэффициент на угол падения.

№ п/п	Угол падения, α	Значение K_1
1	90	1,2
2	60	1,0
3	45	0,9
4	30	0,8

Таблица 3.5

Поправочный коэффициент на мощность месторождения.

№ п/п	Мощность месторождения, м	Значение K_2
1	до 5	1,25
2	5-15	1,0
3	15-25	0,8
4	> 25	0,6

Таблица 3.6

Поправочный коэффициент K_3 к величине годового понижения горных работ в зависимости от применяемых систем разработки.

№ п/п	Система разработки	K_3
1	Камерные, камерно-столбовые, с магазинированием руды, с обрушением руды и вмещающих пород (без профилактического заиливания)	1.0
2	С обрушением и профилактическим заиливанием	0.9
3	Камерные, сплошные и столбовые с закладкой	0.85
4	Системы слоевого обрушения	0.80
5	Горизонтальные слои с закладкой	0.75

Размеры шахтного поля, средняя мощность рудных тел и объемная плотность руды принимаются в расчетах в соответствии с заданием.

Второй способ нахождения годового понижения, для сравнения можно воспользоваться данными таблицы 3.7 и 3.8. Для определения величины годового понижения горных работ по данным таблицы 3.7 устанавливается категория шахтного поля. Затем, в соответствии с размерами шахтного поля и условиями разработки, по таблицы 3.8 принимается ориентировочное значение среднегодового понижения горных работ.

Таблица 3.7

Классификация шахтных полей по их размерам и запасам содержащихся в них полезных ископаемых

№ п/п	Характеристика шахтных полей по размерам	МПИ тонкие и средней мощности с длиной поля, м	Мощные МПИ (более 15-20 м) с длиной поля, м
1	Очень большие	свыше 1500	свыше1000
2	Большие	1000-1500	600-1200
3	Средних размеров	600-1000	300-600
4	Небольшие	менее 600	менее 300

Таблица 3.8

Среднегодовое понижение горных работ в зависимости от размеров шахтного поля

№ п/п	Характеристика шахтных полей по размерам	Среднегодовое понижение V, м/год
1	Очень большие	12-20
2	Большие	15-30
3	Средних размеров	20-40
4	Небольшие	20-50

Содержащиеся в этой таблице данные характеризуют отработку месторождений, представленных рудными телами средней мощности при средних значениях угла падения. Поэтому, принимаемые из таблицы значения годового понижения горных работ также необходимо откорректировать путем введения соответствующих коэффициентов на мощность рудных тел и угол их падения.

Срок существования рудника складывается из срока ввода рудника в эксплуатацию (t_1); срока отработки месторождения с производительностью "*А*" (t_2) и срока затухания горных работ на руднике (t_3).

$$T = t_1 + t_2 + t_3 \text{, лет} \qquad (3.8)$$

По нормам технологического проектирования t_1 -3 года.

t_2 - время работы рудника с проектной (расчетной) производительностью "*А*", лет.

$$t_2 = Qpr * (1 - Kp) / A * (1-K_R) \text{ , лет} \qquad (3.9)$$

где *Qpr* - промышленные запасы шахтного поля (1,5), т;

А - годовая производительность (3,6), т/год.

t_3 - время затухания горных работ. По нормам технологического проектирования 3-5 лет.

Для определения годовой производительности предприятия, разрабатывающего пологие или горизонтально залегающие рудные тела, можно воспользоваться выражением

$$Агод = Qэ / t_2, \text{ т/год, где} \qquad (3.10)$$

t_2 - расчетный срок существования предприятия, лет;

$$t_2 = T - t_1 - t_3, \text{ лет, где} \qquad (3.11)$$

Т - полный срок существования рудника, лет.

Полный срок существования предприятия в известной степени зависит от запасов месторождения и условий разработки. При установленных запасах и известных условиях эксплуатации полный срок службы предприятия может быть определен путем использования данных табл.3.9, составленной на основе статистической обработки фактических материалов.

Зная срок существования предприятия уже легко можно определить его годовую производительность, воспользовавшись формулой (3.10).

3.2.1. *Проверка и корректировка годовой производительности*

Для оценки достоверности принятых решений и выполненных расчетов предлагаются диаграммы, представленные на рис. 3.1 и 3.2.

Зная эксплуатационные запасы месторождения, из диаграммы можно определить минимальную и максимальную экономически целесообразную годовую производительность рудника.

Таблица 3.9

Срок существования горнодобывающих предприятий в зависимости от запасов полезного ископаемого и условий эксплуатации месторождения

Небольшая глубина и легкие условия разработки		Большая глубина и трудные условия разработки	
Запасы рудной массы, тыс.т.	Срок существ. предпр., лет	Запасы рудной массы, тыс.т.	Срок существ. предпр., лет
400-1000	8-10	600-1500	12-15
1000-2400	10-12	1500-3600	15-18
2400-7500	12-15	4000-12500	20-25
7500-20000	15-20	12500-30000	25-30
20000-25000	20-25	30000-40000	30-40

Если полученная расчетом (3.6) годовая производительность рудника
будет находится между *Amin* и *Amax,* полученных из диаграммы, то годовое понижение V выбрано верно. Если же расчетное значение годовой производительности не попадает в "вилку" *Amin - Amax*, то необходимо изменить годовое понижение (*V*).

Диаграмма на рис. 3.1 разработана для небольших глубин распространения месторождений (до 400-600 м). Диаграмма рис. 3.2 - для месторождений с глубиной более 600 м.

На диаграммах по величине эксплуатационных запасов находятся точки пересечения с линиями *Tmax, Amin* и *Tmin, Amax*.

Из точек пересечения проводятся перпендикуляры на ось абсцисс для нахождения *Amin* и *Tmax* значений производительности рудника. В случае несовпадения А из (3.6) и из диаграмм (2.2;2.3) требуется вновь определить годовое понижение горных работ.

Из (3.6) получим значение *V*.

$$V = A(1-K_R)/(Sэ(1-Kp)\,K_1\,K_2\,K_3\,),\ \text{т/год} \qquad (3.12)$$

Таким образом, необходимо несколько раз определить годовую производительность по разным методикам, включая диаграммы на рис. 3.1 или 3.2.

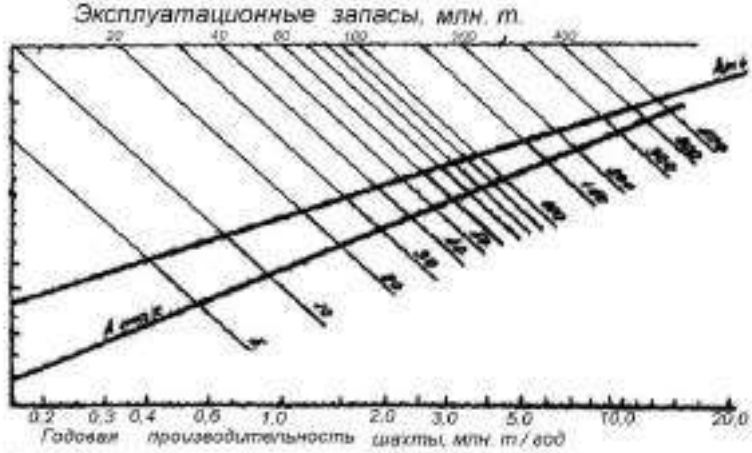


Рис. 3.1. Диаграмма для определения годовой производительности рудника (глубины до 600 м).

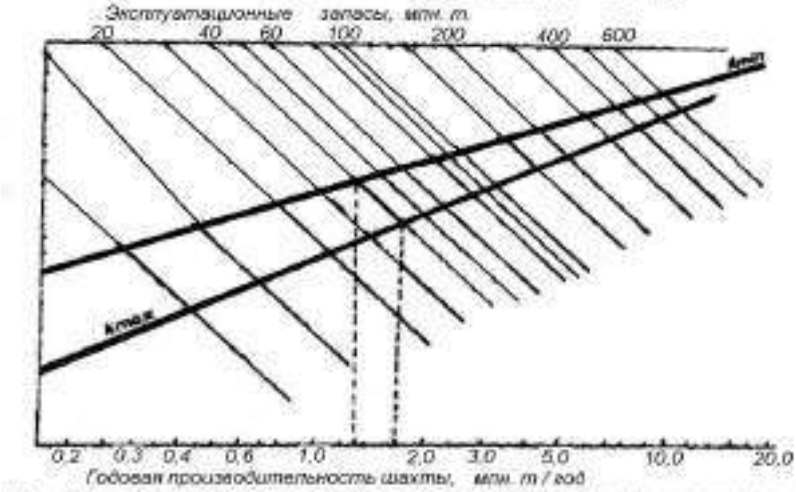


Рис. 3.2. Диаграмма для определения годовой производительности рудника (глубины более 600 м)

Возможно, определить среднюю из них, «затвердить» ее в проекте и по принятой в проекте годовой производительности найти срок отработки месторождения.

3.3. *Система разработки*

Описание системы разработки.
В учебной или справочной литературе находится класс или группа, к которым относится заданная система разработки.

Анализируются все варианты этой системы разработки. Выбирается вариант в наибольшей степени соответствующий параметрам месторождения (мощность и угол падения).

Приводится общее описание системы разработки, условия применения, выбираются основные параметры (длина блока, высота этажа, ширина междукамерных целиков, длина камеры, толщина днища, потолочины, высота подэтажей), подготовительно-нарезные работы, отбойка руды, выпуск и доставка руды, проветривание блока, мероприятия по технике безопасности, достоинства и недостатки системы, приводятся основные технико-экономические показатели по принятой системе разработки, на основании горно-технической литературы.

В виде эскиза показывается схема расположения шпуров или скважин с указанием расстояния между шпурами или скважинами, их рядами или веерами.

На основании опыта работы предприятий, описаний в учебной и специальной горнотехнической литературе, выбираются средства механизации подготовительных и очистных работ.

Дается описание основных технологических операций очистной выемки по стадиям работ - подсечка, образование отрезной щели, отработка основных запасов блока, погашение целиков, и проветривания очистных работ.

Таблица 3.10

Вертикальная высота этажа для основных систем разработки месторождений

Система разработки	Высота этажа, м
Камерно-столбовая и система разработки и	

со сплошной выемкой	
Потолкоуступная система разработки с распорным креплением	30-60
Камерные системы разработки с подэтажной и этажной отбойкой руды	50-100
С магазинированием руды	40-75
С закладкой и отбойкой руды горизонтальными слоями	30-50
Система слоевого обрушения	30-60
Система подэтажного обрушения	40-75
Система этажного принудительного обрушения	40-100

С учетом конструктивных особенностей принятого варианта системы разработки и средств механизации погрузочно-доставочных работ устанавливается возможное число действующих в блоке забоев, рассчитывается производительность блока и определяется необходимое количество действующих блоков для обеспечения расчетной производительности предприятия.

Эскизно в 2-3 проекциях вычерчивается принятый вариант системы разработки с указанием пунктов погрузки руды и направления движения воздушной струи по основным выработкам блока. Указываются размеры конструктивных основных элементов системы разработки.

3.4. *Обоснование и выбор способа вскрытия*

При выполнении этого раздела основной задачей исполнителя является выбор наиболее рационального способа вскрытия, который обеспечил бы безопасность работ, наибольшую экономичность по капитальным затратам, эксплуатационным расходам и степени использования запасов месторождения, необходимую интенсивность вскрытия месторождения, необходимого в техническом отношении удобства при эксплуатации.

Выбор наиболее рационального способа вскрытия должен производится на основе отбора вариантов вскрытия, технически приемлемых для месторождения с параметрами, установленными заданием, с учетом топографических, горнотехнических и других, отмеченных в задании условий. Выбранные два варианта вскрытия

сравниваются по технико-экономическим параметрам с использованием укрупненных экономических показателей.

Выбор способа вскрытия складывается из выбора отдельных его элементов, основными из которых являются: тип основной вскрывающей выработки, тип и количество вспомогательных вскрывающих выработок, место заложения основных и вспомогательных вскрывающих выработок по отношению к рудному телу (по линии простирания и вкрест простирания), высота этажа и тип этажных вскрывающих выработок.

С учетом геологических и горнотехнических условий выбираются основные элементы вскрытия и, таким образом, устанавливается способ вскрытия, технически приемлемый в условиях проектируемого месторождения. Если таких способов окажется несколько, то производится их технико-экономическое сравнение на основе укрупненных экономических показателей с целью выбора наиболее экономичного.

При выборе типа основной вскрывающей выработки необходимо учитывать рельеф поверхности, угол падения и склонения месторождения, свойства пород и глубину разработки. При углах падения 15-75° месторождения могут вскрываться как вертикальными, так и наклонными шахтными стволами. При углах падения до 15° длина наклонных стволов чрезмерно велика, а при углах падения более 75 длина квершлагов при вертикальных стволах незначительна, поэтому в интервалах углов падения 0-15° и 75-90° в большинстве случаев целесообразно применение вертикальных шахтных стволов. Вскрытие наклонными стволами может быть целесообразным при углах падения рудного тела в пределах от 15-20° до 50 градусов.

Влияние угла склонения месторождения по простиранию сказывается при расположении ствола на фланге месторождения. При небольшом угле склонения (до 15-30°) следует применять вертикальные стволы, а при значительном склонении (45° и более) - наклонные [1,2].

Вскрытие штольней целесообразно применять в условиях гористой местности при таком расположении рудных тел относительно поверхности, которое допускает расположение штольни ниже всего месторождения или значительной по объему его части, а также в тех случаях, когда вскрытие штольней обеспечивает зна-

чительное уменьшение длины квершлагов по сравнению со вскрытием шахтным стволом.

3.4.1. *Выбор места заложения вскрывающих выработок*

Количество и взаимное расположение главных и вспомогательных вскрывающих выработок определяется размерами шахтного поля, производственной мощностью предприятия и схемой проветривания.

Шахтное поле вскрывается обычно одним главным шахтным стволом или главной вскрывающей штольней и одной или несколькими вспомогательными вскрывающими выработками, предназначенными для вентиляции, вспомогательного подъема, в качестве запасного выхода на поверхность, а также для ускорения подготовки этажей или шахтного поля в целом [1].

Взаимное расположение главных и вспомогательных стволов определяется, прежде всего, принятой схемой проветривания. При диагональной схеме проветривания главный ствол располагают в центральной части шахтного поля, а вспомогательные стволы - на флангах, или же - главный и вспомогательный стволы располагаются на разных флангах [5].

Условия применения центральной схемы расположения главного и вспомогательного шахтных стволов предопределяются ее достоинствами, которые состоят в минимальном числе вспомогательных стволов (что особенно важно при большой глубине разработки), компактности расположения поверхностных сооружений, возможности оставления у обоих стволов общего охранного целика, если стволы заложены в висячем боку, легкости соединения главного и вспомогательного шахтных стволов, что позволяет ускорить начало очистных работ, удобстве углубки стволов. экономичности способа вскрытия. Вместе с тем центральное расположение стволов имеет и много недостатков, главнейшим из которых - сложные условия проветривания. Поэтому при больших размерах шахтного поля и сложных условиях проветривания предпочтительнее фланговое расположение вспомогательных стволов с диагональной схемой проветривания.

Центральное расположение главного и вспомогательного стволов применяется в тех случаях, когда вышеперечисленные факторы имеют первостепенное значение для обеспечения При не-

большой глубине шахт и невысокой их производительности часто оказывается целесообразным вместо вентиляционного ствола на флангах шахтного поля проходить вентиляционные шурфы, оборудованные при необходимости ходовым отделением. Эти шурфы проходят до верхнего вентиляционного штрека: с нижележащими штреками последние соединяются восстающими, проводимыми по мере подготовки новых рабочих горизонтов.

В отдельных случаях, при очень высокой производительности предприятий, специфически сложных условиях разработки или в связи с особенностями технологии производства очистных работ может возникнуть необходимость в проведении шахтных стволов специального назначения: вентиляционных, водоотливных, закладочных и т.п.

Главный и вспомогательные шахтные стволы закладывают на поверхности за границей зоны сдвижения пород. В тех случаях, когда по каким-либо причинам заложение шахтного ствола за пределами зоны сдвижения оказывается невозможным, возле шахтного ствола оставляют предохранительный целик.

Если содержащиеся в задании условия позволяют выбрать способ вскрытия с расположением шахтных стволов за пределами зоны сдвижения пород, задача исполнителя состоит в определении расположения зоны сдвижения и ее границ и установлении места возможного заложения шахтных стволов с учетом размеров бермы безопасности [1,5].

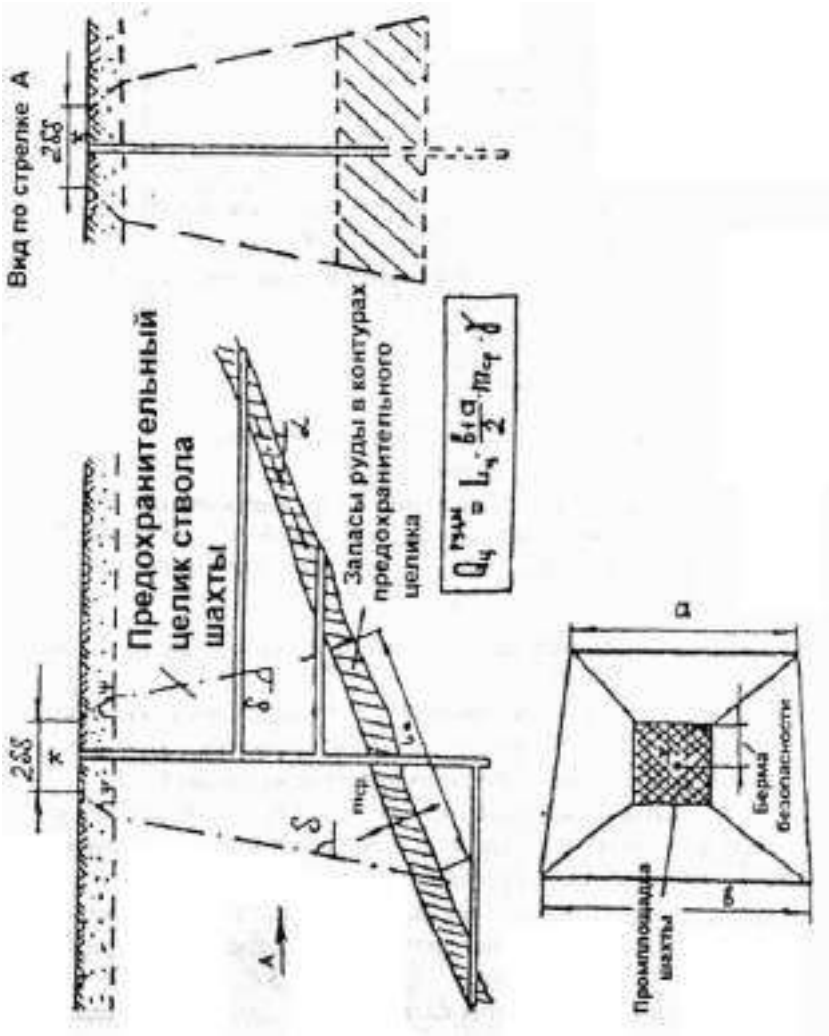


Рис. 3.4. Построение охранного целика

При необходимости оставления предохранительных целиков производится (рис. 3.4) построение этих целиков графическим методом [2,5] и подсчитываются запасы руды, попадающие в контуры целика.

Положение главного рудоподъемного ствола или главной откаточной штольни в направлении простирания необходимо определять с учетом следующих основных факторов: безопасности и удобства расположения устья вскрывающих выработок и поверхности сооружений; расходов на подземный и поверхностный транспорт руды, а также с учетом особых условий местного характера, указанных в задании.

Оптимальное расположение основной вскрывающей выработки из условия минимальной работы транспорта обеспечивается, если общая работа по транспортировке полезного ископаемого по откаточным выработкам, выраженная произведением грузов на расстояния, для всего шахтного поля будет наименьшей.

Практически это означает, что ствол должен быть расположен в плоскости, перпендикулярной к простиранию решается следующим образом. Рудная залежь или группа рудных тел в пределах шахтного поля, вскрываемых одной главной выработкой, разбивается по длине шахтного поля вертикальными сечениями на группу условных блоков.

Для каждого из этих блоков любым доступным методом ориентировочно подсчитываются содержащиеся в них промышленные запасы руды Q1, Q2, Q3, ..., Qi, ..., Qn. Общие запасы месторождения при этом составят Q. Затем, путем суммирования запасов слева направо устанавливается положение такого блока, прибавление запасов которого Qi к сумме запасов блоков левого фланга Q даст величину, большую половины общих промышленных запасов шахтного поля, место этого блока в шахтном поле и определит примерное положение вертикальной плоскости, расположение в которой главной вскрывающей выработки (ствола или штольни) обеспечит минимальную работу, а следовательно и минимальные затраты на подземный транспорт [1,2,4].

Оптимальное расположение вскрывающей выработки определится тем более точно, чем чаще расположены сечения, разделяющие шахтное поле на блоки. Решение будет достаточно точным, если расстояние между сечениями, т.е. длину блоков по простиранию принять равной 50-100 м.

Содержащиеся в задании дополнительные сведения, отражающие специфику местных условий (рельеф местности, застроенность поверхности дорогостоящими сооружениями, расположение

вблизи месторождения рек и озер, а также наличие в лежачем или висячем боках месторождения сильно
обводненных пород, карстовых пустот или плывунов) могут обусловить невозможность или техническую нецелесообразность заложения главных вскрывающей выработки в месте, оптимальном с точки зрения обеспечения минимума работы подземного транспорта. В этом случае необходимо выбрать новое место заложения ствола или главной откаточной штольни с учетом особых местных условий, считаясь однако с тем, чтобы увеличение затрат на подземный транспорт или стоимости проведения капитальных выработок было по возможности минимальным.

Описанные выше действия позволяют определить место заложения шахтного ствола или штольни, когда переработка (обогащение) добытой руды будет производится на фабрике, расположенной в непосредственной близости от промплощадки шахтного ствола, т.е. когда затраты на транспортировку руды на поверхности отсутствуют или незначительны по величине.

Однако, в целом ряде случаев добытую руду приходится транспортировать по поверхности до фабрики, промплощадка
которой расположена на значительном расстоянии от промплощадки шахты. В этом случае затраты на поверхностный транспорт могут быть весьма значительными и это обстоятельство необходимо учитывать при определении места заложения главной вскрывающей выработки.

С учетом выбранной высоты этажа определяется время на вскрытие и подготовку нового горизонта:

$$t_{в.п} = (Н_э \, S \, \gamma \, (1 - К_п)) / (А_{год} \, \omega_{в.п.} \, (1-К_R)), \quad (3.23)$$

где S - горизонтальная площадь месторождения, м;

ω - коэффициент опережения, учитывающий обеспечение условий для своевременного вскрытия и подготовки этажа при заданной производственной мощности шахты.

Значение коэффициента опережения принимают в зависимости от сложности геологических и горно-технических условий разработки. Он изменяется в пределах от 1,1-1,2 до 2,0-2,5.

Наиболее высокие значения коэффициента принимают в особо неблагоприятных условиях.

Вследствие стремления как можно быстрее приступить к эксплуатации месторождения, стволом, проводимым с поверхно-

сти, вскрывают обычно один - два верхних этажа. Вскрытие нижележащих этажей при этом осуществляется путем последовательной углубки ствола с этажа на этаж.

Однако в последние годы, всвязи с увеличением скорости проходки шахтных стволов и значительного сокращения сроков отработки этажей вследствие интенсификации горных работ, часто оказывается целесообразным проходить стволы сразу на несколько этажей или даже на всю разведочную глубину месторождения [1]. Ориентировочно можно считать нормальной проходку ствола на глубину, обеспечивающую работу рудника без углубки в течение 12-15 лет.

Стволы глубиной до 400-500 м при расположении их в достаточно устойчивых породах, целесообразно проходить сразу на всю глубину.

При вскрытии шахтных полей со значительной их длиной по простиранию и большой рудной площадью сбойку ствола с месторождением осуществляют обычно на каждом этаже и околоствольные дворы с полным комплектом выработок также проходят на каждом этаже. В тех же случаях, когда запасы руды в этажах невелики, а годовая производительность шахты значительна, проходить на каждом этаже околоствольные выработки и длинные квершлаги часто оказывается экономически невыгодным и технически трудно осуществимым из-за ограниченных сроков вскрытия и подготовки. Если при этом не представляется возможным из-за технических, геологических, горнотехнических или других причин увеличить высоту этажа, то целесообразно квершлаги с полным комплектом околоствольных выработок проходить через несколько этажей, а на промежуточных горизонтах либо вообще не проходить квершлагов, либо проходить их небольшим сечением с минимальным числом наиболее необходимых выработок в околоствольном дворе. Подъем руды при такой схеме вскрытия этажей будет осуществляться с промежуточных рабочих горизонтов через капитальные рудоспуски.

Для решения вопроса о целесообразности применения той или иной схемы вскрытия этажей в условиях, соответствующих заданию, необходимо по формуле (2.11) рассчитать время подготовки или вскрытия и подготовки нового горизонта и путем построения календарного графика вскрытия и подготовки этажа с исполь-

зованием средних значений скорости проведения и оборудования горных выработок и учетом объемов работ, соответствующих геологическим, горнотехническим условиям месторождения и мощности предприятия, установить техническую возможность выполнения этих работ в установленные сроки.

Если в результате сравнения расчетных величин окажется, что $t_0\ \omega_п < t_{вп}$, - принимается решение о применении концентрационных горизонтов (при сложной схеме подготовки этажа, больших размерах и запасах шахтного поля) или применении вскрытия групповыми квершлагами [1].

При выборе способа вскрытия может случится, что в рассматриваемых условиях технически возможно применение нескольких вариантов вскрытия, при этом трудно какому-либо из них отдать предпочтение. В этом случае выбор наиболее целесообразного из вариантов производится путем их технико-экономического сравнения, которое необходимо производить в следующем порядке. Для каждого из конкурирующих вариантов определяются величины капитальных затрат и эксплуатационных расходов, зависящих от схемы вскрытия. В общем случае это:

- капитальные затраты на проведение вскрывающих и околоствольных выработок, на устройство надшахтных и других технических сооружений на поверхности и связанное с ними оборудование;

- эксплуатационные расходы на поддержание вскрывающих выработок, подземную откатку и поверхностный транспорт, подъем, водоотлив и пр.;

- экономический ущерб от оставления руды в охранных целиках.

Экономические расчеты по сравниваемым способам или вариантам вскрытия необходимо производить на одни и те же балансовые запасы и полный срок существования предприятия.

При этом в сравнительном расчете принимают участие лишь те статьи затрат, по которым рассматриваемые варианты отличаются друг от друга.

3.5. *Выбор схемы подготовки шахтного поля*

Выбор способа подготовки месторождения состоит в определении типа, числа подготовительных выработок откаточного горизонта, а также построения схемы из взаимного расположения в увязке с контурами рудного тела [2].

Подготовка горизонтально залегающих месторождений производится главными штреками или главными и панельными штреками. Их количество и схема взаимного расположения определяется с учетом конструктивных параметров принятого варианта системы разработки, способа доставки руды, ее погрузки и транспортировки.

При сложной гипсометрии почвы подготовительные откаточные выработки необходимо располагать в подстилающих породах (полевые штреки). При выдержанном контакте рудной залежи с породами почвы панельные и главный откаточные штреки проводят по руде у контакта с подстилающими породами.

Подготовка наклонных и крутопадающих месторождений осуществляется этажными штреками или этажными штреками и ортами. При этом подготовку маломощных рудных тел целесообразно производить одним штреком, проводимым по рудному телу одновременно используя его в качестве разведочной выработки, при средней мощности рудного тела его подготовку следует производить штреком в контакте с породами лежачего бока. От этого правила отступают при весьма сложном извилистом характере контакта, наличии возле контакта зоны ослабленных неустойчивых пород. В таких условиях штреки необходимо проводить либо по руде в контурах рудного тела, либо полевыми - в породах лежачего бока.

Подготовка мощных наклонных и крутопадающих рудных тел осуществляется комбинированным способом - штреками и ортами. Вообще необходимость применения комбинированной схемы подготовки определяется условиями залегания рудного тела прежде всего - мощностью и углом падения, - и конструкцией днища выемочных блоков. Орты проводят в том случае, когда комбинация этих условий не позволяет осуществить выпуск - доставку руды к откаточному штреку [3].

В зависимости от способа выпуска, доставки и погрузки руды, свойственного выбранному варианту системы разработки, а так же в зависимости от организации работы подземного транспорта, при подготовке мощных наклонных и крутопадающих рудных тел может быть применена либо комбинированная схема подготовки с произведением откаточного штрека со стороны лежачего бока и тупиковых ортов-заездов по рудному телу, либо кольцевая схема подготовки со штреками в висячем и лежачем боках и сквозными откаточными ортами, количество которых и расстояние между которыми определяется конструктивными параметрами системы разработки с расположением доставочных выработок в днище выемочных блоков.

Для определения количества подготовительных выработок на откаточном горизонте и их взаимного расположения необходимо выбрать вариант подготовки днища выемочного блока в наиболее полной мере соответствующего геологическим и горнотехническим условиям задания, а также с учетом возможности применения высокопроизводительного погрузочно-доставочного оборудования.

Затем, руководствуясь данными горнотехнической литературы [1,3,4,7] выбрать основные конструктивные параметры принятого варианта системы разработки (размеры блока или панели, расстояние между откаточными штреками или ортами и т.д.), на основании этих данных вычертить схему расположения подготовительных выработок на откаточном горизонте в пределах шахтного поля в увязке с контурами рудных тел. Образец схемы расположения подготовительных выработок откаточного горизонта показан на рис. 3.9.

В заключительной части раздела производится расчет удельного объема подготовительных выработок откаточного горизонта в расчете на 1000 т. добычи и устанавливаются объем руды (в тыс. т.) и количество блоков, соответствующие установленным нормам обеспеченности предприятия подготовленными и готовыми к выемке запасами.

При определении количества подготовленных и готовых к выемке запасов месторождения необходимо руководствоваться данными табл. 3.19.

Расчет величины подготовительных и готовых к выемке запасов производится по формулам

$$Q_{подг} = (N_{подг} А_{год}) / 12, \text{ т} \qquad (3.38)$$

и $Q_{гот} = (N_{гот} А_{год}) / 12$, т (3.39)

где $N_{подг}$ и $N_{гот}$ - норма обеспеченности соответственно подготовленными и готовыми к выемке запасами, мес.;

Таблица 3.19

Нормы обеспеченности подготовленными и готовыми к выемке запасами руды (в месяцах).

Тип месторождения	Подготовлен. запасы	Готовые к выемке
Крутопадающие пластообразные залежи мощные и весьма мощные (от 5-10 до 90-200 м.).	24-54	4-8
Крутопадающие пластообразные залежи маломощные и мощные (от 1 до 5-6 м.)	12	6
Крутопадающие линзы мощные и весьма мощные (от 2-6 до 40-90 м.).	12-36	6-12
Крутопадающие маломощные жилы (до 2 м.).	9-16	4-8
Наклонные и пологопадающие пластообразные залежи и мощные линзы от 2-3 до 10-12 м.	8-24	6-12
Горизонтальные залегающие гнезда мощностью до 2-3 м. и на некоторых участках до 4-5 м.	6-10	3-4

Число подготовленных блоков определяется из выражения

$N_{подг.} = (N_{подг.} А_{год} (1-Кр)) / 12 V_{бл} К_{н}$, шт., (3.40)

в том числе готовых к выемке

$N_{гот} = (N_{гот} А_{год} (1-Кр)) / 12 V_{бл} К_{н}$, шт., (3.41)

где $V_{бл}$ - средний объем блока, м.

3.6. *Расчет проходки горной выработки*.

Задача этого раздела работы состоит в выполнении технического расчета проходки горизонтальной горной выработки (откаточного штрека, или квершлага) с построением графика цикличной организации работ.

Работу над разделом следует начинать с определения формы и площади поперечного сечения выработки. Форма поперечного сечения выработки, как известно, зависит от материала и конструкции крепи, которые в свою очередь зависят от крепости и устойчиво сти окружающих пород, срока службы выработки. Поэтому при выборе материала к конструкции крепи необходимо руководствоваться характеристикой пород, приведенной в задании, а также сроком службы выработки, которая с учетом последующего использования ее в качестве вентиляционной, при отработке нижнего этажа соответствует двойному сроку отработки этажа.

При наличии крепких устойчивых пород выработку можно оставить без крепления. В средних условиях, при относительно небольшом сроке службы выработки необходимо применять деревянную крепь. При недостаточной устойчивости пород, сложных условиях выработки и большом сроке службы выработки следует принимать металлическую арочную крепь, монолитную бетонную, или сборную железобетонную (рис. 3.10).

Форму поперечного сечения выработки, проведенной без крепления, следует принимать сводчатую с полуциркульным или коробовым сводом (в зависимости от ширины выработки). Для выработок с креплением форму поперечного сечения выбирают в соответствии с типом крепи, при деревянной крепи – трапециевидную, при арочной металлической - сводчатую.

При определении площади поперечного сечения выработки необходимо руководствоваться типом и габаритными размерами транспортного оборудования, величиной зазоров, регламентируемых правилами безопасности, а также допустимой скоростью движения по выработке воздушной струи.

При выборе типа и габаритных размеров транспортного оборудования можно использовать данные, представленные в табл. 3.20 и 3.21. При этом необходимо иметь в виду, что аккумуляторные электровозы в условиях рудных шахт применяются, главным образом, при малых объемах перевозок и незначительной длине откатки. Транспортные выработки при этом обычно имеют один рельсовый путь с шириной колеи 600 мм. При значительном объеме перевозок выработки обычно проводятся двухпутевыми.

Из этого правила могут стать исключением однопутевые орты-заезды и откаточные штреки, расположенные в висячем боку

рудной залежи при кольцевой схеме подготовки и одностороннем движении транспорта по этим выработкам.

После определения основных размеров поперечного сечения выработки, пользуясь графическими и аналитическими зависимостями между отдельными ее конструктивными параметрами, определяют все остальные, важные для последующих расчетов размеры поперечного сечения и конструктивных элементов выработки [3].

Таблица 3.20

Таблица для выбора подвижного состава

Производительность рудника тыс.т/год	Подвижной состав	
	Электровозы	Вагонетки
30 -300	К3-1; К5-1	ВГ-07; ВГ-1,2; УВО-0,5; УВО-0,8; УВГ-0,7
300-600	2К10-1	ВГ-2,2;ВГ-1,2; УВГ-2,2
600-1200	К5-2; 2К10-2	ВГ-1,2; ВГ-2,2
1500-3000	2К14-2; К20-2	ВГ-4,0 У
3000-5000	К28-2	ВГ-8,0

Таблица 3.21

Данные для определения габаритов подземного транспортного оборудования

Вагонетки			Электровозы		
Тип куз.,	Ширина, мм	Высота от голов рельс, мм	Тип куз.	Ширина, мм	Высота от головки рельс, мм
ВГ-0,7-600*	850	1250	4КР-600	1300	1515
ВГ-1,2-750	1000	1300	7КР1У-900	1332	1500
ВГ-2,2-750	1200	1300	10КР2-900	1348	1500

ВГ-4,0-900	1320	1550	14КР2-900	1350	1650
ВГ-8,0-900	1350	1550	К10-900	1350	1650
УВО-0,5-600	870	1200	К14-900	1350	1650
УВО-0.8-600	1000	1250	КТ28-900	1350	1650
УВО-1,0-750	1190	1250			
УВБ-2,5-900	1340	1400			

* - первая цифра - емкость вагонетки, вторая - ширина колеи.

Установленная расчетная площадь поперечного сечения выработки проверяется по скорости движения воздушной струи. Минимальная площадь, удовлетворяющая требованиям правил безопасности по максимально допустимой скорости движения воздуха определяется из выражения

$$Sсв = (Ав\ q\ Кн) / (N\ Vв\ 60),\ м^2\ , \qquad (3.42)$$

где Ав - среднегодовой объем добычи, транспортируемой по выработке, т.;

q - количество свежего воздуха, проходящего по выработке на 1 т.добычи, $м^3$ / мин.;

Кн - коэффициент неравномерности добычи;

N - число рабочих дней в году;

Vв - допустимая скорость движения воздуха, м/сек.;

Величину q для рудных шахт в обычных условиях следует принимать равной 1,0 $м^3$ /мин., коэффициент неравномерности добычи - 1,3-1,45.

Если в результате проверочного расчета по формуле (3.42) площадь поперечного сечения окажется большей, чем установленная по габаритам транспортного оборудования с учетом безопасных зазоров, то для последующих расчетов принимается большая площадь, при этом линейные размеры поперечного сечения выработки соответствующим образом корректируются.

Размеры крепи можно принимать без расчета ее по величине горного давления, руководствуясь практическими соображениями или литературными данными.

На основании результатов расчета площади поперечного сечения выработки в свету и выбранных размеров крепи определя-

ется площадь поперечного сечения выработки в свету, вчерне и в проходке

$$S_{пр} = (1{,}03 - 1{,}06)\ S_{вч},\ м^2 \qquad (3.43)$$

Вычерчивается общий вид подготовительной выработки в ее поперечном сечении (рис. 3.11).

В пояснительной записке приводятся основные паспортные данные выработки: площадь поперечного сечения в свету, вчерне и в проходке, ее габаритные размеры (ширина и высота, тип крепи, расход крепежного материала на 1 пог.м. выработки).

На основании литературных данных, а также сведений, полученных при изучении курса "Основы горного дела", выбирается основное проходческое оборудование - буровое и погрузочное. Приводится тип выбранного оборудования и его основные технические данные: для перфораторов - вес,
число ударов поршня, ударная мощность, расход воздуха, скорость бурения; для погрузочных машин - емкость ковша, ширина фронта погрузки, габаритные размеры, производительность погрузки.

Число шпуров в забое можно определить по формуле Н.М.Покровского:

$$N = (q\ S_{вп}) / \gamma,\ шт., \qquad (3.44)$$

где q - удельный расход В.В., кг/м^3 ;

γ - количество В.В. на 1 пог.м. шпура, кг.

Удельный расход В.В. можно принимать, руководствуясь следующими практическими данными: при взрывании по крепким породам с f - 10-20 q - 1,0-1,5 кг/ м^3, в породах средней крепости с f - 5-10 q - 0,5-1,0 кг/м^3, в породах мягких q = 0,2-0,4 кг/м^3.

Количество В.В. на 1 пог.м. шпура следует принимать равным 0,6-0,8 кг, или можно определить по формуле:

$$\gamma = 0{,}25\ \alpha\ \rho\ \pi\ d^2,\ кг/м^3, \quad где \qquad (3.45)$$

α - коэффициент заполнения шпуров (ориентировочно 0,7 - 0,85),

ρ - плотность ВВ, кг/м^3,

d - диаметр патронов ВВ.

Глубину шпуров можно ориентировочно определить по формуле

$$l = (0,5 - 0,8)B, \text{ м} \qquad (3.46)$$

где В - ширина выработки в проходке, м.,

или выбрать, руководствуясь данными представленными в табл. 3.22.

Таблица 3.22

Ориентировочные значения глубины шпуров при проведении горизонтальных выработок

Коэффициент крепости пород	Глубина шпуров (м) при площади поперечного сечения выработки	
	до 6,5 м	более 6,5 м
3-4	2,6-3,5	3,0-4,3
5-7	2,2-2,9	2,4-3,5
8-10	1,5-2,2	1,8-2,4
11-12	1,2-1,8	1,8-1,9
более 12	0,9-1,1	1,0-1,2

Выбирается тип вруба, глубина врубовых шпуров принимается на 15-20% большей, чем глубина рядовых шпуров. Далее производится расчет общего объема буровых работ на цикл.

На основании выбранных и определенных расчетом параметров составляется паспорт буровзрывных работ - вычерчивается в трех проекциях схема расположения шпуров в забое (рис. 3.12), а в пояснительной записке приводятся основные данные по буровзрывным работам: площадь забоя, количество шпуров, тип вруба, длина шпуров врубовых и отбойных, коэффициент использования шпуров (принимается на основании практики горных работ в соответствующих условиях), общий объем буровых работ на цикл, количество В.В. на взрыв, объем отбиваемой взрывам породы, удельный расход ВВ (фактический).

Определяется состав и последовательность выполнения основных технологических операций проходческого цикла, - бурения, уборки породы, крепления, заряжения и взрывания, проветривания. В случае, если горнотехническое условие проходки предопределя-

ют необходимость возведения временной крепи с последующей ее заменой постоянной крепью, то расчет производится только по работам, связанным с сооружением временной крепи, т.е. включенным в состав основного проходческого цикла.

Далее рассчитывается трудоемкость технологических операций основного цикла работ:

$$Тб = Qб / Нб, \text{ чел. см}, \qquad (3.47)$$

$$Ту = Qу / Ну, \text{ чел. см}, \qquad (3.48)$$

$$Тк = Qк / Нк, \text{ чел. см}, \qquad (3.49)$$

$$Тз = Qз / Нз, \text{ чел. см}, \qquad (3.50)$$

где Тб, Ту, Тк, Тз - трудоемкость работ соответственно по бурению шпуров, уборке породы, возведению крепи, заряжению шпуров, чел.-см.;

Qб, Qу, Qк, Qз - соответствующие объемы работ;

Нб, Ну, Нк, Нз - нормы выработки на соответствующие работы.

Нормы выработки на бурение шпуров переносными перфораторами принимается в расчете в соответствии с данными табл. 3.23 с учетом поправочных коэффициентов на диаметр шпуров и их глубину приведенных в табл. 3.24 и 3.25, [10]. При использовании для бурения буровых кареток норму выработки на бурение шпуров необходимо определять по технической характеристике буровых агрегатов с учетом крепости пород и чистого времени бурения 55-70% общей продолжительности работ на бурение шпуров.

Норма выработки на крепление принимается по данным табл. 3.26; на уборку породы - по данным табл. 3.27. Если при погрузке породы используется погрузочная машина, существенно отличающаяся по производительности от машин типа ППН-1с, то норму выработки на погрузку необходимо принимать исходя из ее технической производительности и чистого времени погрузки в объеме 60-70% общей продолжительности работ по погрузке породы.

Таблица 3.23

Нормы выработки на бурение шпуров переносными перфораторами, м/см

Типы перфораторов	Коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова				
	4-6	7-9	10-14	15-18	19-20
Легкие весом до 18 кг и мощн. до 1,5 л.с.	51	38	25 55	19	17
Средние весом 18--24 кг. и мощн. 1,4-2,2 л.с.	65	48	31	25	21
Тяжелые весом более 24 кг и мощн. более 2,2-3 л.с.	73	54	36	23	26
Тяжелые весом более 24 кг и мощн. более 3 л.с.	81	62	42	33	28
Легкие весом до 30 кг и мощн. до 3 л.с.	65	47	32	27	22
Средние весом до 45 кг и мощн. более 3 л.с.	74	53	37	29	26

Таблица 3.24

Значения поправочного коэффициента к нормам выработки на бурение шпуров в зависимости от диаметра шпуров.

Диаметр шпуров, мм	32	36	80	43	46
Значения поправочного коэффициента	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8

Таблица 3.25

Значения поправочного коэффициента к нормам выработки на бурение шпуров в зависимости от глубины шпуров

Глубина шпуров, м	1,5	2,5	4,0
Значения поправочного коэффициента	1,0	0,85	0,8

Таблица 3.26

Нормы выработки на крепление горизонтальных выработок деревянной и металлической арочной крепью, рам./см

Тип крепи	Площадь поперечного сечения выработки, $м^2$						
	до 4,0	4,0--6,0	6,1--8,0	8,1--10,0	10,1--12,0	12,1--14,0	14,1 и более
Крепление деревянной крепью всплошную вразбежку	4,4	3,92	3,46	3,8	2,7	2,6	2,6
	4,25	3,80	3,35	2,96	2,6	2,96	2,0
Вразбежку с затяжкой	3,85	3,44	3,04	2,68	2,36	2,68	1,81

Установка металлической рамы из спецпрофиля СП-18	0,455
" СП-28	0,660
Затяжка кровли и боков для СП-18 и СП-28	0,263
Установка рам СП-18 с затяжкой боков и кровли при расстоянии между рамами, м. 1,0	0,835
0,75	0,770
0,50	0,715

Норму выработки на заряжение шпуров обычным способом можно определить из расчета нормы времени 4 мин. на заряжение

рабочим одного шпура. При использовании механических зарядчиков норма выработки на заряжение устанавливается с учетом технической производительности зарядчика и чистого времени их работы - 60% от общей продолжительности заряжения.

Таблица 3.27

Норма выработки на погрузку породы погрузочными машинами (на звено рабочих в составе 2-х человек), $м^3$

Виды работы	Емкость вагонетки до 1 $м^3$	Емкость вагонетки свыше 1 $м^3$
Погрузка в вагонетку (откатка ручная до 50 м), машиной ППН-1с	12-14	13-16
Погрузка в вагонетку (откатка ручная от 50 до 100 м) машиной ППН-1с	10-12	11-14
Погрузка в вагонетку (откатка электровозом) машиной ППН-1с	14-16	15-18

При использовании погрузочно-доставочных машин типа ПД-2, ПД-3, ПД-5 и т.д., или погрузочно-транспортных типа ПТ-2, ПТ-4 и др. нормы выработки увеличиваются в 2-2,5 раза по сравнению с вышеуказанными.

Далее определяется общая трудоемкость работ основного проходческого цикла

$$Тц = Тб + Ту + Тк + Тз \qquad (3.51)$$

и на основании результатов расчета устанавливается численный состав звена проходчиков и продолжительность цикла - $t_ц$. Время цикла необходимо принимать кратным смене, или целое число циклов в смену. При этом должно выдерживаться условие

$$Тц / n\ 7 + tпр > t\ цикла \qquad (3.52)$$

где n - число рабочих в звене, занятых выполнением работ в течении смены, чел.

7 час. - продолжительность рабочей смены.

Затем рассчитывается коэффициент перевыполнения норм выработки

$$Кп.н. = (7\ Тц) / n(tц - tпр), \qquad (3.53)$$

где tпр - время проветривания (учитывается в расчете в том случае, если проветривание забоя после взрыва проводится в рабочее время, принимается равным 30 мин.. и определяются затраты времени на выполнение отдельных технологических операций

$$t_б = (7Т_б) / n_б \text{ Кп.н., час} \quad (3.54)$$

$$t_у = (7\ Т_у) / n_у \text{ Кп.н., час} \quad (3.55)$$

$$t_к = (7\ Т_к) / n_к \text{ Кп.н., час} \quad (3.56)$$

$$t_з = (7\ Т_з) / n_з \text{ Кп.н., час ,} \quad (3.57)$$

где nб, nу, nк, nз - число рабочих, занятых на выполнении соответствующих работ.

С использованием расчетных данных строится график циклической организации работ при проведении горной выработки.

В пояснительной записке приводится описание организации работ при выполнении технологических операций основного проходческого цикла, а также порядок производства вспомогательных работ (укладка рельсовых путей, подвеска вентиляционных рукавов, прокладка трубопроводов и т.д.).

3. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ

Как уже указывалось выше, графическая часть работы выполняется в карандаше на листе ватмана с размерами 594х841 мм, а также в виде эскизов и схем, помещенных в пояснительной записке. Допускается выполнение графической части курсовой работы в туши.

На основном листе размещаются схемы вскрытия и подготовки месторождения, система разработки, а также общий вид подготовительной выработки в поперечном разрезе и схема расположения шпуров в забое.

Схема вскрытия месторождения выполняется на базе графической части задания в масштабе 1:5000. Вычерчиваются три разреза - продольная проекция шахтного поля на вертикальную плоскость, разрез вкрест простирания месторождения в плоскости расположения главной вскрывающей выработки и план откаточного горизонта.

На схеме вскрытия должно быть представлено расположение главных и вспомогательных вскрывающих выработок, деление месторождения на этажи или панели и расположение главных подготовительных выработок (штреков), показаны границы зоны сдвижения, при наличии концентрационных горизонтов - расположение капитальных рудоспусков; указаны размеры предохранительных берм (берм безопасности), высотные отметки главных откаточных горизонтов и устье вскрывающих выработок, разведанная глубина, при выдержанных элементах залегания рудных тел - средний угол падения и средняя мощность, значения углов сдвижения в коренных породах и наносах.

На плане откаточного горизонта, располагаемом под продольной проекцией шахтного поля на вертикальную плоскость, показывается расположение главных и вспомогательных вскрывающих выработок со схематичным изображением околоствольных дворов, расположение подготовительных выработок откаточного горизонта в увязке с контурами рудного тела, размерами капитальных рудоспусков и отводящих вентиляционных выработок.

Вычерчиваются границы предохранительных целиков, шахтного поля и предельные границы зоны сдвижения горных пород при выходе ее на поверхность.

На схеме подготовки показывается расстояние между ортами (при комбинированной схеме подготовки) и размеры шахтного поля (при крутом или наклонном падении рудных тел - только длина шахтного поля).

На всех вышеописанных проекциях стрелками показывается направление движения воздушной вентиляционной струи. Направление движения струи свежего воздуха показывается красной стрелкой, загрязненного - синей.

В правой нижней четверти листа над штампом размещается общий вид подготовительной выработки в поперечном разрезе и схема расположения шпуров в масштабе 1:50.

На общем виде подготовительной выработки показывается крепление, устройство откаточных путей, водоотливной канавки, габариты транспортного оборудования, подвеска контактного провода и осветительных приборов, размещение вентиляционных водяных и воздушных трубопроводов, силовых и осветительных кабелей

[8]. Указываются основные размеры: ширина и высота выработки в свету и в проходке, габариты транспортного оборудования и ширина безопасных размеров между подвижными составами и подвижным составом и стенками выработки, ширина колей, высота от головки рельс до контактного провода, ширина прохода на высоте 1,8 м. от головки рельс.

На схеме расположения шпуров показываются габаритные размеры забоя, длина и углы наклона шпуров, на основной проекции тонкой штрих пунктирной линией выделяется группа врубовых шпуров, цифрами у устья шпуров показывается очередность их взрывания.

Все чертежные работы выполняются в соответствии с требованиями ГОСТов и рекомендаций, изложенных в работе [9].

В правом нижнем углу чертежа размещается штамп, размеры которого в порядок заполнения граф должны соответствовать образцу. Все подписи в штампе, а также все надписи и текстовые пояснения на чертеже и эскизах должны быть выполнены топографическим

шрифтом (*курсив*). Высота букв выбирается в соответствии со значимостью текста и должна соответствовать стандарту: 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 7,0. мм.

В тексте пояснительной записки в обязательном порядке должны быть представлены: схема к определению места заложения главной вскрывающей выработки, эскиз принятого варианта системы разработки в трех проекциях с нанесением основных размеров ее конструктивных элементов, указанием направления движения вентиляционной струи в основных рабочих выработках выемочного блока и необходимыми объяснительными подписями; график цикличной организации работ при проведении подготовительной выработки, Схема расположения шпуров или скважин в очистном забое с указанием размеров длины шпуров или скважин расстояние между ними в ряду или расстояния между концами скважин в веере, а также расстояние между рядами или веерами скважин.

4. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка оформляется на стандартных листах белой писчей бумаги размером 297х210 мм и включает: титульный лист (выполняется на обложке ватмана), задание на курсовую работу с графическим приложением, оглавление, расчетно-пояснительная часть с необходимыми по тексту эскизами, схемами и таблицами, список использованной литературы.

Титульный лист выполняется с применением стандартного чертежного (вертикального или наклонного) или топографического шрифта при строгом соответствии порядка размещения, содержания текста подписей и высоты букв шрифта. Допускается цветное художественное оформление шрифта в строке "пояснительная записка", а также написание текста " к курсовому проекту по Основам горного дела" цветной тушью (красной, синей, зеленой или коричневой) с измененной толщиной обводки.

Все остальные подписи и рамка титульного листа выполняются черной тушью.

Оглавление включает в себя перечень основных разделов записки с указанием номера страницы размещения раздела в тексте. Перед наименованием раздела в оглавлении и тексте записки ставится порядковый номер раздела арабскими цифрами.

Перед словом "Введение" и наименование раздела "Рекомендуемая литература" номер не ставится.

Текст расчетно-пояснительной записки размещается на странице с оставлением полей размером: слева и сверху - 25 мм, справа - 5-10 мм, снизу - 20 мм. Номер страницы проставляют на верхнем поле по средней линии листа, отступив 5 мм от среза. Нумерация страниц пояснительной записки - сквозная, начиная с оглавления и включая таблицы схемы и эскизы, выполненные на отдельных листах.

Наименование разделов в тексте пояснительной записки пишется топографическим шрифтом с высотой букв 3,5 мм тушью или чернилами. При большом объеме текста заголовка, не размещаемого в одной строке, он записывается в 2-3 симметричных строках. Наименование разделов подчеркивается одной сплошной чертой.

При большом объеме расчетов и пояснительного текста по разделу целесообразно разделить его на подразделы. В этом случае в начале подраздела посередине строки произвольным шрифтом с двойной обводкой букв записывается подзаголовок; ниже, отступив 1,5 см излагается текст подраздела. Нумеровать подчеркивать подзаголовки не следует.

Порядковый номер подразделов пишется следующим образом: сначала ставится порядковый номер раздела, затем - точка и после точки - собственно номер подраздела. Например, третий подраздел второго раздела записывается так: 2.3. Текст пояснительной записки должен быть написан сжато, четко, без общего рода рассуждений, аккуратно, без помарок и исправлений.

Расчеты представляются в виде формулы с последующей подстановкой в нее цифровых значений с указанием конечного результата расчета, т.е. без промежуточных расчетных стадий. Например:

$$q = \sum(l_{п.в.} (1 - K_R) 1000) / (S H \gamma (1 - K_п)) =$$
$$= (1200 (1 - 0,15) 1000) / 10500\ 50\ 2,6 (1 -0,1) =$$
$$= 0,83 \text{ пог.м./1000т}$$

Ниже формулы приводится расшифровка буквенных обозначений.

При заимствовании каких-либо данных литературы в тексте записки делается ссылка на использованный литературный источник. Ссылка выполняется в виде квадратных скобок с помещением в них порядкового номера литературного источника, под которым он значится в списке использованной литературы.

Ссылка на таблицы, схемы или эскизы в тексте записки производится в форме "см. рис.", "табл." или "продолжение (показано, приведено) в табл. (или на рис.)" с указанием номера соответствующей таблицы или рисунка. Рисунки и таблицы помещаются в тексте сразу же после ссылки на них; Если же это невозможно из-за недостатка места, то - в начале новой страницы. Перед таблицей с правой стороны пишется слово "Таблица" с соответствующим номером, ниже на всю ширину строки - полное наименование таблицы. При большом объеме текста названия он размещается в нескольких симметрично расположенных строках.

Графы таблицы вычерчиваются тушью, чернилами или карандашом под линейку.

Текст пояснительной записки рекомендуется излагать в следующей последовательности.

Раздел 1. Подсчет запасов: подсчет геологических запасов, построение охранных целиков и подсчет промышленных запасов, предварительный выбор системы разработки и расчет эксплуатационных запасов рудной массы.

Раздел 2. Определение годовой производительности и срока существования предприятия.

Раздел 3. Система разработки: выбор варианта системы разработки и основных ее конструктивных параметров, выбор технологической схемы и средств механизации очистных работ, определение производительности блока, числа действующих очистных забоев для обеспечения годовой производительности предприятия, расчет объема подготовительных и готовых к выемке запасов.

Раздел 4. Выбор способа вскрытия: рассмотрение технически возможных вариантов вскрытия шахтного поля и выбор конкурирующих вариантов, определение типа, количества и взаимного расположения вскрывающих выработок, выбор высоты этажа, определение места заложения главной вскрывающей выработки, технико-экономическое сравнение конкурирующих вариантов или расчетов стоимости выбранного варианта по основным статьям затрат.

Раздел 5. Выбор схемы подготовки шахтного поля: анализ варианта системы разработки и основных ее конструктивных параметров; определение типа, количества и взаимного расположения подготовительных выработок в шахтном поле, расчет удельного объема подготовительных работ на откаточном горизонте.

Раздел 6. Расчет проходки горной выработки: определение формы и размеров поперечного сечения выработки, типа и размеров крепи, выбор типа проходческого оборудования, расчет параметров буровзрывных работ, определение трудоемкости и времени выполнения основных технологических операций, продолжительности цикла и численного состава бригады проходчиков, построение графика цикличной организации работ.

Основные технико-экономические показатели.

В заключительной части пояснительной записки приводится список использованной литературы. Отступив 2-3 см от заключительного абзаца основной расчетно-пояснительной части записки

слева пишут слово "Литература" и ниже в последовательности и с нумерацией, соответствующей очередности ссылок в тексте, приводится перечень литературных источников. По каждому из них записывается: автор, инициалы автора, наименование работы, издательство, место и год издания.

Переписанный начисто материал вместе с заданием вкладывается в обложку с титульным листом и скрепляется металлическими скрепками в трех местах на расстоянии 10 мм от левого края титульного листа. На титульном листе рядом с фамилией исполнителя ставится его подпись и дата сдачи курсового проекта руководителю.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. М.И. Агошков, С.С. Борисов, В.А. Боярский. Разработка рудных и нерудных месторождений. - М.: Недра, 1983.
2. Справочник по горнорудному делу (Под редакцией В.А.Гребенюка и др.) - М.: Недра, 1983.
3. Справочник по горнорудному делу. ГНТИ литературы по горному делу, том 2, М., 1961.
4. Г.Н. Попов. Технология и комплексная механизация разработки рудных месторождений, Недра, 1970.
5. С.С.Борисов. Горное дело. Недра,1987.
6. Н.И.Мельников. Проведение и крепление горных выработок. М.: 1969.
7. Г.Г. Ломоносов и др. Горно-инженерная графика. М., Недра, 1976.
8. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с подземным способом разработки. - Санкт-Петербург: Гипроруда, 1993.
9. Горно-графическая документация

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Автор: Кокарев К.В.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Горного дела	горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Валиев Н.Г.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

Печатается по решению учебно-методической комиссии
Горно-технологического факультета

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Подземная геотехнология»

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 21.05.04 Горное дело как руководство для организации самостоятельной работы при выполнении практических работ, подготовки и написании рефератов, по изучению теоретических основ дисциплин, аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы, написании курсовых работ (проектов).

Составлено в соответствие с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по специальности 21.05.04 Горное дело.

Введение

Самостоятельная работа студентов является одной из основных форм внеаудиторной работы при реализации учебных планов и программ.

Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления ученика, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Этапы самостоятельной работы:

- осознание учебной задачи, которая решается с помощью данной самостоятельной работы;
- ознакомление с инструкцией о её выполнении;
- осуществление процесса выполнения работы;
- самоанализ, самоконтроль;
- проверка работ студента, выделение и разбор типичных преимуществ и ошибок.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом учебного процесса для каждого студента и определяется учебным планом. При определении содержания самостоятельной работы студентов следует учитывать их уровень самостоятельности и требования к уровню самостоятельности выпускников для того, чтобы за период обучения искомый уровень был достигнут. Так, удельный вес самостоятельной работы на очном отделении составляет до 50% от количества аудиторных часов, отведённых на изучение дисциплины, на заочном отделении количество часов, отведенных на освоение дисциплины, увеличивается до 90%.

Формы самостоятельной работы студентов определяются при разработке рабочих программ и учебных методических комплексов дисциплин содержанием учебной дисциплины.

видами заданий для самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.
- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление

плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), завершение аудиторных практических работ и оформление отчётов по ним, подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), материалов-презентаций, подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

1. Методические рекомендации

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа обучающегося предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий.

При изучении дисциплины обучающиеся выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы обучающихся являются лекции и практические / семинарские занятия.

1.1. Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от

обучающегося требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая обучающемуся понять глубинные процессы развития изучаемого предмета как в истории, так и в настоящее время.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность обучающегося. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

1.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям (семинарам)

Подготовку к каждому практическому занятию обучающийся должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности обучающегося свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение

рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме.

Семинарские занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности обучающихся по изучаемой дисциплине.

Семинар предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения обучающихся. Обсуждение сообщения совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам семинара, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим обучающимся. В целях контроля подготовленности обучающихся и привития им навыков краткого письменного изложения своих мыслей преподаватель в ходе семинарских занятий может осуществлять текущий контроль знаний в виде тестовых заданий.

При подготовке к семинару обучающиеся имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем обучающиеся вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

1.3. Методические рекомендации по работе с литературой

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод

выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого обучающийся знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информации может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

– сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;

– обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;

– фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;

– готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;

– работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;

– пользоваться реферативными и справочными материалами;

– контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;

– обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим обучающимся.

– пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);

– использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»;

– повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;

– обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);

– использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

1.4. Методические рекомендации по подготовке к сдаче зачета

Подготовка к зачету способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к зачету, обучающийся ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На зачете обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе изучения дисциплины.

Подготовка к зачету включает в себя самостоятельную и аудиторную работу обучающегося в течение всего периода изучения дисциплины и непосредственную подготовку в дни, предшествующие зачету по разделам и темам дисциплины.

При подготовке к зачету обучающимся целесообразно использовать не только материалы лекций, а и рекомендованные преподавателем правовые акты, основную и дополнительную литературу.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

– внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;

– внимательно прочитать рекомендованную литературу;

– составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

1.1. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, обучающийся ликвидирует

имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе изучения дисциплины.

Подготовка к экзамену включает в себя самостоятельную и аудиторную работу обучающегося в течение всего периода изучения дисциплины и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену по разделам и темам дисциплины.

При подготовке к экзамену обучающимся целесообразно использовать не только материалы лекций, а и рекомендованные основную и дополнительную литературу.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

– внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;

– внимательно прочитать рекомендованную литературу;

– составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

1.5. Методические рекомендации по подготовке доклада

Написание доклада является:

– одной из форм обучения, направленной на организацию и повышение уровня самостоятельной работы обучающихся;

– одной из форм научной работы обучающихся, целью которой является расширение их научного кругозора, ознакомление с методологией научного поиска.

Доклад, как форма обучения - это краткий обзор доступных публикаций по заданной теме.

Темы докладов определяются преподавателем и содержатся в программе курса.

Преподаватель рекомендует литературу, которая может быть использована для написания доклада.

Целью написания докладов является:

– привитие обучающимся навыков библиографического поиска необходимой литературы (на бумажных носителях, в электронном виде);

– привитие обучающимся навыков компактного изложения мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу в письменной форме, научно грамотным языком и в хорошем стиле;

– приобретение обучающимися навыка грамотного оформления ссылок на используемые источники, правильного цитирования авторского текста; – с максимальной полнотой использовать литературу по выбранной теме (как рекомендуемую, так и самостоятельно подобранную) для правильного понимания авторской позиции;

Алгоритм создания доклада:

1 этап – определение темы доклада

2 этап – определение цели доклада

3 этап − подробное раскрытие информации

4 этап − формулирование основных тезисов и выводов.

Требования к содержанию доклада:

– -материал, использованный в докладе, должен относиться строго к выбранной теме;

– -необходимо изложить основные аспекты проблемы не только грамотно, но и в соответствии с той или иной логикой (хронологической, тематической, событийной и др.)

– -при изложении следует сгруппировать идеи разных авторов по общности точек зрения или по научным школам;

Объем работы должен быть, как правило, не менее 5-10 страниц. Работа должна выполняться через одинарный интервал 14 шрифтом, размеры оставляемых полей: левое - 25 мм, правое -15 мм, нижнее -20 мм, верхнее -20 мм. Страницы должны быть пронумерованы.

Требования к выступлениям студентов

Одним из условий, обеспечивающих успех семинарских занятий, является совокупность определенных конкретных требований к выступлениям, докладам, рефератам студентов. Эти требования должны быть достаточно четкими и в то же время не настолько регламентированными, чтобы сковывать творческую мысль, насаждать схематизм.

Перечень требований к любому выступлению студента примерно таков:

- связь выступления с предшествующей темой или вопросом;
- раскрытие сущности проблемы;
- методологическое значение для научной, профессиональной и практической деятельности.

Важнейшие требования к выступлениям студентов – самостоятельность в подборе фактического материала и аналитическом отношении к нему, умение рассматривать примеры и факты во взаимосвязи и взаимообусловленности, отбирать наиболее существенные из них.

Приводимые участником семинара примеры и факты должны быть существенными, по возможности перекликаться с профилем обучения. Примеры из области наук, близких к будущей специальности студента, из сферы познания, обучения поощряются руководителем семинара. Выступление студента должно соответствовать требованиям логики. Четкое вычленение излагаемой проблемы, ее точная формулировка, неукоснительная последовательность аргументации именно данной проблемы, без неоправданных отступлений от нее в процессе обоснования, безусловная доказательность, непротиворечивость и полнота аргументации, правильное и содержательное использование понятий и терминов.

Обсуждение докладов и выступлений

Порядок ведения семинара может быть самым разнообразным, в зависимости от его формы и тех целей, которые перед ним ставятся.

Обычно имеет место следующая последовательность:

а) выступление (доклад) по основному вопросу;

б) вопросы к выступающему;

в) обсуждение содержания доклада, его теоретических и методических достоинств и недостатков, дополнения и замечания по нему;
г) заключительное слово докладчика;
д) заключение преподавателя.

Разумеется, это лишь общая схема, которая может включать в себя развертывание дискуссии по возникшему вопросу и другие элементы.

При реферативно-докладной форме семинара первыми получают слово ранее намеченные докладчики, а при развернутой беседе - желающие выступить. Принцип добровольности выступления сочетается с вызовом студентов. Остальным желающим выступить по основному вопросу, чтобы не погасить у них интереса к семинару, можно посоветовать быть готовыми для анализа выступлений товарищей по группе, для дополнений и замечаний.

Желательно, чтобы студент излагал материал свободно.

Преподавателю, по возможности не следует прерывать выступление студента своими замечаниями и комментариями. Допустима тактичная поправка неправильно произнесенного слова, ошибочного ударения и т. п. Если далее выступающий допустил ошибки, гораздо лучше, если не сам преподаватель, а другие участники семинара первыми сделают ему соответствующее замечание.

Обстановка в аудитории во время выступления докладчика находится постоянно в сфере внимания руководителя семинара. Добиваясь внимательного и аналитического отношения студентов к выступлениям товарищей, руководитель семинара заранее ставит их в известность, что содержательный анализ выступления, доклада или реферата он оценивает так же высоко, как и выступление с хорошим докладом.

Вопросы к докладчику задают прежде всего студенты, а не преподаватель, в чем их следует поощрять. Необходимо требовать, чтобы вопросы, задаваемые студентам, были существенны, связаны с темой, точно сформулированы. Вопросам преподавателя обычно присущи следующее требования:

- ясность и четкость формулировок, определенность границ, весомость смысловой нагрузки;

- уместность постановки вопроса в данный момент, острота его звучания в сложившейся ситуации, пробуждающая живой интерес студенческой аудитории;

- вопросы должны быть посильными для студентов.

По своему характеру вопросы бывают уточняющими, наводящими, встречными; другая категория вопросов, например, казусных, может содержать предпосылки различных суждений, быть примером или положением, включающим кажущееся или действительное противоречие.

Уточняющие вопросы имеют своей целью заставить студента яснее высказать мысль, четко и определенно сформулировать ее, чтобы установить, оговорился ли он или имеет место неверное толкование проблемы. Ответ позволяет преподавателю принять правильное решение: исправленная оговорка снимает вопрос, ошибочное мнение выносится на обсуждение участников семинара, но без подчеркивания его ошибочности.

Наводящие или направляющие вопросы имеют своей задачей ввести полемику в нужное русло, помешать нежелательным отклонениям от сути

проблемы. Важно, чтобы такие вопросы приоткрывали новые сферы приложения высказанных положений, расширяли мыслительный горизонт студентов. Наводящие вопросы на вузовском семинаре являются редкостью и ставятся лишь в исключительных случаях.

Встречные вопросы содержат требования дополнительной аргументации, а также формально-логического анализа выступления или его отдельных положений. Цель таких вопросов — формирование у студентов умения всесторонне и глубоко обосновывать выдвигаемые положения, способности обнаруживать логические ошибки, обусловившие неубедительность или сомнительность вывода.

Казусные вопросы предлагаются студенту или всей группе в тех случаях, когда в выступлении, докладе проблема освещена в общем-то верно, но слишком схематично, все кажется ясным и простым (хотя подлинная глубина проблемы не раскрыта) и в аудитории образуется «вакуум интересов». Возникает необходимость показать, что в изложенной проблеме не все так просто, как это может показаться. По возможности, опираясь на знания, уже известные студентам, преподаватель найдет более сложный аспект проблемы и вынесет его на обсуждение в виде вопроса. Цель таких вопросов в том, чтобы сложное, противоречивое явление реальной действительности, содержащее в себе предпосылки для различных суждений, было осмыслено студентами в свете обсужденной теоретической проблемы, чтобы студент научился мыслить шире и глубже.

Вопрос может быть поставлен в чисто теоретическом плане, но могут быть упомянуты и конкретные случаи, события, по возможности близкие или хорошо известные участникам семинара, и предоставлена возможность самим комментировать их в плане теоретической проблемы, обсуждаемой на семинаре.

Вопросы, преследующие создание «ситуации затруднений», обычно представляют собой две-три противоречащих друг другу формулировки, из которых необходимо обнаружить и обосновать истинную, или же берется высказывание какого-либо автора (без указания его фамилии) для анализа. В основном характер таких вопросов совпадает с постановкой задач на самостоятельность мышления.

1.6. Методические рекомендации по составлению глоссария

1. Внимательно прочитайте и ознакомьтесь с текстом. Вы встретите в нем много различных терминов, которые имеются по данной теме.

2. После того, как вы определили наиболее часто встречающиеся термины, вы должны составить из них список. Слова в этом списке должны быть расположены в строго алфавитном порядке, так как глоссарий представляет собой не что иное, как словарь специализированных терминов.

3. После этого начинается работа по составлению статей глоссария. Статья глоссария - это определение термина. Она состоит из двух частей: 1. точная формулировка термина в именительном падеже; 2. содержательная часть, объемно раскрывающая смысл данного термина.

При составлении глоссария важно придерживаться следующих правил:

- стремитесь к максимальной точности и достоверности информации;
- старайтесь указывать корректные научные термины и избегать всякого рода жаргонизмов. В случае употребления такового, давайте ему краткое и понятное пояснение;
- излагая несколько точек зрения в статье по поводу спорного вопроса, не принимайте ни одну из указанных позиций. Глоссарий - это всего лишь констатация имеющихся фактов;
- также не забывайте приводить в пример контекст, в котором может употреблять данный термин;
- при желании в глоссарий можно включить не только отельные слова и термины, но и целые фразы.

1.7. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы для освоения дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий, она в значительной мере определяет успех обучения в университете. Самостоятельная работа способствует приобретению глубоких и прочных знаний по изучаемым дисциплинам, вырабатывает умение ориентироваться в огромном потоке информации и дает навыки работы с учебной и научной литературой. Самостоятельная работа приучает делать обобщения и выводы, вырабатывает умение логично излагать изучаемый материал, формирует творческий подход, способствует использованию полученных знаний для разнообразных практических задач, развивает самостоятельность в принятии решений. Необходимо помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с начала семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, чтобы заставить себя работать с полной отдачей. Необходимо помнить, что время учебы крайне ограничено, его нельзя растрачивать понапрасну. Следует осознать, что, если не использовать для занятий всего лишь один вечер в неделю, то за год их наберется не менее 40, т.е. полтора учебных месяца окажутся потерянными. Успеху в самостоятельной работе способствует соблюдение некоторых правил. Прежде всего, следует приучить себя начинать работу немедленно, как только сели за стол. Надо работать сосредоточенно и все доводить до конца. Необходимо определить реальный объем работы и продумать последовательный план ее выполнения. Работать следует не спеша, но аккуратно, точно. Излишняя поспешность влияет на качество самостоятельной работы.

Необходимо самостоятельно планировать свое рабочее время, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала. Важно полнее осознать цели своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

В процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с литературой. Без навыка правильного использования источников будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

Работу с книгой следует начать с беглого ознакомления, чтобы решить, есть ли там материал, необходимый для самостоятельной работы. В первую очередь, ознакомиться с титульной страницей, на которой указаны автор, название и год издания. На обороте титульной страницы обычно помещена аннотация, в которой дается сжатая характеристика книги с указанием, для какого круга читателей она предназначена. Особое внимание следует обратить на оглавление, так как оно раскрывает содержание книги. Предисловие позволит узнать, с какой целью книга написана, каким вопросам посвящена. В заключение книги подводятся итоги, делаются выводы. Чтение книги может быть сплошным и выборочным (чтение отдельных глав или разделов). Чтение должно быть вдумчивым, внимательным, при чтении не следует торопиться. При чтении могут встретиться непонятные слова, термины и определения. В этих случаях следует обратиться к справочнику или соответствующему словарю. Не следует при чтении пропускать сноски и примечания, т.к. в них разъясняются отдельные места, дополняются сжато изложенные в тексте положения. При чтении необходимо выделить основную мысль, представить прочитанное как единое целое. Это легче сделать, если при чтении каждого параграфа (раздела) самому себе ответить на вопросы, о чем говорится в данной части текста, чем сказанное подтверждается или поясняется.

Заключительным этапом изучения книги, статьи является запись, конспектирование прочитанного. Конспект - это сжатое логически связанное изложение прочитанного. В конспекте помещаются не только главные положения книги, но и аргументы (цифры, примеры, таблицы и т.д.). Конспект позволяет быстро восстановить в памяти содержание прочитанной книги. Кроме того, процесс конспектирования организует мысль, побуждает читающего к обдумыванию, к активному мышлению, улучшает качество усвоения и запоминания. Запись способствует выработке ясно, четко и лаконично формулировать и излагать мысль. Запись следует вести сжато и обязательно своими словами. Помимо сказанного следует иметь в виду, что научиться извлекать из книги все полезное, овладеть рациональными методами чтения и конспектирования можно только на основании практического опыта регулярной работы с книгой.

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа обучающегося предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий.

1.8. Методические рекомендации по созданию презентации

Алгоритм создания презентации:

1 этап – определение цели презентации

2 этап – подробное раскрытие информации,

3 этап − основные тезисы, выводы.

Следует использовать 10-15 слайдов. При этом:

- первый слайд – титульный. Предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;

- на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;

- оставшиеся слайды имеют информативный характер.

Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

Роль студента:

• изучить материалы темы, выделяя главное и второстепенное;
• установить логическую связь между элементами темы;
• представить характеристику элементов в краткой форме;
• выбрать опорные сигналы для акцентирования главной информации и отобразить в структуре работы;
• оформить работу и предоставить к установленному сроку.

Требования к оформлению и представлению презентации:

1. Читабельность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.

2. Тщательно структурированная информация.

3. Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.

4. Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.

5. Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.

6. Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.

7. Графика должна органично дополнять текст.

8. Выступление с презентацией длится не более 10 минут;

Не рекомендуется:

- перегружать слайд текстовой информацией;
- использовать блоки сплошного текста;
- в нумерованных и маркированных списках использовать уровень вложения глубже двух;
- использовать переносы слов;
- использовать наклонное и вертикальное расположение подписей и текстовых блоков;
- текст слайда не должен повторять текст, который преподаватель произносит вслух (зрители прочитают его быстрее, чем расскажет преподаватель, и потеряют

интерес к его словам).

Рекомендуется:

- сжатость и краткость изложения, максимальная информативность текста: короткие тезисы, даты, имена, термины — главные моменты опорного конспекта;
- использование коротких слов и предложений, минимум предлогов, наречий, прилагательных;
- использование нумерованных и маркированных списков вместо сплошного текста;
- использование табличного (матричного) формата предъявления материала, который позволяет представить материал в компактной форме и наглядно показать связи между различными понятиями;
- выполнение общих правил оформления текста;
- тщательное выравнивание текста, буквиц, маркеров списков;
- горизонтальное расположение текстовой информации, в т.ч. и в таблицах;
- каждому положению, идее должен быть отведен отдельный абзац текста;
- основную идею абзаца располагать в самом начале — в первой строке абзаца (это связано с тем, что лучше всего запоминаются первая и последняя мысли абзаца);
- идеально, если на слайде только заголовок, изображение (фотография, рисунок, диаграмма, схема, таблица и т.п.) и подпись к ней.

1.9. Методические рекомендации по выполнению рефератов

Реферат предусматривает углубленное изучение дисциплины, способствует развитию навыков самостоятельной работы с литературными источниками.

Реферат – краткое изложение в письменном виде содержания научного труда по предоставленной теме. Это самостоятельная научно-исследовательская работа, где студент раскрывает суть исследуемой проблемы с элементами анализа по теме реферата. Приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на проблемы темы реферата. Содержание реферата должно быть логичным, изложение материала носить проблемно-тематический характер.

Требования к оформлению реферата:

Объем реферата может колебаться в пределах 15-20 печатных страниц. Основные разделы: оглавление (план), введение, основное содержание, заключение, список литературы.

Текст реферата должен содержать следующие разделы:

- титульный лист с указанием: названия ВУЗа, кафедры, темы реферата, ФИО автора и ФИО преподавателя – куратора.
- введение, актуальность темы.
- основной раздел.
- заключение (анализ результатов литературного поиска); выводы.
- библиографическое описание, в том числе и интернет-источников, оформленное по ГОСТ 7.1 – 2003; 7.80 – 2000.
- список литературных источников должен иметь не менее 10 библиографических названий, включая сетевые ресурсы.

Текстовая часть реферата оформляется на листе следующего формата:
- отступ сверху – 2 см; отступ слева – 3 см; отступ справа – 1,5 см; отступ снизу – 2,5 см;
- шрифт текста: Times New Roman, высота шрифта – 14, пробел – 1,5;
- нумерация страниц – снизу листа. На первой странице номер не ставится.

Реферат должен быть выполнен грамотно с соблюдением культуры изложения. Обязательно должны иметься ссылки на используемую литературу, включая периодическую литературу за последние 5 лет).

Критерии оценки реферата:

- актуальность темы исследования;
- соответствие содержания теме;
- глубина проработки материала;
- правильность и полнота разработки поставленных вопросов;
- значимость выводов для дальнейшей практической деятельности;
- правильность и полнота использования литературы;
- соответствие оформления реферата стандарту;
- качество сообщения и ответов на вопросы при защите реферата.

1.10 Методические указания к выполнению контрольной работы

Контрольная работа является одной из составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями в области подземной разработки месторождений. К ее выполнению необходимо приступить только после изучения тем дисциплины.

Целью контрольной работы является определения качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Задачи, стоящие перед студентом при подготовке и написании контрольной работы:

1. закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2. выработка навыков самостоятельной работы;
3. выяснение подготовленности студента к будущей практической работе.

Контрольные выполняются студентами самостоятельно. Тема контрольной работы известна и проводится она по сравнительно недавно изученному материалу.

Преподаватель готовит задания либо по вариантам, либо индивидуально для каждого студента. По содержанию работа может включать теоретический материал, задачи, тесты, расчеты и т.п. выполнению контрольной работы предшествует инструктаж преподавателя.

Ключевым требованием при подготовке контрольной работы выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений, чётко и логично излагать свои мысли. Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения

соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____ С.А.Упоров

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Канков Е.В., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Шахтного строительства
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Волков М.Н.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 10 18/19 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)

(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента 4
2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 5
3. Контрольные работы 9
3.1. Контрольная работа №1. Определение размеров и выбор формы горной выработки 9
3.2. Контрольная работа №2. Определение объемов горнопроходческих (горностроительных) работ 10
3.3.Контрольная работа №3. Определение продолжительности выполнения основных горно-проходческих операций и составление графика цикличной организации работ 11
Рекомендуемая литература 12

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы - 89 часов, заочной – 155 часов.

По курсу «Строительная геотехнология» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий; подготовка и защита контрольных работ. Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины и выполнение контрольных работ. Контрольные вопросы и упражнения предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «*Строительная геотехнология*». Она содержит названия 6 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре шахтного строительства имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения [3]. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема №1. Обобщенная классификация комплексов горных выработок и подземных сооружений.

Определения понятий «горная выработка», «комплекс горных выработок», «строительная геотехнология». Классификация комплексов горных выработок. (§ 9, С. 153-154).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под комплексом горных выработок?
2. Что изучает научная дисциплина «строительная геотехнология»?
3. По каким признакам классифицируются горные комплексы, не связанные с добычей полезных ископаемых?

Тема №2. Городские подземные комплексы

Общие сведения о видах городских подземных комплексах (метрополитены, коллекторные сети и т.д.). Состав и структура городских подземных комплексов, нормативные требования, предъявляемые к ним. (§ 10, С. 154-265).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. На какие группы делятся городские подземные?
2. Дайте определение тоннелю и развязке.
3. Перечислите основные элементы тоннеля.
4. По каким признакам классифицируются городские транспортные тоннели?
5. Какие существуют виды трассировок тоннелей?
6. Какие факторы формируют приток воды в городские подземные комплексы?
7. Перечислите способы гидроизоляции городских подземных комплексов?
8. Что понимается под вскрытием тоннелей? Какие существуют схемы вскрытия тоннелей?
9. Дайте определение «подземный гараж», «подземная парковка».
10. По каким признакам классифицируются подземные гаражи и автостоянки?
11. Какие требования предъявляют к системе вентиляции подземных гаражей и автостоянок?
12. Каким образом производится определение ширины пешеходных тоннелей и подуличных переходов?
13. Назовите способы перемещения пешеходов в подуличных переходах.
14. Дайте определение «коллектор» и «коллекторная сеть».
15. Назовите основные типы коллекторов.
16. Назовите системы канализации и способы транспортировки стоков.

17. Что называется метрополитеном? Назовите виды и основные характеристики метрополитена.

18. Перечислите состав метрополитена.

19. По каким параметрам определяются размеры станций метрополитена?

20. По каким признакам классифицируются станций метрополитена?

21. Опишите внутренние конструкции станций метрополитена.

22. По каким признакам разделяются тоннели метрополитена?

23. Опишите эскалаторные и лифтовые комплексы станций метрополитена. Какие из них по вашему мнению наиболее предпочтительней?

24. Какие вспомогательные службы обеспечивают безопасную эксплуатацию метрополитена?

25. Перечислите приоритетные направления комплексного использования городского подземного пространства.

26. Назовите группы городских подземных сооружений промышленного назначения.

Тема №3. Магистральные внегородские тоннели

Общие сведения о видах магистральных внегородских тоннелях. Классификация магистральные внегородские тоннели, нормативные требования, предъявляемые к ним. (§ 11, С. 265-274).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Каково назначение магистральных внегородских тоннелей?

2. Для каких видов транспорта строят магистральные внегородские тоннели?

3. Перечислите основные отличия магистральных внегородских тоннелей от городских.

4. По каким норма проектируют железнодорожные тоннели?

5. Какие тоннели называются подводными? Какими способами может вестись их строительство?

Тема №4. Подземные энергетические комплексы

Общие сведения о видах подземных энергетических комплексах. (§ 12, С. 274-281).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие существуют виды подземных энергетических комплексов?

2. Что является причиной подземного размещения энергетических комплексов?

3. Расшифруйте аббревиатуры ГАЭС, ВГАЭС и назовите назначение.

4. Назовите назначение и классификацию гидротехнических тоннелей?

Тема №5. Подземные склады и хранилища, заводы и оборонительные сооружения

Общие сведения о подземных складах и хранилищах, заводах и оборонительных сооружениях. Состав, структура и компоновочные решения. (§ 13, С. 282-289).

Дополнительная литература: [2, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Где могут быть размещены подземные склады и хранилища?
2. Какие условия необходимы для размещения отходов атомных электростанций?
3. Перечислите типы хранилищ для хранения нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов.
4. Какие элементы должны входить в состав подземных заводов?
5. Перечислите направления использования подземного пространства в оборонительных целях.

Тема №6. Способы строительства горнотехнических объектов

Общие сведения о способах строительства горнотехнических объектов. Технологические схемы проведения и строительства подземных вертикальных, горизонтальных и наклонных выработок. Специальные способы строительства горных выработок. Основные и вспомогательные горнопроходческие процессы и операции. Горнопроходческие машины и оборудование. Общие сведения об организации горнопроходческих работ. (§ 20, 21, С. 409-516).

Дополнительная литература: [2-5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется способом строительства?
2. По каким признакам разделяются способы строительства горнотехнических объектов?
3. Что такое ПОС? Что в нем рассматривается?
4. Кто разрабатывает ПОС? Как определяется объем и состав ПОС?
5. Что такое ППР? Кто разрабатывает ППР?
6. Что называется циклом?
7. Что такое «уходка»? Каким образом она определяется?
8. Назовите основные способы разрушения горных пород.
9. Опишите схемы проветривания забоев при строительстве горных выработок.
10. Какие лесные материалы применяют для крепления горных выработок?
11. Что такое бетон, как он готовится, какие марки бетона существуют?
12. В каком виде для крепления применяется металл и сборный железобетон?
13. Какие существуют способы и схемы проходки вертикальных шахтных стволов?

14. Назовите основные операции проходческого цикла и опишите, как они осуществляются.

15. Какие виды крепи вертикальных шахтных стволов существуют и как ее возводят?

16. Что такое армировка ствола?

17. Назовите специальные способы проходки вертикальных шахтных стволов и условия, в которых они применяются.

18. Опишите способ применения забивной крепи.

19. Что такое опускная крепь?

20. Как осуществляется проходка вертикальных шахтных стволов с замораживанием пород?

21. Что такое тампонирование горных пород?

22. Как производится понижение уровня грунтовых вод при специальных способах проведения стволов?

23. Что такое углубка действующих вертикальных шахтных стволов?

24. Опишите способы углубки стволов сверху вниз.

25. Опишите способы углубки стволов снизу вверх.

26. Как определяются форма и размеры поперечного сечения квершлагов?

27. Из каких операций состоит проходческий цикл при проходке квершлагов?

28. Как производится уборка взорванной породы и какие погрузочные машины при этом используются?

29. Опишите основные виды деревянной, металлической и каменной крепей горизонтальных выработок.

30. Опишите способы проходки штреков по тонким пластам узким и широким забоем.

31. Опишите способы проходки восстающих выработок.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Порядок выполнения и оформления контрольной работы

1. Производят все указанные в задании вычисления.

2. В соответствии с заданием определяют параметры горной выработки.

3. Оформляют и защищают контрольную работу.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа с указанием ее названия, автора и руководителя; краткой теории вопроса; сводки результатов и выводов.

При выполнении графических построений и расчетов на компьютере приводятся их распечатки.

Все расчеты оформляются в виде формул в общем виде, их числовое выражение и полученный результат с указанием размерности.

Контрольная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ВЫБОР ФОРМЫ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Цель работы – овладение методикой выбора формы и размеров горной выработки с учетом горно-геологический и горно-технологических факторов.

Определяемые в работе, размеры выработок определяются в соответствии существующим нормативным требованиями к проектированию подземных горных выработок.

Теоретическая основа дается в учебнике §1.1, 1.2 [5].

Методика работ

1. По исходным данным определяем основные параметры проектируемой горной выработки (удароопасность массива горных пород, срок службы горной выработки). По данным параметрам выбираем наиболее подходящую форму горной выработки.

2. По габаритам заданного оборудования и в соответствии с существующими требованиями к технологическим зазорам (основные требования приведены в §1.2 [5]) определяем минимальные размеры ваработки и определяем площадь выработки «в свету».

3. По формуле 1.1 [5] производим проверку полученной площадь выработки «в свету» на скорость движения воздуха. При не выполнении условия прозводим изменении принятых размеров.

Задание:

1. Определить минимальные размеры горизонтальной горной выработки, обеспечивающие размещение заданного подземного транспорта, а также движение требуемого количества воздуха по данной горной выработке.

Контрольная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ (ГОРНОСТРОИТЕЛЬНЫХ) РАБОТ

Цель работы – овладение методикой определения объёмов работ, выполняемых при строительстве горных выработок буро-взрывным способом.

При определении объёмов работ необходимо правильно выбирать значения различных коэффициентов (К.И.Ш., К.И.С., коэффициент разрыхления), зависящие от физико-механических свойств горных пород.

Теоретическая основа

§13 [5].

Методика эксперимента

1. Определить состав горно-проходческих работ выполняемых в цикле. При выборе необходимо учитывать технологию и время выполнения отдельных операций.

2. В зависимости от принятого состава работ выбрать методику определения объемов работ, которая зависит от вида работы и способа учёта их производительности (единицы измерения).

3. Произвести подсчет объёмов выполняемых работ.

Задание:

1. Определить необходимый состав горно-проходческих работ, необходимых для продвигания забоя горной выработки.

2. Определить численное значение объемов горно-проходческих работ.

Контрольная работа №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ГОРНО-ПРОХОДЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКА ЦИКЛИЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

Цель работы – определить трудоемкость и продолжительность отдельных горно-проходческих операций и всего цикла в целом, необходимого численного состава звена для выполнения данных операций. На основании полученных данных произвести построение графика цикличной организации работ.

Определение трудоёмкости горно-проходческих операций производится в соответствии с действующими нормами времени.

Теоретическая основа

§13 [5].

Методика эксперимента

1. Определяем максимально допустимую продолжительность цикла и принимаем продолжительность рассчитываемого цикла, которое не должно превышать максимально допустимое.

2. Определяем трудоемкость всех отдельных горно-проходческих операций, входящих в состав цикла, и суммарную трудоемкость цикла.

3. Рассчитываем требуемый численный состав звена, исходя из рассчитанной трудоемкости цикла и принятой его продолжительности.

4. Производим определение коэффициента переработки рабочих и определяем расчетное время выполнения каждой операции цикла.

5. Определяем продолжительность вспомогательных операций цикла и производим определение чистого времени выполнения каждой операции цикла.

6. Производим построение графика выполнения работ горно-проходческого цикла.

Задание:

1. Определить трудоемкость отдельных горно-проходческих операций и суммарную трудоемкость цикла.

2. Определить численный состав звена и продолжительность горно-проходческих операций цикла.

3. Построить циклограмму горно-проходческих работ.

Рекомендуемая литература

1. Половов Б.Д., Химич А.А., Валиев Н.Г. Основы горного дела: общие сведения и понятия горного дела. Подземная, открытая и строительная геотехнологии: учебник для вузов / Б. Д. Половов, А. А. Химич, Н. Г. Валиев; ФГБОУ ВПО «Урал. гос. горный ун-т». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. 789 с.

2. Основы горного дела : учебное пособие / Б. Д. Половов ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ. Ч. 2. - Екатеринбург : УГГУ, 2005. - 212 с.

3. Килячков А.П. Технология горного производства. – М.: Недра, 1992. – 414 с.

4. Покровский Н.М. Комплексы подземных горных выработок и сооружений. -М.: Недра, 1987. - 247 с.

5. Шахтное и подземное строительство. Проведение горизонтальных и наклонных выработок: Учебное пособие / М.В. Корнилков, В.Е. Боликов, Ю.Н. Осколков, Б.Д. Половов, О.Г. Латышев, Ю.К. Краев, А.Г. Петрушин, Д.А. Черев, М.Н. Волков. Под общ. ред. М.В. Корнилкова.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – 188 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.1.22 ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4
Маркшейдерское дело

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хамидулин И. Х., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Е. Ф. Цыпин
Е. А. Бекчурина
И. Х. Хамидулин

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело
всех форм обучения

Екатеринбург – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ДРОБЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 5

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ... 7

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. СИТОВЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ ПРОДУКТОВ 8

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. ОБОГАЩЕНИЕ В ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ 12

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5 ОБОГАЩЕНИЕ НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ 16

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ 19

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. КОЛЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ 21

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 26

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 29

ПРИЛОЖЕНИЕ А 30

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 31

ВВЕДЕНИЕ

Цель практических занятий – развитие навыков проведения лабораторных опытов и помощь в закреплении теоретических знаний по дисциплине.

Практические работы выполняются побригадно, а отчёт по работе каждый студент составляет самостоятельно. Отчёт по работе должен содержать изложение последовательности выполнения работы с необходимыми расчётами (таблица 1.1), схемой подготовки проб, схемой устройства для проведения опытов, эскизами основных узлов, таблицами результатов опытов, графиками, математическими зависимостями и выводами по проделанной работе.

Таблица 1.1 – Расчётные выражения для определения показателей обогащения

№ п/п	Показатель	Расчётные выражения	
		два продукта разделения	n продуктов разделения
1	Баланс по материалу	$Q = C + T$ $100 = \gamma_c - \gamma_\delta$	$Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i$ $100 = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i$
2	Баланс по ценному компоненту	$Q \cdot \alpha = C \cdot \beta + T \cdot \vartheta$ $100 \cdot \alpha = \gamma_c \cdot \beta + \gamma_\delta \cdot \vartheta$ $100 = \varepsilon_c + \varepsilon_\delta$	$100 \cdot \alpha = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \cdot \beta_i$
3	Массовая доля ценного компонента	$\alpha = (P_\alpha / Q) \cdot 100,\ \%$ $\beta = (P_\beta / C) \cdot 100,\ \%$ $\vartheta = (P_\vartheta / T) \cdot 100,\ \%$	$\beta_i = \frac{P_i}{Q_i} \cdot 100,\ \%$
4	Выход продукта	$\gamma_c = (C / Q) \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100,\ \%$ $\gamma_\delta = (T / Q) \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100,\ \%$	$\gamma_i = \frac{Q_i}{Q} \cdot 100,\ \%$
5	Извлечение ценного компонента в продукт	$\varepsilon_c = \frac{C \cdot \beta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta) \cdot \beta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100,\ \%$ $\varepsilon_\delta = \frac{T \cdot \vartheta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha) \cdot \vartheta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100,\ \%$	$\varepsilon_i = \gamma_i \cdot \frac{\beta_i}{\alpha}$

где Q, C, T – массы исходного материала, концентрата и хвостов, соответственно; γ_c, γ_δ – выход концентрата и хвостов, соответственно; α, β, ϑ – массовые доли компонента соответственно в исходном материале,

в концентрате, хвостах; Q_i, γ_i, – масса и выход i-ого продукта; $P_д$, $P_к$, $P_х$, P_i – масса ценного компонента в исходном материале, концентрате, хвостах, в i-ом продукте разделения. $\varepsilon_к$, $\varepsilon_х$ – извлечение ценного компонента в концентрат и в хвосты, соответственно.

На титульном листе отчёта должны быть указаны название работы, шифр группы, фамилия исполнителя. Отчёт должен быть подписан студентом.

Защиту отчёта проводят после его проверки преподавателем. При защите необходимо знать цель работы, устройство и назначение применяемых аппаратов, способы управления и органы управления, методику проведения работы, формулы (таблица 1.1), использованные для расчётов, а также уметь объяснять полученные результаты и закономерности.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1
ДРОБЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Цель:

- изучить конструкции щековой и валковой дробилок;
- изучить способ дробления исходного продукта;
- определить степень дробления;
- определить фактическую производительность щековой и валковой дробилок.

2. Оборудование и материалы:

- проба материала (крупность 150-0 мм);
- дробилка щековая;
- дробилка валковая;
- секундомер;
- набор стандартных лабораторных сит;
- линейка с делениями (штангенциркуль);
- весы;
- совки.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу материала.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию дробилки и определить конструктивные и механические параметры.
4. Определить средний максимальный кусок до дробления.
5. Соблюдая меры предосторожности, пропустить пробу через

щековую дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.

6. Определить средний максимальный кусок после дробления.
7. Соблюдая меры предосторожности, пропустить пробу через валковую дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.
8. Определить средний максимальный кусок после дробления.
9. Убрать рабочее место в лаборатории.
10. Обработать результаты работы.
11. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 1

Для определения среднего максимального куска руды, как до, так и после дробления, отбирают 3 максимальных куска (визуально) и производят замер каждого из них в трёх направлениях. Для удобства рекомендуется использовать ёмкость с прямым углом, в уголок которой следует поместить кусок и обмерить.

Величину (мм) максимального куска D определяют по формуле среднеарифметического:

$$D = \frac{L + B + H}{3},$$

где L – длина куска, мм;

B – ширина куска, мм;

H – высота куска, мм.

Средний максимальный размер куска определяют по формуле:

$$D_{\max}^{\text{ср}} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}.$$

Аналогично рассчитывают средний максимальный кусок для дроблёного материала $d_{\max}^{\text{ср}}$.

Степень дробления находят по формуле:

$$i_{cp} = \frac{D_{\max}^{\text{ср}}}{d_{\max}^{\text{ср}}},$$

где $D_{\max}^{\text{ср}}$ – средний максимальный кусок руды до дробления, мм;

$d_{\max}^{\text{ср}}$ – средний максимальный кусок руды после дробления, мм.

Фактическую производительность Q определяют по формуле:

$$Q = 3{,}6\frac{q}{t},\ \text{т/ч},$$

где q – количество дробленой руды, кг;

t – время дробления, с.

В выводах по работе следует отразить результаты определения степеней дробления и производительности дробилок.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу самоцентрирующегося инерционного грохота;
- изучить способ изменения режима работы грохота;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба после дробления в валковой дробилке;
- грохот самоцентрирующийся;
- секундомер;
- набор стандартных лабораторных сит;
- линейка с делениями (штангенциркуль);
- весы;
- совки.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию грохота и определить конструктивные и механические параметры.
4. Засыпать пробу в приёмный бункер при закрытом затворе.
5. Включить грохот. Открыть затвор бункера для подачи материала на просеивающую поверхность. Продолжительность грохочения оценивать с точностью до десятых долей секунды: начало – в момент попадания первых зёрен на просеивающую поверхность; окончание – в момент выхода из бункера основной массы материала. В течение опыта необходимо следить за тем, чтобы материал не зависал в бункере. Очистить бункер.
6. Выключить грохот и зачистить поддон, перезапустить грохот несколько раз («пуск-остановка» – два-три раза) до полной очистки.

7. Взвесить надрешётный и подрешётный продукты.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы, определить эффективность грохочения.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 2

Определение эффективности грохочения.

Существуют несколько методов определения эффективности грохочения, характеризующих полноту перехода частиц менее размера отверстия просеивающей поверхности в подрешётный продукт.

Наиболее общим является метод, рассматривающий эффективность грохочения как отношение массы подрешетного материала ко всей массе материала такой же крупности, содержащейся в руде, поступающей на грохот

$$E_1 = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100, \%$$

где Q_1 – масса подрешётного материала (крупность материала $-a$ 10 мм), кг;

Q_2 – масса материала той же крупности в исходном материале, поступающем на грохочение (крупность материала $-a$+0 мм), кг;

a – размер отверстий просеивающей поверхности грохота, мм.

Однако, на производстве практически трудно взвешивать подрешётный продукт. Для определения эффективности грохочения отбирают пробы исходной руды и надрешётного продукта, определяют в них содержание класса крупности $-d_c$+0 мм. Эффективность грохочения рассчитывают по формуле:

$$E_2 = \frac{\alpha - \vartheta}{\alpha \cdot (100 - \vartheta)} \cdot 10^1, \%$$

где α – массовая доля зерен минус a в исходном продукте, %;

ϑ – массовая доля зерен минус a в верхнем продукте, %.

В выводах по работе следует привести результаты расчёта эффективности грохочения по двум формулам и сравнить их.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3
СИТОВЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ ПРОДУКТОВ

1. Цель:

- изучить методику проведения ситового анализа;
- определить гранулометрический состав продукта;
- изучить конструкцию и работу вибровстряхивателя;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба материала крупностью –1+0 мм;
- набор стандартных лабораторных сит;
- вибровстряхиватель;
- весы электронные.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию стандартных сит и вибровстряхивателя.
4. Собрать комплект сит и поместить пробу на верхнее сито.
5. Провести ситовый анализ в течение времени, заданного преподавателем.
6. Определить массы полученных классов крупности: содержимое каждого сита перенести на листы бумаги и подписать классы; взвесить полученные классы крупности.
7. Убрать рабочее место в лаборатории.
8. Обработать результаты работы: рассчитать частный и суммарный выходы классов крупности в процентах от исходной навески, построить частную и суммарную гранулометрические характеристики.
9. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 3

При проведении исследования на обогатимость полезных ископаемых весьма важной операцией является ситовый анализ.

Для производства ситовых анализов используют набор лабораторных стандартных сит. Конструкция стандартных сит представляет собой круглые ободы диаметром 150-300 мм, высотой от 25 до 50 мм, со вставленными в эти ободы ситами. Набор сит собирают в комплект с крышкой и поддоном.

Размеры отверстий смежных сит должны изменяться плавно, с определенной закономерностью. Почти во всех стандартных ситах это осуществляется применением постоянного множителя – модуля ситовой шкалы. Последовательный ряд размеров отверстий сит составляет геометрическую прогрессию – шкалу классификации.

Практическую работу выполняют на наборе сит с модулем 2.

За основание в наборе сит принято сито 200 мещ, где 200 – число отверстий на одном линейном дюйме сетки. Размер отверстия этого сита равен 0,071 мм. На основание последовательно устанавливают сита с размерами отверстий 0,16 мм, 0,315 мм, 0,63 мм, 1,25 мм, 2,5 мм. Нижнее сито устанавливают в поддон такого же диаметра.

На верхнее сито загружают пробу материала в количестве 100-150 г, плотно закрывают крышкой, комплект сит устанавливают на вибровстряхиватель и закрепляют.

Продолжительность ситового анализа для данной пробы определяют экспериментально.

Первоначально продолжительность встряхивания принимается равной 10 минутам, после чего содержимое каждого сита переносят на листы бумаги и классы подписывают.

Качество рассева проверяют по классу минус 0,071 мм. Для этой цели класс крупности –0,16+0,071 мм взвешивают, переносят снова на сито 0,071 мм и подвергают ручному рассеву в течение 1 мин.

Если в результате контрольного рассева выход класса крупности минус 0,071 мм меньше 1 % от первоначальной массы класса крупности –0,16+0,071 мм, то рассев можно считать оконченным, каждый класс крупности взвешивают, и рассчитывают выходы классов крупности.

Если выход класса крупности минус 0,071 мм при контрольном рассеве более 1 %, то все классы крупности подвергают повторному рассеву в течение 5 мин.

После дополнительного просеивания снова повторяют контрольный ручной рассев, как это было описано выше, и так до тех пор, пока при контрольном рассеве выход класса крупности минус 0,071 мм не окажется менее 1 %. После этого все полученные классы крупности взвешивают, и результаты ситового анализа заносят в таблицу 3.1.

Расчёты частных выходов осуществляют по формуле выхода из таблицы 1.1.

По данным таблицы 3.1 строят кривые ситового анализа (гранулометрические характеристики) по частным и суммарным выходам. При этом по оси абсцисс откладывают размеры отверстий сит в миллиметрах, а по оси ординат – суммарные и частные выходы классов крупности в процентах.

Пример представления результатов ситового анализа приведён в таблице 3.2 и на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 Результаты ситового анализа

Классы крупности, мм	Выход			
	Частный		Суммарный	
	г	%	«по плюсу»	«по минусу»
+2,5 –2,5+1,25 1,25+0,63 –0,63–0,315 –0,315–0,16 0,16–0,071 –0,071–0			100,0	100,0
Итого		100,0		

Таблица 3.2 – Результаты ситового анализа дроблёной руды

Класс крупности, мм	Выход, %			
	Частный		Суммарный	
	г	%	«по плюсу»	«по минусу»
+2,5	15,0	8,33	8,33	100,00
–2,5+1,25	12,0	6,67	15,00	91,67
–1,25+0,63	20,0	11,11	26,11	85,00
–0,63+0,315	25,0	13,89	40,00	73,89
0,315+0,16	35,0	19,44	59,44	60,00
–0,16+0,071	55,0	30,56	90,00	40,56
–0,071+0	18,0	10,00	100,00	10,00
Итого:	180,0	100,00	-	-

Суммарный выход «по плюсу» показывает, какой процент из всей исходной пробы остался бы на данном сите, если бы в данном наборе сит оно было верхним. Расчёт суммарного выхода «по плюсу» осуществляют сверху вниз.

Суммарный выход по «минусу» показывает, какой процент из всей исходной пробы прошел бы через данное сито, если бы в данном наборе сит оно было нижним. Расчёт суммарного выхода по «минусу» осуществляют снизу вверх.

По форме кривой делают вывод о преобладании в пробе крупных или мелких классов.

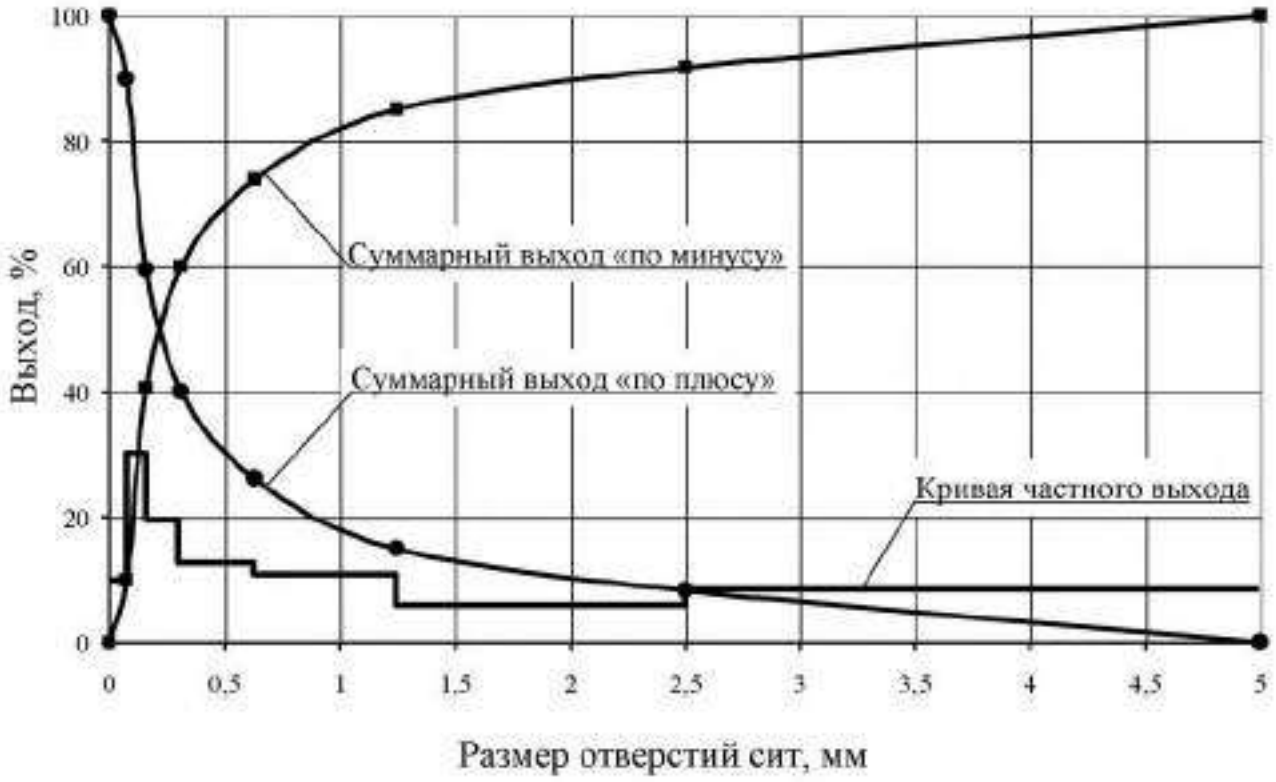


Рисунок 3.1 – Частная и суммарные гранулометрические характеристики

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4
ОБОГАЩЕНИЕ В ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ

Гравитационные процессы обогащения основаны на различии в закономерностях движения различных минералов в той или иной среде под действием сил тяжести или инерционных сил. В большинстве случаев различие в закономерностях движения минералов в среде обусловлено разностью в плотности минералов, но нужно понимать, что это различие может быть обусловлено при разной плотности минералов различными размерами минеральных частиц или различной их формой.

К гравитационным процессам относят: обогащение отсадкой, обогащение на концентрационных столах, в винтовых и центробежных сепараторах, на шлюзах, обогащение в тяжёлых средах, классификация и другие. Гравитационные процессы, в зависимости от среды, в которой происходит обогащение, подразделяют на гидравлические (среда – вода) и пневматические (среда – воздух).

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу поршневой отсадочной машины;

- освоить регулировку процесса отсадки;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба (каменный уголь);
- машина отсадочная поршневая;
- совки;
- весы технические.

Процесс разделения минералов по плотности в вертикальном потоке воды, переменном по направлению и амплитуде, называется ***отсадкой***.

Практическую работу выполняют на гидравлической поршневой двухкамерной отсадочной машине с неподвижным решетом и с боковой разгрузкой тяжёлых фракций (рисунок 4.1).

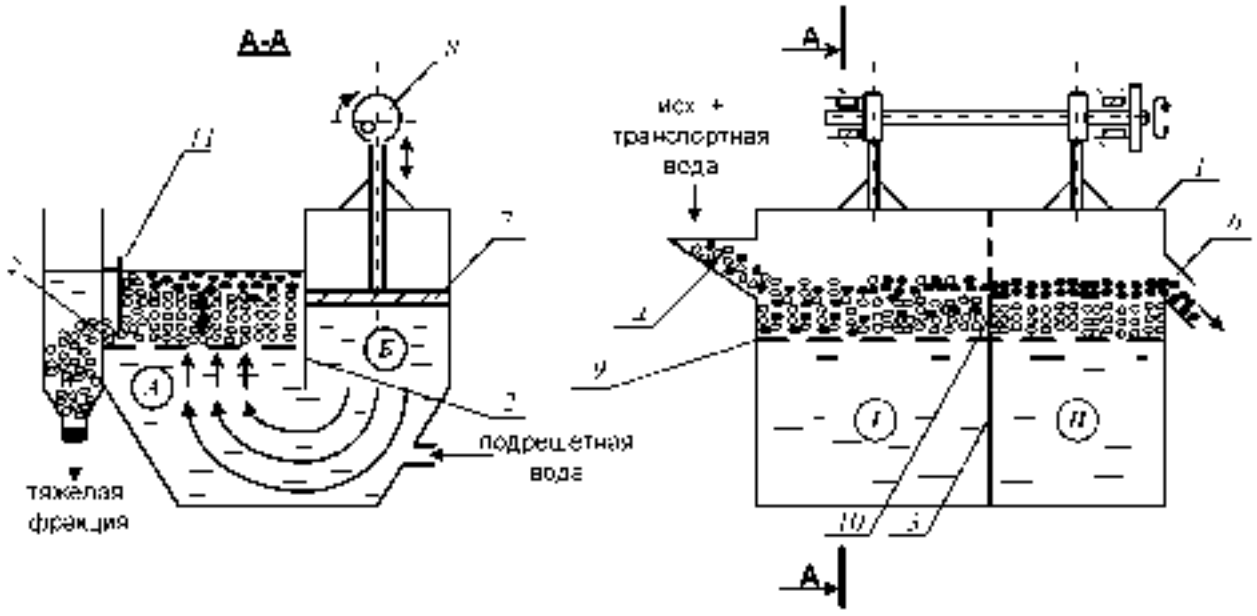


Рисунок 4.1 – Поршневая отсадочная машина

Машина состоит из корпуса 1, который продольной перегородкой 2, не доходящей до дна, разделён на два отделения: отсадочное А и поршневое Б, в котором расположены поршни 7, приводимые в движение эксцентриковым приводом 8.

Корпус машины разделён в поперечном направлении перегородкой 3 на два самостоятельных отделения. В отделении *I* со стороны загрузочной коробки 4 во время работы происходит накопление тяжёлой фракции (породы), в отделении *II* – сростков тяжёлого и лёгкого минералов (промежуточного продукта), а лёгкая фракция через сливной порог 6 выносится водой.

Расслоение обогащаемого материала отсадочной постели по плотности происходит в машине под действием вертикальных пульсаций подрешётной воды. При движении воды вверх зёрна меньшей плотности поднимаются выше, чем зёрна большей плотности (более тяжёлые). При движении потока воды вниз, наоборот, зёрна большей плотности оседают быстрее лёгких зерен. Так происходит постепенное расслоение материала, находящегося в машине, по плотностям.

Движение каждого минерального зерна и всей отсадочной постели вдоль машины по отсадочному решету 9 происходит за счёт транспортной воды и избытка подрешётной воды.

В начале работы, спустя некоторое время после начала загрузки исходного продукта в отделении *I* накапливается слой материала – отсадочная постель. Когда общая высота слоя материала будет больше высоты порога 10, разделяющего отсадочное решето в поперечном направлении, лёгкая фракция и часть тяжёлой фракции будут переходить во второе отделение машины *II*. Во втором отделении слой материала, накапливаясь и продвигаясь вдоль машины, достигает сливного порога 6, по которому лёгкие минералы вместе с водой скатываются, разгружаясь из машины.

Чтобы зёрна, имеющие большую плотность, не разгружались через сливной порог 6 при накоплении их в отделении *II* примерно до половины высоты сливного порога, открывают заслонки 11 в обоих отделениях, приподнимая их на такую высоту, чтобы в щели под заслонкой проходили зёрна тяжёлого минерала, но не уходили зёрна лёгкого минерала.

Разгрузку тяжёлой фракции в отделении *I* регулируют заслонкой 11 таким образом, чтобы получать в разгрузке только тяжёлые зерна (породу), а в отделении *II* – разгружать породу и сростки так, чтобы в слив уходил чистый уголь без частиц породы.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры поршневой отсадочной машины.
3. Провести обогащение каменного угля с получением трёх продуктов: лёгкой фракции (уголь), тяжёлой фракции (породы) и промежуточной фракции (промпродукта).
4. Открыть краны на трубопроводах, подающих транспортную и подрешётную воду и заполнить машину водой. Под

разгрузочный порог подставить приёмник лёгкой фракции (коробка с перфорированным дном).

5. Когда вода начнёт переливаться через порог 6, включить привод поршней машины. После этого начать загружать обогащаемый материал в приёмную коробку 4 вручную совками и продолжать загрузку до конца опыта.
6. При работе отсадочной машины необходимо следить за накоплением материала в отделениях *I*, *II*. Когда слой тяжёлых (породных) частиц достигнет примерно половины высоты сливного порога 6 во втором отделении, открыть заслонки 11, регулируя высоту их подъема, как указывалось выше. С этого момента начинается разгрузка породной и промпродуктовой фракции в боковые карманы.
7. В ходе работы необходимо следить за тем, чтобы отсадочная постель хорошо разрыхлялась в восходящем потоке воды и была подвижной – перемешалась импульсами вдоль машины. Последнее достигается одним или сочетанием следующих факторов оперативной регулировки:
   - изменением количества подаваемой подрешётной воды;
   - изменением количества загружаемого в машину обогащаемого продукта;
   - изменением величины разгрузочных щелей.

   Следует знать, что кроме этих факторов регулирования работы машины можно осуществлять изменением числа ходов поршней в минуту и величиной хода поршней (размахом колебаний). Значение этих факторов подбирают и устанавливают при настройке машины для обогащения того или иного исходного материала заранее, а при работе машины менять эти факторы не представляется возможным.
8. При работе машины необходимо следить за наполнением приёмников тяжёлой и промпродуктовой фракций, расположенных сбоку машины. Когда слой материала в приёмниках достигнет уровня разгрузочных щелей, опыт прекращают в такой последовательности:
   - прекратить загрузку материала в машину;
   - отключить привод машины;
   - прекратить подачу воды в машину.
9. Полученные продукты обогащения разгрузить, произвести обезвоживание дренированием и взвесить. Рассчитать выходы

продуктов разделения.

10. Убрать рабочее место в лаборатории.
11. Обработать результаты работы.
12. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 4

Массовые доли золы в продуктах задаёт преподаватель, остальные показатели рассчитывают по уравнению баланса и по известным формулам. Результаты расчета представляют в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты обогащения угля на поршневой отсадочной машине

Продукты обогащения	Выход		Массовая доля золы, A^d, %	Извлечение золы, %
	кг	%		
Концентрат Промпродукт				
Хвосты (порода)				
Итого:		100,0	A^d,	100,0

В выводах по работе следует описать личные наблюдения за возможностью регулирования процесса отсадки в машине, сравнить качество полученных продуктов разделения на основании их визуальной оценки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

ОБОГАЩЕНИЕ НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ

Обогащение мелких классов крупности (менее 3–4 мм) оловянных, вольфрамовых, марганцевых и им подобных руд и углей осуществляют на сотрясательных концентрационных столах.

1. Цель:

- изучить конструкцию сотрясательного концентрационного стола;
- освоить регулировку процесса разделения на деке концентрационного стола при визуальном наблюдении за процессом разделения;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба измельчённой руды массой 5-7 кг;
- стол сотрясательный концентрационный СК-1;
- совки;
- весы технические.

Стол (рисунок 5.1) состоит из деки 1 с рифлями 2, привода деки 3, механизма изменения угла наклона деки 4, питающего жёлоба 5, жёлоба для подачи смывной воды 6.

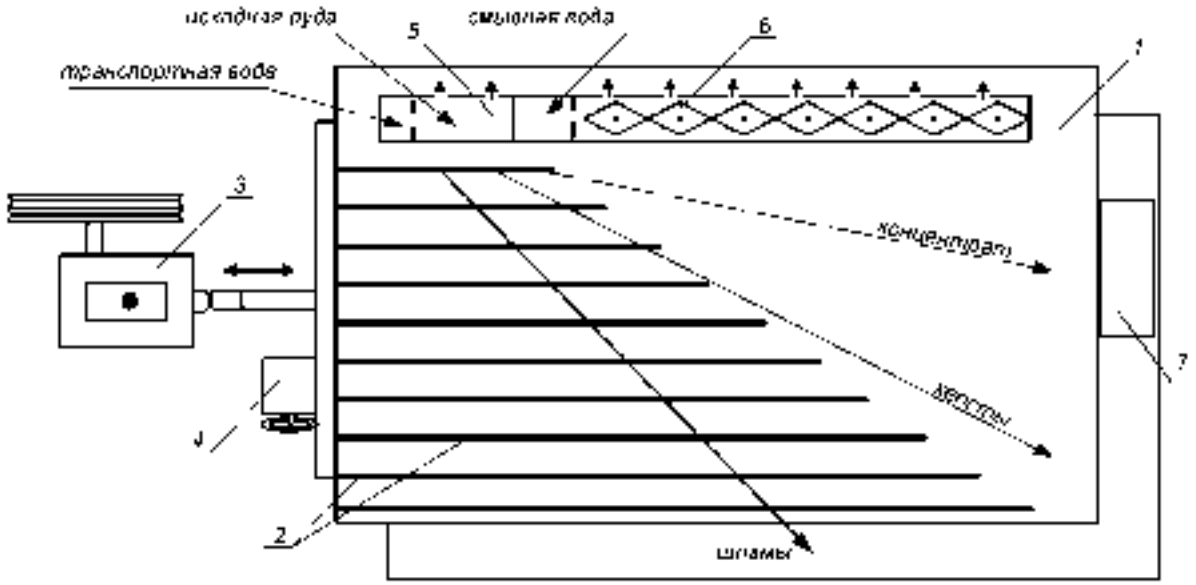


Рисунок 5.1 – Схема концентрационного стола

Разделение минералов по плотности на деке стола происходит за счёт различия в направлении движения лёгких и тяжёлых частиц по деке стола при одновременном действии на частицы минералов сил инерции, силы тяжести и гидродинамического напора смывной воды.

Вследствие сегрегации частиц в пространстве между рифлями тяжёлые частицы имеют больший контакт с декой и за счёт возвратно-поступательных движений деки продвигаются преимущественно вдоль неё. Лёгкие частицы, занимая верхний слой, испытывают большее воздействие потока смывной воды и движутся преимущественно поперек деки стола. На деке стола образуется «веер» частиц, располагающихся сверху-вниз по схеме: мелкие тяжёлые частицы → крупные тяжёлые, мелкие лёгкие → крупные лёгкие → шламы.

Частицы различных по плотности минералов, как правило, отличаются по цвету или блеску, что существенно упрощает

наблюдение за образованием и распределением веера продуктов на деке стола.

Изменяя скорость смывного потока воды, можно «расширить» или «сузить» веер на гладкой поверхности деки (за рифлями).

Скорость смывного потока воды регулируют двумя факторами: расходом смывной воды и углом поперечного наклона деки стола.

Качество концентрата зависит от того, какую часть веера (верхнюю) направить в приёмник концентрата. Регулирование количества отсекаемого концентрата из веера частиц осуществляют передвижным жёлобом или перемещением приёмника концентрата вдоль среза деки.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры сотрясательного концентрационного стола;
3. Включить привод стола. Открыть краны на трубопроводе, подающем воду в питающий жёлоб и в жёлоб смывной воды. Отрегулировать равномерность потока смывной воды по деке стола поворотом резиновых флажков в жёлобе.
4. Настроить процесс разделения. Для этого в приёмный жёлоб загрузить несколько совков исходной руды, которая смывается водой на деку стола. Наблюдая за образованием веера частиц на деке стола, продолжать периодически загружать руду в приемный жёлоб. Отрегулировать ширину и чёткость веера частиц изменением расхода смывной воды и изменением угла наклона деки с помощью штурвала механизма 4 (рисунок 5.1). При получении чёткого веера частиц на деке стола регулирование стола прекратить.
5. Пробу постепенно совком загрузить в приёмный жёлоб. При этом необходимо наблюдать за веером частиц и при необходимости отрегулировать его. Кроме того, нужно следить за шириной части веера частиц, отсекаемой в приёмник концентрата с тем, чтобы забирать в приёмник концентрата постоянную ширину полосы концентрата. При необходимости приёмник можно передвигать.
6. После окончания загрузки руды выждать, пока вся руда не пройдёт по деке и не разгрузится в соответствующие приёмники.
7. Из полученного концентрата слить воду и взвесить его.

Определить массу концентрата с учётом его влажности.

8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 5

Массы продуктов разделения и рассчитанные технологические показатели обогащения на концентрационном столе занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты обогащения на концентрационном столе

Продукты обогащения	Выход		Массовая доля извлекаемого компонента, %	Извлечение компонента, %
	кг	%		
Концентрат				
Хвосты (порода)				
Исходная руда		100,0		100,0

Все расчёты осуществляют по известным формулам.

По результатам опыта делают выводы, в которых следует отразить личные наблюдения за процессом разделения минералов на деке стола и за возможностью регулирования процесса разделения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6

ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ

Фракционный анализ угля – это разделение угля по плотности на фракции, осуществляемое в тяжёлых средах с заданными плотностями тяжёлых сред. В качестве тяжёлых сред в лабораторных условиях применяют чаще всего водные растворы хлористого цинка ($ZnCl_2$).

1. Цель:

- изучить методику определения фракционного состава угля;
- изучить методику построения кривых обогатимости угля;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба (каменный уголь) массой 5-10 кг;
- набор бачков с раствором хлористого цинка различной плотности;
- декантационный бачок с сетчатым дном;

- бачки для ссыпания фракций различной плотности;
- сетчатый черпак для снятия всплывших фракций;
- совки;
- ареометр для проверки плотности растворов хлористого цинка;
- кружка для проверки плотности раствора хлористого цинка;
- резиновые перчатки для каждого члена бригады;
- весы технические.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Взвесить пробу.
3. Пробу засыпать в дешламатор (бачок с сетчатым дном) и подвергнуть дешламации орошением сильной струей воды или многократным опусканием и встряхиванием дешламатора с навеской угля в бачок с водой.
4. Дать воде стечь из дешламатора, после чего опустить дешламатор с исследуемой навеской в бачок с раствором хлористого цинка с наименьшей плотностью.
5. Всплывшую часть исследуемой навески снять сетчатым черпаком, давая стечь в бачок раствору хлористого цинка, и ссыпать в бачок с сетчатым дном, прополоскать чистой водой, высушить до воздушно-сухого состояния, взвесить и записать массу каждой фракции в рабочую тетрадь. После этого определить процентный выход её от исходной пробы. Плотность данной фракции будет меньше плотности раствора, в котором она всплыла.
6. Потонувшую часть навески, оставшуюся на дне первого дешламатора, вместе с дешламатором вынуть из первого бачка, дать стечь раствору (в тот же бачок) и перенести в бачок с раствором последующей плотности. Со всплывшей и потонувшей частью поступают так же, как и в предыдущем случае. Плотность зёрен всплывшей части будет лежать в пределах плотности смежных растворов.
7. Повторить пункты 5 и 6 необходимое количество раз.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 6

На основании результатов фракционного анализа и результатов анализа каждой фракции на определение массовой доли золы (негорючей массы) строятся кривые обогатимости угля.

Кривые обогатимости угля позволяют решать различные задачи, связанные с выбором и расчётом технологических схем обогащения, а также рассчитать теоретические (наилучшие) результаты процесса обогащения.

В данной работе фракционный состав угля определяют студенты, а зольность каждой фракции задает преподаватель.

Результаты расслойки пробы угля заносят в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 Фракционный состав угля

Плотность фракций, кг/м³	Исходный уголь			Всплывшая фракция		Потонувшая фракция	
	Выход		Зольность A^d, %	Выход γ_i, %	Зольность A_i^d, %	Выход γ_i, %	Зольность A_i^d, %
	кг	%					
< 1300						100,0	
1300-1400							
1400-1500							
1500-1600							
1600-1700							
> 1700				100,0			
Итого:		100,0		-	-	-	-

Извлечение золы в каждую фракцию рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{\gamma_i \cdot A_i^d}{A^d},$$

где γ_i – выход фракции, %;

A^d – массовая доля золы (зольность) в исходном угле, %;

A_i^d – массовая доля золы (зольность) во фракции, %;

ε_i – извлечение золы во фракцию, %.

По данным фракционного состава угля строят кривые обогатимости угля, а также определяют категорию обогатимости угля.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7
КОЛЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ

Флотационный метод обогащения основан на различии в смачиваемости водой поверхности ценных минералов и минералов пустой породы.

Для создания гидрофобности (несмачиваемости) поверхности ценных минералов тонкоизмельченной руды, находящейся в водной среде, добавляют реагенты-собиратели. Благодаря гидрофобности, ценные минералы прикрепляются к пузырькам воздуха и поднимаются вместе с ними на поверхность пульпы, образуя минерализованный пенный слой, который удаляют из камеры флотомашины. Минералы пустой породы смачиваются водой и остаются в объёме пульпы.

Флотационный метод широко применяют для обогащения сульфидных руд цветных металлов. В этом случае наиболее распространенными реагентами-собирателями являются ксантогенаты. Расход ксантогенатов при флотации сульфидных руд обычно не превышает 100 г/т. В процесс эти реагенты подают в виде водных растворов.

Для создания на поверхностях сульфидных минералов необходимой для закрепления ксантогенатов окисленной пленки в операцию измельчения руды подают реагент-регулятор среды, в качестве которого обычно используют известь или соду. Расходы их, в зависимости от вещественного состава полезного ископаемого, могут изменяться от 200 до 1500 г/т.

Для повышения механической прочности пузырьков воздуха, в результате которого улучшаются условия прилипания к ним ценных минералов, и увеличивается устойчивость флотационной пены, используют реагенты-пенообразователи. Одним из наиболее распространенных в настоящее время пенообразователей является реагент Т-92. Его расходы обычно колеблются от 20 до 100 г/т руды.

Кроме вышеперечисленных типов флотационных реагентов при селективной флотации руд используют реагенты-активаторы и подавители, которые усиливают или ослабляют действие собирателей.

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу лабораторной флотационной машины;
- изучить способы изменения режима работы флотомашины;
- освоить методику определения объёма раствора реагента при заданном расходе реагента;

- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба (250 г сульфидной руды класса крупности –3+0 мм);
- мельница стрежневая;
- рольганги;
- машина флотационная лабораторная механического типа конструкции Механобр;
- реагенты флотационные (сода или известь, бутиловый ксантогенат, Т-92);
- чашки фарфоровые;
- чашки металлические для сбора продуктов;
- промывалки;
- посуда химическая;
- бумага фильтровальная;
- весы электронные.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры лабораторной флотационной машины (рисунок 7.1).
3. Изучить схему флотационного опыта (рисунок 7.2).
4. Очистить стержневую мельницу, в которой будет проводиться измельчение руды, от образовавшейся ржавчины. Для этого поместить в неё 300 г гранита и 300 $см^3$ воды. Масса стержней должна составлять 3000 г. Заполненную мельницу плотно закрыть крышкой с резиновой прокладкой и поместить на рольганги, включив их на 5-10 минут.
5. Подготовить пробу, 250 $см^3$ воды и навеску реагента: соды или извести (вид реагента и его расход задаёт преподаватель).
6. Остановить рольганги, вылить содержимое мельницы, промыть водой её внутреннюю поверхность и стержни.
7. В промытую мельницу с загруженными в неё стержнями сначала поместить отмеренное количество воды, затем пробу сульфидной руды и навеску реагента – регулятора среды. Измельчать в течение времени, указанного преподавателем, обычно 10-15 минут.
8. За период измельчения необходимо подготовить реагенты: собиратель и пенообразователь. Их расходы задаёт преподаватель в г/т руды. Необходимо самостоятельно определить объёмы растворов реагентов, подаваемых в процесс

флотации.

9. По истечении заданной продолжительности измельчения снять мельницу с рольганов, перенести её содержимое с помощью промывалки в камеру флотомашины. При этом нужно следить за тем, чтобы количество добавляемой воды было минимальным. В свободную от пульпы мельницу загрузить стержни, залить воду до бортика и поставить на место хранения.
10. Закрепить камеру 2 на корпусе флотомашины 1, залить в случае необходимости воду и включить двигатель. Через 2 минуты перемешивания в камеру 2 добавить необходимый объём раствора ксантогената и после минутного перемешивания в пульпу ввести пенообразователь.

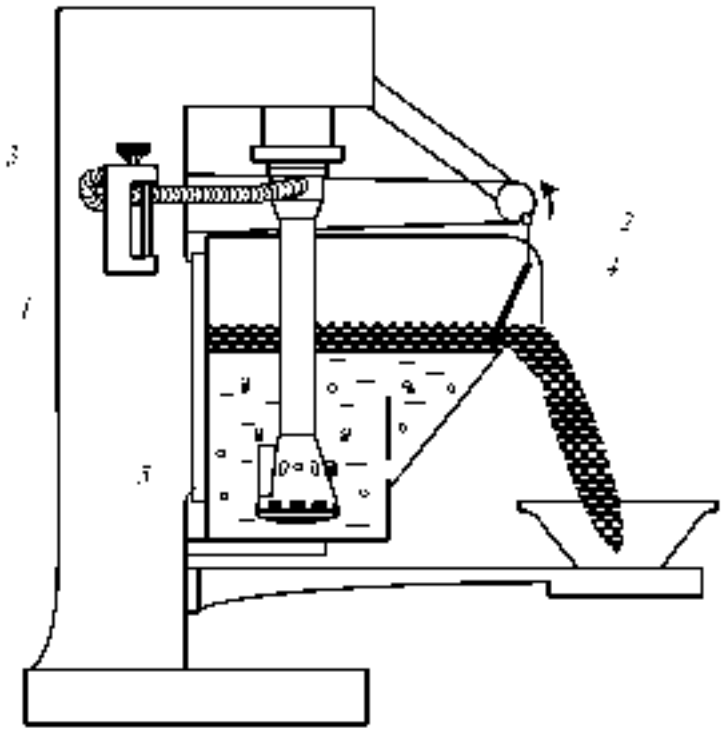
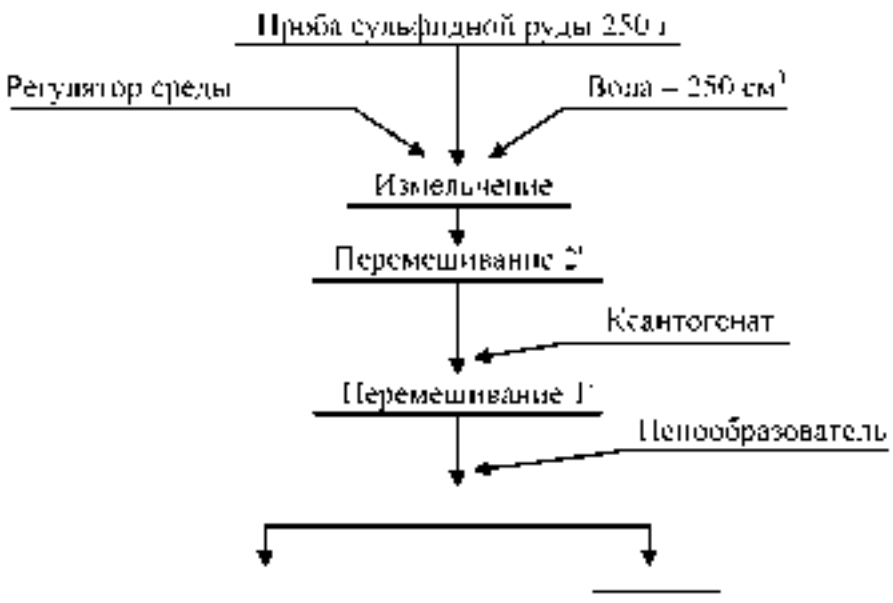


Рисунок 7.1 Лабораторная флотационная машина



Коллективная флотация

Концентрат Хвосты

Рисунок 7.2 – Схема флотационного опыта

11. Осторожно повернуть вентиль воздушного крана 3, обеспечив этим засасывание воздуха в камеру для создания на её поверхности слоя минерализованной пены.
12. Включить пеносъёмник 4. В момент снятия первой порции пены зафиксировать время начала флотации. По мере снижения уровня пульпы в камере флотомашины добавлять воду из промывалки, обмывая при этом её стенки и пеносъёмник от налипших минеральных частиц. Периодически следует отбирать пробу от пенного продукта в фарфоровую чашку. Постепенно нагруженность пены снижается, меняется и её цвет. Конец флотации фиксируется по отсутствию сульфидных минеральных частиц в фарфоровой чашке.
13. Закрыть воздушный кран 3, остановить пеносъёмник 4, выключить двигатель флотомашины. Пенный продукт отфильтровать на вакуум-фильтре и взвесить. Камерный продукт (хвосты) вылить в канаву.
14. Пустую камеру заполнить водой, закрепить на корпусе флотомашины и включить двигатель. Промыть машину в течение 2-3 минут. Затем ополоснуть из промывалки блок аэратора 5. Чистую камеру и блок аэратора протереть чистой тряпкой.
15. Убрать рабочее место в лаборатории.
16. Обработать результаты работы.
17. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 7

Методика определения объёма раствора реагента при заданном расходе реагента.

Например, заданный расход бутилового ксантогената составляет 100 г/т руды. Составим и решим пропорцию:

10^6 г (1 т) руды – 100 г ксантогената

250 г руды – X г ксантогената

$$X = \frac{100\,\text{г} \cdot 250\,\text{г}}{10^{5}\,\text{г}} = \frac{2.5\,\text{г}}{10^{-3}} = 2.5 \cdot 10^{-3}\,\text{г}$$

Следует учесть, что ксантогенат используют во флотации в виде 1 % растворов, то есть в 100 $см^3$ раствора содержится 1 г ксантогената.

Составив пропорцию и решив её, определим объём раствора, который следует подать в камеру флотомашины:

100 $см^3$ раствора – 1 г ксантогената

V $см^3$ раствора – $2,5 \cdot 10^{-3}$ г ксантогената

$$V = \frac{100\,\text{см}^3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}\,\text{г}}{1\,\text{г}} = 2,5\,\text{см}^3$$

Результаты расчёта показателей флотации занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 Показатели коллективной флотации

Наименование продуктов обогащения	Выход		Массовая доля сульфидных минералов, %	Извлечение сульфидных минералов, %
	г	%		
Концентрат				
Хвосты				
Исходная руда		100,0		100,0

Массовую долю сульфидов в продуктах обогащения (β, ϑ) или в исходной руде (α) и в одном из продуктов задаёт преподаватель.

В конце отчёта по выполненной работе делается вывод, в котором анализируются полученным результатам и намечаются способы их повышения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8
МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Практическую работу по магнитной сепарации выполняют на лабораторном магнитном сепараторе для слабомагнитных руд. Результаты разделения минералов по их магнитной восприимчивости зависят от вещественного состава руды, крупности обогащаемого материала, напряжённости магнитного поля, производительности, высоты рабочей зоны и положения разделительного шибера. При выполнении работы потребуется получить зависимости выходных

показателей качества процесса от указанных выше переменных факторов.

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу роликового магнитного сепаратора;
- изучить влияние некоторых факторов на процесс магнитной сепарации;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба материала (200-500 г руды класса крупности -3+0 мм);
- сепаратор магнитный роликовый;
- весы электронные;
- чашки лабораторные;
- щётка для чистки сепаратора.

Магнитный сепаратор (рисунок 8.1) состоит из основания 1 с закреплённым на нём бункером 2 с регулировочным шибером 3. Бункер 2 установлен над вибролотком 4, выполненным из немагнитного материала и которого осуществляется подача материала в рабочую зону магнитной системы, образованной магнитопроводом 5 и профилированным роликом 6. На магнитопроводе установлены катушки электромагнита 7, подключенные к выпрямителю тока 8, содержащего приборы измерения тока 9 и напряжения 10. На лицевой панели выпрямителя установлены переключатели режима работы, выключатель и регулятор нагрузки по току. Регулирование выходов отдельных фракций осуществляется шибером 11, а очистка ролика 6 щёткой 12.

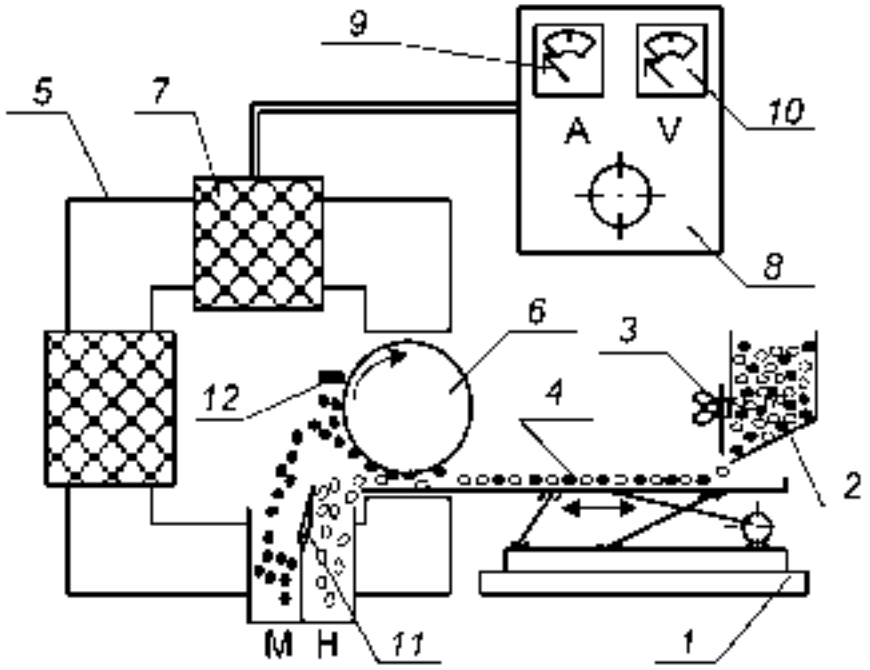


Рисунок 8.1 Схема магнитного сепаратора

Перед опытом включают выпрямитель 8, устанавливают необходимое значение тока в обмотке электромагнита 7, включают привод вибролотка 4 и ролика 6. Материал из бункера 2 по вибролотку поступает в рабочий зазор, где и происходит разделение частиц по удельной магнитной восприимчивости. Частицы, имеющие большую удельную магнитную восприимчивость, выносятся роликом 6 из рабочего зазора, счищаются щёткой 12 и попадают в приёмник магнитной фракции. Регулирование производительности осуществляют смещением шибера 3. Положение шибера 3 изменяют в пределах от 10 до 30 мм, ток в обмотке электромагнита изменяют от 0 до 8 А.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию и определить конструктивные и механические параметры роликового магнитного сепаратора.
4. Подключить сепаратор и выпрямитель к сети переменного тока.
5. Установить заданные значения настроек сепаратора (положение шибера, сила тока).
6. Загрузить исходный материал в бункер и зафиксировать время начала и конца опыта.

7. Полученные продукты взвесить, выполнить визуальную оценку, провести их анализ.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 8

Полученные результаты разделения магнитной сепарацией занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Результаты магнитной сепарации

№ опыта	Наименование продукта	Выход		Сила тока, А	Положение шибера, мм
		г	%		
1	Магнитный			0,5	20
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
2	Магнитный			1,0	20
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
3	Магнитный			2,0	20
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
4	Магнитный			1,0	10
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
5	Магнитный			1,0	30
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		

Используя данные таблицы 8.1 построить экспериментальные зависимости количественных показателей процесса магнитной сепарации от переменных факторов:

$$\gamma_м = f(I) \text{ для } h = 20 \text{ мм}$$

$$\gamma_м = f(h) \text{ для } I = 1 \text{ А},$$

где I – сила тока в катушках, А;

h – положение шибера, мм.

Сделать вывод о влиянии силы тока и положения шибера на получаемые технологические показатели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Комлев, С.Г.* Основы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / С.Г. Комлев // Урал. гос. горный ун-т. – 5-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 153 с.

2. *Колтунов, А.В.* Дробление, измельчение, грохочение: учебное пособие / А.В. Колтунов, С.Г. Комлев // Урал. гос. горный ун-т. – 2-е изд., стереотип. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 122 с.

3. *Морозов Ю.П.* Флотационные методы обогащения: конспект лекций / Ю.П. Морозов // Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. – 155 с.

4. ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

ОТЧЁТ
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

по дисциплине:
«Обогащение полезных ископаемых»

Руководитель
проф., д.т.н. _____ **Е. Ф. Цыпин**

Студент
группы ОПИ-00 _____ **А. В. Иванов**

Екатеринбург, 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Правила и примеры оформления надписей к таблицам и рисункам

Таблицы следует располагать в тексте сразу же после первого упоминания их или на следующей странице. В тексте слово «таблица» пишется полностью с указанием порядкового номера. Заголовок таблицы выполняется без абзацного отступа с выравниванием «по центру». Точка в конце заголовка не ставится. Между основным текстом, заголовком таблицы и самой таблицей – пустая строка. Размер шрифта в таблице должен быть меньше размера основного текста (например, основной текст – 14, в таблице – 13 (12) и меньше).

Таблица 1 – Результаты флотационного обогащения

Наименование продуктов обогащения	**Выход**		**Массовая доля полезного компонента, %**	**Извлечение полезного компонента, %**
	г	%		
Концентрат				
Промпродукт				
Хвосты				
Исходная руда		100,0		100,0

Рисунок вставляется после первого упоминания о нём в тексте. В тексте слово «рисунок» пишется полностью с указанием порядкового номера.

Наименование схемы, рисунка делается под рисунком и располагается симметрично относительно поля рисунка. Под наименованием рисунка после двоеточия помещают расшифровку обозначений и поясняющие записи.

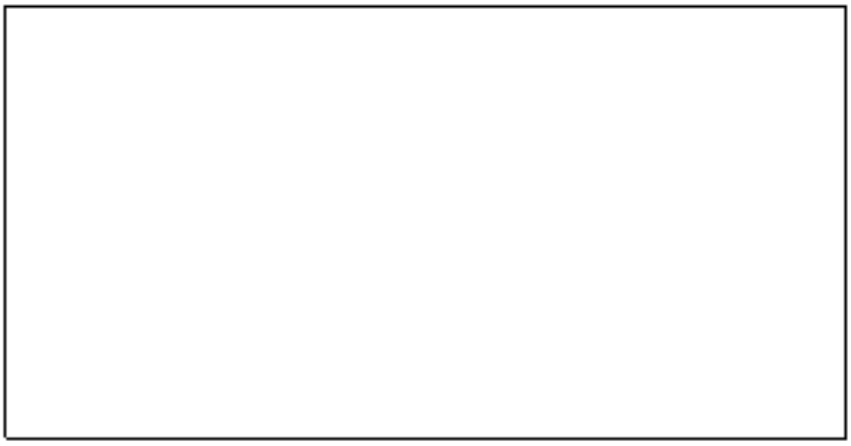


Рисунок 1 – Схема устройства оборудования:

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

Латышев О. Г., Казак О. О.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие к выполнению контрольных работ
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

Контрольная работа №1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА НА ЗАДАННУЮ ПРОЧНОСТЬ И УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ

Цель работы – овладение практическими навыками проектирования состава бетона заданных свойств применительно к разным видам конструкций и изделий.

Подбор состава тяжелого (обычного) бетона заключается в установлении наиболее рационального соотношения между составляющими бетон компонентами (цементом, водой, песком, щебнем или гравием). Такое соотношение должно обеспечивать требуемую удобоукладываемость бетонной смеси для принятого способа ее уплотнения, а также приобретение бетоном заданной прочности в назначенный срок при наименьшем расходе цемента.

Теоретическая основа

[1]: Раздел 3.2. Бетоны и железобетоны

[2]: Лабораторная работа «Проектирование состава бетона на заданную прочность и удобоукладываемость**».**

Порядок расчета:

1. Определение водоцементного отношения;
2. Определение расхода воды;
3. Определение расхода цемента;
4. Определение расхода крупного и мелкого заполнителей;
5. Определение объемной массы бетонной смеси и коэффициента выхода бетона;
6. Определение расхода материалов для пробного замеса.

Расчетные формулы, таблицы и номограммы приведены в материалах соответствующей лабораторной работы.

Контрольная работа №2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ И КЛАССА БЕТОНА

Цель работы – овладение методикой экспериментального определения марки и класса бутона применительно к расчетам эксплуатируемых бетонных изделий.

Марка бетона определяется по округленному в меньшую сторону среднеарифметическому значению его прочности (в кгс/см^2) при испытании кубических образцов бетона в возрасте 28 суток. Класс бетона помимо его прочности учитывает коэффициент вариации значений прочности, зависящий от технологии укладки бетона, условий его эксплуатации в изделии и пр.

Теоретическая основа

[1]: Раздел: 3.2.4. Прочность, марка и класс бетона;

[2]: Лабораторная работа «Определение прочности бетона по контрольным образцам».

Методика эксперимента

1. В соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе производится определение прочности при сжатии и обработка результатов для кубических образцов бетона размером 150 мм в возрасте 7; 14; 28 и 50 суток.

2. Определяется марка бетона. Для тяжелого бетона установлены следующие марки: М: 75; 100; 150; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800.

3. Опытные значения прочности бетона (точки) наносятся на поле графика, определяется и производится построение теоретической кривой твердения бетона:

$$R_n = R_{28} (\lg n / \lg 28), \qquad (2.1)$$

где n – время твердения бетона, сут.

Производится оценка соответствия теоретической кривой опытным значениям прочности бетона.

4. Для каждого возраста бутона определяется его класс по формуле:

$$\text{В} = R_\text{c} (1 - 1{,}64\,\upsilon), \qquad (2.2)$$

где – R_c – средняя прочность бетонных кубиков при коэффициенте вариации υ.

4.1. Определяется класс бетона по данным R_c и υ, полученным в опыте. Опытные точки наносятся на поле графика.

4.2. Определяется и показывается на графике теоретическая кривая уравнения (2.2) при R_c, вычисленном по формуле (2.1) и $\upsilon = 0{,}135$.

Производится сравнение полученных результатов и делаются выводы о качестве приготовления бетона и условий его работы в конструкции.

Пример распечатки результатов

7 суток			**14 суток**		
Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа	Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа
225	68.4	30.4	225	91.0	40.5
225	57.8	25.7	225	85.8	38.1
225	77.5	34.4	225	82.7	36.7
225	68.1	30.3	225	90.1	40.0
225	61.7	27.4	225	97.0	43.1
225	77.7	34.5	225	85.7	38.1
Среднее		30.5	**Среднее**		39.4
Стандарт		7.43	**Стандарт**		3.32
Квар, %		23.0	**Квар, %**		8.3

28 суток			**50 суток**		
Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа	Площадь, $см^2$	Нагрузка, тс	Прочность, МПа
225	113.8	50.6	225	135.9	60.4
225	116.0	51.6	225	149.6	66.5
225	116.9	52.0	225	117.9	52.4
225	103.8	46.2	225	122.4	54.4
225	108.8	48.3	225	145.8	64.8
225	115.8	51.4	225	126.3	56.1
Среднее		48.9	**Среднее**		58.7
Стандарт		3.50	**Стандарт**		8.87
Квар, %		7.2	**Квар, %**		15.1

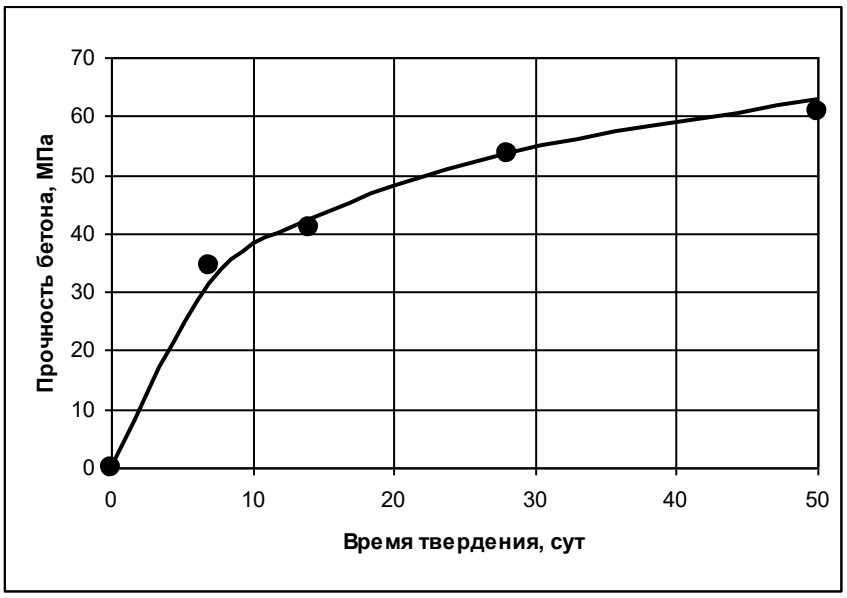


Рис. 1. Изменение прочности бетона со временем твердения

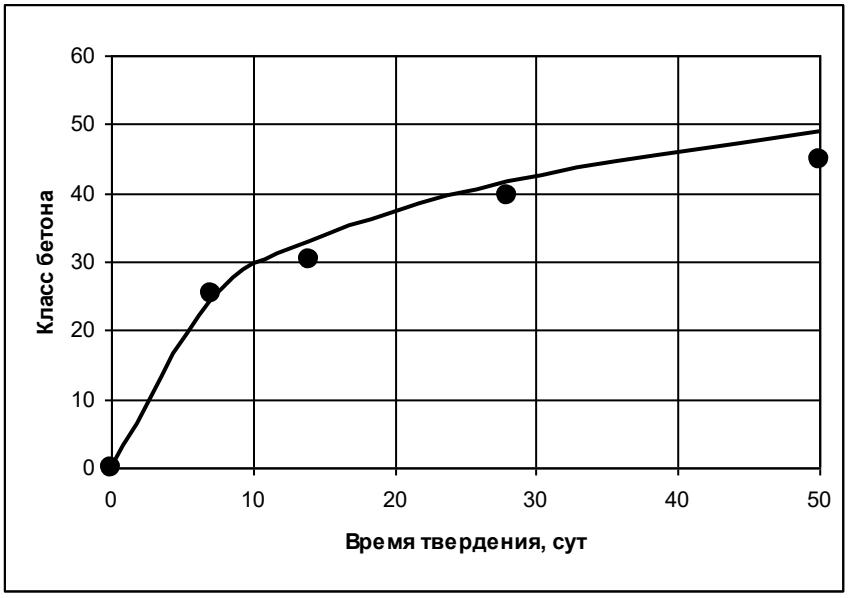


Рис. 2. Теоретические и опытные значения класса бутона

Контрольная работа №3

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ДИАГРАММ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

Цель работы – изучение строения металлов и сплавов применительно к построению и анализу диаграмм фазового состояния твердых растворов металлов.

При охлаждении расплавов происходит кристаллизация компонентов, в процессе которой образуются твердые сплавы. Один из компонентов, называемым растворителем, сохраняет кристаллическую решетку, а другой внедряется в нее, раздвигая кристаллическую решетку (растворы внедрения) или замещает атомы растворителя в узлах кристаллической решетки (растворы замещения).

Теоретическая основа

[1]: Раздел 6.1. Состав и строение металлов и сплавов;
Раздел 6.2. Диаграммы фазового состояния сплавов.

Методика эксперимента и построения диаграмм состояния

1. Для построения диаграммы фазового состояния твердых растворов производят изучение темпа охлаждения сплава при различных сочетаниях его компонентов. В задании приведены данные по охлаждению компонента *A*, при изменении его содержания в растворе: 100; 80; 60; 40; 20; 0 %.

2. Построить графики темпа охлаждения для различных сочетаний компонентов *A* и *B*.

3. Для каждого сочетания компонентов сплава найти значения температур начала t_{i1} и конца t_{i2} процесса кристаллизации.

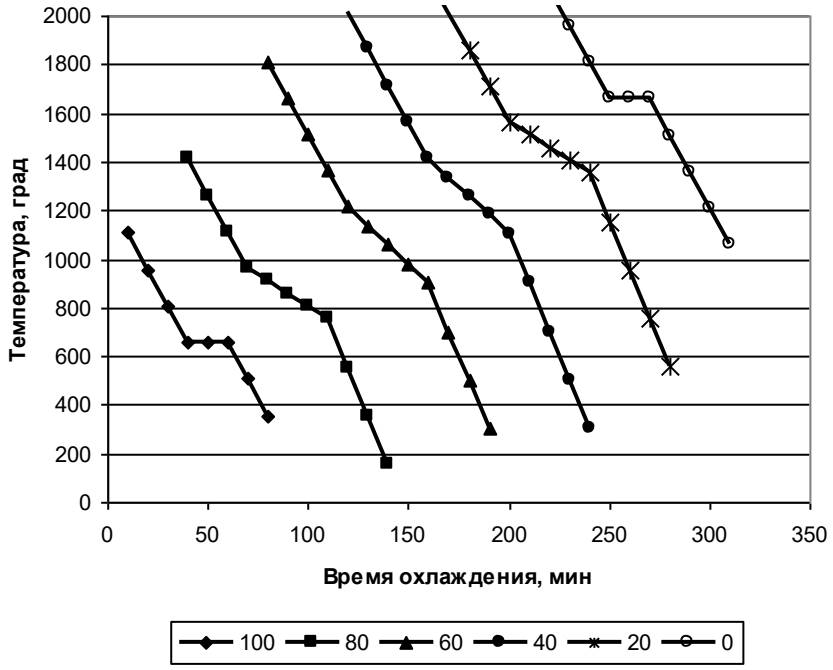
Задание:

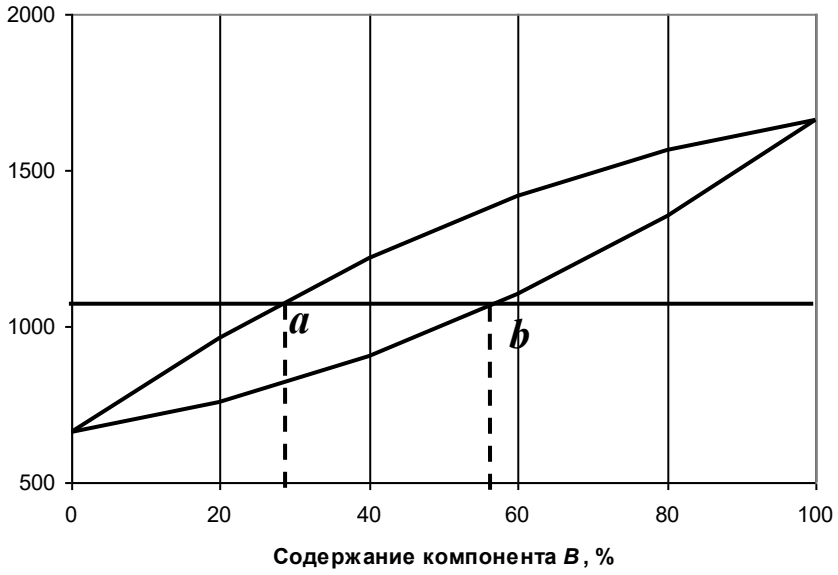
1. По полученным данным построить диаграмму фазового состояния твердого раствора компонентов.

2. Дать анализ диаграммы. Описать смысл линии ликвидуса и солидуса.

3. Провести коноду в средней части диаграммы между температурами плавления компонентов *A* и *B*. Определить состав сплава, соответствующий данной линии.

Пример распечатки результатов


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Температура, град
0
50
100
150
200
250
300
350
Время охлаждения, мин
100
80
60
40
20
0


2000
1500
1000
500
a
b
0
20
40
60
80
100
Содержание компонента B, %

Порядок выполнения и оформления контрольной работы

1. Производят все указанные в задании построения диаграмм и вычисления характеристик материалов.

2. В соответствии с заданием выполняют анализ полученных результатов.

3. Оформляют и защищают контрольную работу.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа с указанием ее названия, автора и руководителя; краткой теории вопроса; сводки результатов и выводов.

При выполнении графических построений и таблиц на компьютере приводятся их распечатки.

Все расчеты оформляются в виде формулы в общем виде, ее числовое выражение и полученный результат с указанием размерности.

Рекомендуемая литература

1. Латышев О. Г., Анахина О. О. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 300 с.

2. Корнилков М.В., Анохина О.О. Лабораторные методы испытаний строительных материалов. Учебное пособие к лабораторным работам. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 76 с.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Латышев О. Г., Казак О. О.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине «Материаловедение»
для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента	6
2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения	7
3. Расчетные работы	12
3.1. Расчетная работа № 1. Определение характеристик бетона и расчет крепи вертикального ствола	12
3.2 Расчетная работа № 2. Проектирование состава бетона на заданную прочность и удобоукладываемость	14
3.3. Расчетная работа № 3. Построение и анализ диаграмм фазового состояния твердых растворов.	25
Рекомендуемая литература	28

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них 116 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Материаловедение» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых лабораторных и практических работ; подготовка к тестированию; написание и защита рефератов по отдельным темам курса. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Материаловедение». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на зачет. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре шахтного строительства имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения [3]. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Введение. Состав, строение и свойства материалов

Содержание:

Требования к материалам и их классификация; Состав и состояние материалов; Строение веществ; Типы внутренних связей в веществах; Дефекты кристаллического строения; Классификация свойств материалов; Параметры состояния материалов; Напряжения и деформации материалов; Упругие свойства материалов; Прочность. Теория прочности Мора; Паспорт прочности материалов; Теория хрупкого разрушения материалов (теория Гриффитса); Пластические свойства материалов; Долговечность материалов; Технологические свойства материалов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите основные эксплуатационно-технические, экономические и технологические требования к материалам.

2. Охарактеризуйте основные признаки, по которым осуществляется классификация материалов.

3. Укажите общие требования безопасности при применении веществ и материалов.

4. Назовите типичные примеры природных и искусственных материалов.

5. Охарактеризуйте различие газообразного, жидкого и твердого агрегатного состояния вещества с точки зрения энергии взаимодействия частиц.

6. Опишите механизм возникновения поверхностного натяжения жидкости.

7. Что понимается под дисперсными системами и как они подразделяются в зависимости от размеров частиц дисперсной фазы?

8. Чем отличаются истинные растворы от коллоидных растворов (золей)?

9. Охарактеризуйте различие в дисперсных системах, представленных эмульсиями, пенами, суспензиями и аэрозолями.

10. Дайте классификацию дисперсных систем по их агрегатному состоянию.

11. Что называется фазой и фазовыми превращениями?

12. Чем отличаются кристаллические и аморфные вещества? Опишите механизм кристаллизации веществ.

13. Что понимается под анизотропией свойств кристаллов?

14. Опишите механизм взаимодействия частиц в ионных, ковалентных, металлических и молекулярных кристаллах.

15. Дайте классификацию дефектов кристаллической структуры веществ.

16. Что понимается под термическими флуктуациями энергии и как они связаны с образованием точечных дефектов (атомов внедрения, вакансий)?

17. Опишите основные типы дислокаций и охарактеризуйте их поведение при нагружении кристаллов.

18. Что называется плотностью, объемной и насыпной массой материалов?

19. Что понимается под коэффициентом разрыхления материалов, и от каких факторов он зависит?

20. Что называется и как определяются влажность, водонасыщение и гигроскопичность материалов?

21. Опишите механизм смачивания поверхности материалов.

22. Что характеризует и как определяется коэффициент теплового расширения материалов?

23. Как с помощью круга напряжений Мора определить величину касательных и нормальных напряжений в материале?

24. Какие деформации возникают в материале под действием нормальных и касательных напряжений?

25. Дайте характеристику упругих свойств материалов: модулей упругости, сдвига, пластичности, объемной деформации, коэффициента Пуассона.

26. Охарактеризуйте технические критерии прочности материалов.

27. Что называется паспортом прочности материалов; какую роль играет огибающая предельных кругов напряжений?

28. Каков механизм разрушения твердых материалов с позиции теории хрупкого разрушения (теории трещин Гриффитса)?

29. Опишите механизмы пластического деформирования материалов.

30. Что понимается под твердостью материалов? Укажите методы ее определения.

31. Что понимается под вязкостью и ползучестью материалов?

32. Опишите технологические методы обработки материалов и изделий: литейное производство, обработка материалов давлением и резанием, сварочное производство, абразивные и ультразвуковые методы обработки.

33. Охарактеризуйте потребительские свойства материалов: качество, надежность, безотказность, ремонтопригодность.

34. Что называется морозостойкостью, огнестойкостью и огнеупорностью материалов? Опишите существо методов их определения.

35. Опишите механизмы изнашивания материалов.

36. Что называется и как оценивается износостойкость материалов?

37. Что называется коррозией материалов и как осуществляется повышение коррозионной стойкости материалов?

38. Опишите понятие долговечности материалов.

39. С какой целью и как осуществляется механическое воздействие на материалы?

40. Опишите существо термического и физико-химического воздействия на материалы.

2. Природные материалы

Содержание:

Древесина и древесные материалы; Каменные материалы.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Укажите область применения в горном деле древесины и древесных материалов.

2. Опишите структура древесины (поперечного разреза ствола): кору, камбий, собственно древесину и сердцевину.

3. В чем проявляется увлажнение и высушивание древесины?

4. Охарактеризуйте прочность древесины (при сжатии, растяжении и изгибе) вдоль и перпендикулярно волокнам.

5. Укажите номенклатуру пиломатериалов и изделий из древесины.

6. Опишите пороки древесины.

7. Охарактеризуйте меры защиты древесины от гниения и возгорания.

8. Как разделяются каменные природные материалы по назначению?

9. Охарактеризуйте свойства щебня и гравия.

10. Как определяется прочность щебня (гравия) и как она соотносится с их маркой?

11. Как определяется морозостойкость щебня (гравия)?

12. Как определяется зерновой состав щебня, гравия, песка?

13. Охарактеризуйте методы добычи и обработки природного камня.

3. Материалы на основе вяжущих веществ. Бетоны

Содержание:

Классификация вяжущих веществ; Приготовление и твердение минеральных вяжущих веществ; Цемент, гипс, известь; Бетонные смеси и их свойства; Технология бетона; Свойства бетонов; Железобетон; Строительные растворы.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Проясните классификацию вяжущих веществ по составу и по способу твердения.

2. Охарактеризуйте основные стадии превращения вяжущего в твердое тело: производство клинкера, затворение вяжущего, твердение цементного теста.

3. Опишите основные характеристики и разновидности портландцемента.

4. Опишите основные характеристики глиноземистого цемента.

5. Укажите особенности гипсовых вяжущих веществ.

6. Охарактеризуйте механизм твердения и свойства воздушной и гидравлической извести.

7. Дайте классификацию применяемых в промышленности бетонов.

8. Опишите свойства бетонной смеси: пластичность, тиксотропию, удобоукладываемость, связность.

9. Опишите процедуру подбора состава бетона.

10. Укажите особенности приготовления бетонной смеси ее транспортирования и укладки.

11. Дайте понятия марки и класса бетона.

12. Какие факторы влияют на прочность бетона, и как она изменяется во времени?

13. Охарактеризуйте виды бетонов.

14. Дайте характеристику свойств бетонов: пористости, водопоглощения, водопроницаемости, морозостойкости, деформативности.

15. Что понимается под железобетоном?

16. Как осуществляется контроль качества бетона?

17. Дайте классификацию и опишите назначение строительных растворов.

18. Охарактеризуйте свойства строительных растворов.

19. Опишите силикатные изделия автоклавного твердения, в частности, силикатный кирпич.

20. Как получают материалы и изделия на основе органических вяжущих веществ?

21. Дайте характеристику органических вяжущих: битума, дегтя, каучука.

22. Опишите применение материалов на основе вяжущих веществ в горном деле.

4. Керамические и силикатные материалы

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте классификацию и укажите область применения керамических материалов и изделий.

2. Опишите свойства керамических материалов.

3. Охарактеризуйте состав и свойства глин как сырья для керамических материалов.

4. Опишите технологию изготовления керамики.

5. Металлы и сплавы

Содержание:

Состав и строение металлов и сплавов; Диаграммы фазового состояния; Железоуглеродистые сплавы; Стали и их классификация; Чугуны; Цветные металлы и сплавы; Термическая обработка металлов; Коррозия металлов и сплавов; Методы испытаний металлов и сплавов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что представляют собой твердые растворы металлов?

2. Дайте понятие фазового состава и фазовых превращений в сплавах.

3. Опишите процессы кристаллизации чистого металла, механической смеси компонентов и твердых растворов.

4.Что понимается под эвтектикой?

5. Что называется диаграммой состояния (фазовой диаграммой)?

6. Опишите процедуру построения фазовой диаграммы сплава - твердого раствора.

7. Опишите процедуру построения фазовой диаграммы механической смеси компонентов (эвтектического сплава).

8. Опишите процедуру построения фазовой диаграммы химических соединений.

9. Охарактеризуйте разновидности железоуглеродистых сплавов.

10. Дайте анализ фазовой диаграммы железоуглеродистых сплавов.

11. Дайте анализ структурного состава железоуглеродистых сплавов.

12. Опишите технологию производства чугуна и стали.

13. Охарактеризуйте влияние углерода и других примесей на строение и свойства стали.

14. Опишите последовательность процедуры термической обработки стали.

15. В чем состоит процедура термомеханической и химико-термической обработки стали?

16. Дайте классификацию и маркировку сталей.

17. Опишите разновидности и свойства чугунов.

18. Опишите особенности следующих цветных металлов и их сплавов: титана, алюминия, магния, меди.

19. Дайте характеристику и опишите назначение порошковых металлических материалов.

20. Опишите композиционные материалы с металлической матрицей.

21. Что представляют собой и где используются металлические стекла?

22. Охарактеризуйте методы испытаний металлов и сплавов.

23. Опишите механизм коррозии металлов и меры борьбы с этим явлением.

6. Полимерные и композиционные материалы

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте классификацию и свойства пластмасс.

2. Дайте определение и классификацию композитных материалов.

3. Опишите состав и строение композитных материалов.

4. Опишите композитные материалы на основе полимерных матриц.

5. Опишите технологию нанесения лакокрасочных покрытий.

6. Охарактеризуйте связующие (пленкообразующие) вещества.

7. Опишите разновидности и характеристики красок и лаков.

8. Дайте классификацию и характеристики смазочных материалов.

7. Материалы специального назначения

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите разновидности кровельных материалов.

2. Охарактеризуйте жидкие, пастообразные и твердые гидроизоляционные материалы.

3. Что представляют собой и где используются герметизирующие материалы?

4. Опишите строение и свойства теплоизоляционных материалов.

5. Опишите строение и свойства акустических материалов.

6. Дайте классификацию и характеристики полупроводниковых материалов.

3. РАСЧЕТНЫЕ РАБОТЫ

Расчетная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА И РАСЧЕТ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА

Цель работы – овладение методикой определения характеристик бетона по контрольным образцам и расчет бетонной крепи вертикального ствола.

Краткая теория

Основные характеристики бетона, подготовка образцов к испытаниям, методика их проведения и процедура анализа результатов описаны в Лабораторных работах №4 и №5 соответствующего учебно-методического пособия.

Данная часть работы посвящена обработке результатов испытаний, сгенерированных в статистической модели формирования бетонной смеси (табл. 1).

Таблица 1

Студент:

Определение кубиковой прочности бетона

Размер грани куба, мм 150

Площадь, $см^2$	Нагрузка, кгс	Прочность, $кгс/см^2$	$(Xi - Xср)^2$
224.9	64301		
224.8	69229		
224.0	65782		
224.9	72257		
224.5	74637		
224.9	72741		
224.5	61191		
224.8	79869		
224.0	50813		
224.2	62195		
Среднее			
Стандарт			
Квар			

РАСЧЕТ БЕТОННОЙ КРЕПИ

Радиус ствола в свету, мм	3700
Нагрузка на крепь, кПа	800

Задание:

1. Вычислить прочность 10 бетонных кубиков (X_i) с учетом масштабного коэффициента α, учитывающего размер образцов.

2. Определить среднее арифметическое прочности бетона:

$$X_{ср} = \Sigma x_i /10. \quad (3.1)$$

3. Заполнить последний столбец и определить сумму квадратов отклонения прочности единичных образцов от общей средней.

4. Рассчитать среднее квадратическое отклонение (стандарт):

$$S = [\Sigma(x_i - X_{ср})^2/10]^{1/2}. \quad (3.2)$$

5. Вычислить коэффициент вариации прочности бетона:

$$\upsilon = S/ X_{ср}. \quad (3.3)$$

6. Определить марку бетона.

7. Вычислить класс бетона по формуле:

$$B = R_c(1\text{-}1{,}64\nu) \quad (3.4)$$

8. Произвести расчет толщины бетонной крепи вертикального ствола шахты по формуле:

$$\delta_к = \gamma_b r_0 \left(\left(\frac{R_{пр} / \gamma_m}{R_{пр} / \gamma_m - 2 P_п} \right)^{1/2} - 1 \right), \quad (3.5)$$

где γ_b – коэффициент условий работы крепи, равный 1,25;

r_0 – радиус ствола в свету, мм;

γ_m – коэффициент надежности по материалу (бетону), принимаемый в соответствии с СП 63.13330, равным 1,3;

$R_{пр}$ – расчетное сопротивление бетона сжатию, кПа;

$P_п$ – расчетная нагрузка на крепь, кПа.

9. Принять технологическую толщину крепи из условия - ***проектная толщина крепи принимается с округлением расчётного значения $\delta_к$ в большую сторону кратной 50 мм.***

10. Обобщить результаты и сделать выводы.

Расчетная работа № 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА НА ЗАДАННУЮ ПРОЧНОСТЬ И УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ

Цель работы

Подбор состава тяжелого (обычного) бетона заключается в установлении наиболее рационального соотношения между составляющими бетон компонентами (цементом, водой, песком, щебнем или гравием). Такое соотношение должно обеспечивать требуемую удобоукладываемость бетонной смеси для принятого способа ее уплотнения, а также приобретение бетоном заданной прочности в назначенный срок при наименьшем расходе цемента. Целью работы является изучение методики, получения и закрепления навыков расчета состава бетонной смеси для изготовления бетонов заданной марки и определенного вида конструкции.

Методика расчета

Состав бетона выражают расходом всех составляющих материалов по массе на 1 м^3 уложенной и уплотненной бетонной смеси или отношением массы составляющих материалов смеси к массе цемента, принимаемой за единицу, т.е. *1 : x : y* (цемент : песок : щебень или гравий) при *В/Ц = z*. Например, в первом случае состав бетона: цемента – *280*, песка – *670*, щебня – *1300*, воды – *170* кг/м^3; а во втором случае: *1 : 2,4 : 4,7* при *В/Ц = 0,6*.

ПОРЯДОК РАСЧЕТА СОСТАВА БЕТОНА

Для расчета состава тяжелого бетона необходимо иметь следующие данные:

- заданную марку бетона $R_б$;

- требуемую удобоукладываемость бетонной смеси (*осадка конуса и подвижность*);

- характеристики исходных материалов: активность цемента $R_ц$, наибольший диаметр зерен крупного заполнителя $D_н$, модуль крупности песка $M_к$, насыпную массу γ и истинную плотность ρ компонентов бетонной смеси.

Состав бетона на 1 м^3 рассчитывают в следующей последовательности:

1. Определение водоцементного отношения

Водоцементное отношение *В/Ц* вычисляют исходя из требуемой марки бетона, активности цемента и с учётом вида и качества составляющих по следующим формулам:

а) для бетонов с водоцементным отношением В/Ц ≥ 0,4

$$\frac{B}{Ц} = \frac{A \cdot R_ц}{R_б + 0{,}5A \cdot R_ц}; \qquad (3.6)$$

б) для бетонов с водоцементным отношением В/Ц ≤ 0,4

$$\frac{B}{Ц} = \frac{A_1 \cdot R_ц}{R_б - 0{,}5A_1 \cdot R_ц}, \qquad (3.7)$$

где $R_б$ – марка бетона, МПа;

$R_ц$ – марка или активность цемента, МПа;

A и A_1 – коэффициенты, учитывающие качество материалов заполнителей.

Таблица 3.1

Значения коэффициентов А и $А_1$

Характеристика заполнителей	***А***	***$А_1$***
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые (средние)	0,60	0,40
Пониженные	0,55	0,37

2.Определение расхода воды

Оптимальное количество воды *В*, л/м^3, определяют по таблице 3.8 в зависимости от требуемой удобоукладываемости бетонной смеси, вида крупного заполнителя и наибольшего диаметра зерен крупного заполнителя.

Примечания:

1. Табличные данные применимы для бетонов с расходом цемента не выше 400 кг/м^3.
2. При расходе цемента выше 400 кг/м^3 расход воды увеличивается на 10 л на каждые 100 кг цемента.

3. При применении пуццолановых портландцементов расход воды увеличивается на 15-20 л.
4. При применении мелкого песка расход воды увеличивается на 10 л.

Таблица 3.2

Ориентировочные расходы воды на 1 м^3 бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси		***Наибольший диаметр зерен крупного заполнителя, мм***							
		гравий				***щебень***			
Осадка конуса, см	***Жесткость, с***	***10***	***20***	***40***	***70***	***10***	***20***	***40***	***70***
0	31 и более	150	135	125	120	160	150	135	130
0	21 ÷ 30	160	145	130	125	170	160	145	140
0	11 ÷ 20	165	150	135	130	175	165	150	145
0	5 ÷ 10	175	160	145	140	185	175	160	155
4 и менее	1 ÷ 4	190	175	160	155	200	190	175	170
5 ÷ 9	–	200	185	170	165	210	200	185	180
10 ÷ 15	–	215	205	190	180	225	215	200	190
16 и более	–	225	220	205	195	235	230	215	205

Удобоукладываемость смеси, если она не задана, выбирается в зависимости от вида конструкций и способа их изготовления по таблице 3.3.

Таблица 3.3

Рекомендуемая удобоукладываемость бетонной смеси

Вид конструкций, изделий и метод их изготовления	***Осадка конуса, см***	***Жесткость, с***
Монолитные конструкции		
Подготовка под фундаменты и основания дорог	0-2	30 ÷ 60
Полы, покрытия дорог и аэродромов, массивные неармированные конструкции (фундаменты, подпорные стенки)	2 ÷ 3	25 ÷ 30

Массивные армированные конструкции. Плиты, балки, колонны бетонируемые на месте	2 ÷ 4	15 ÷ 25
Тонкостенные конструкции, сильно насыщенные арматурой	6 ÷ 8	6 ÷ 10
Сборные конструкции		
Изделия, формуемые с немедленной распалубкой	0	80 ÷ 100
Стеновые панели, формуемые в горизонтальном положении с вибропригрузом	0	60 ÷ 80
Изделия, формируемые вибропрокатом	0	50 ÷ 60
Монолитная бетонная крепь подземных выработок		
При ручной укладке	1 ÷ 3	15 ÷ 30
При спуске бетонной смеси по бетонопроводу	6 ÷ 10	5 ÷ 10
При применении пневмоукладчиков	8 ÷ 10	5 ÷ 8

3. Определение расхода цемента

Расход цемента на 1 м^3 бетона определяют по водоцементному отношению и расходу воды согласно следующей формуле

$$Ц = \frac{В}{(В/Ц)} \tag{3.8}$$

Расход цемента уточняется в зависимости от крупности зерен крупного заполнителя и сопоставляется с данными таблицы 3.10. Если расчетное значение Ц меньше табличного $Ц_{min}$, то принимается минимальный расход цемента $Ц_{min}$, а количество воды необходимое для затворения бетонной смеси, пересчитывается по формуле:

$$В = \frac{Ц}{(В/Ц)} \tag{3.9}$$

Таблица 3.4

Минимальный расход цемента $Ц_{min}$

для получения нерасслаиваемой плотной бетонной смеси

Вид бетонной смеси	***Наибольший диаметр зерен крупного заполнителя, мм***			
	10	***20***	***40***	***70***
Особо жесткая (Ж > 20 с)	160	150	140	130
Жесткая (Ж = 10 ÷ 20 с)	180	160	150	140
Малоподвижная (Ж = 5 ÷ 10 с)	200	180	160	150
Подвижная (ОК = 5 ÷ 10 см)	220	200	180	160
Очень подвижная (ОК = 10 ÷ 16 см)	240	220	200	180
Литая (ОК > 16 см)	250	230	210	190

4. Определение расхода крупного и мелкого заполнителей

Расход заполнителей на 1 м^3 определяют по следующим формулам:

Щебень:

$$Щ = \frac{1}{П_{щ} \cdot \frac{\alpha}{\gamma_{щ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}}; \qquad П_{щ} = 1 - \frac{\gamma_{щ}}{\rho_{щ}}; \tag{3.10}$$

Гравий:

$$Г = \frac{1}{П_{г} \cdot \frac{\alpha}{\gamma_{г}} + \frac{1}{\rho_{г}}}; \qquad П_{г} = 1 - \frac{\gamma_{г}}{\rho_{г}}; \tag{3.11}$$

Песок:

$$П = \left[1 - \left(\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} + \frac{В}{\rho_{в}}\right)\right] \cdot \rho_{п}; \tag{3.12}$$

где α – коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия) раствором; для жестких бетонных смесей α следует принимать в пределах 1,05 ÷ 1,15, для пластичных смесей коэффициент α принимают по табл. 3.11;

$\rho_п$, $\rho_щ$, $\rho_г$, $\rho_ц$ – объемные массы песка, щебня, гравия и цемента соответственно;

$\rho_в$ – объемная масса воды ($\rho_в$ = 1г/см^3 = 1000 кг/м^3);

$\gamma_п$, $\gamma_щ$, $\gamma_г$, $\gamma_ц$ – насыпные массы песка, щебня, гравия и цемента.;

$П_щ$ – пустотность крупного заполнителя (щебня, гравия), в формулу подставляется в виде относительной величины;

Щ – расход крупного заполнителя (щебень), кг/м^3;

Г – расход крупного заполнителя (гравий), кг/м^3;

П – расход мелкого заполнителя (песок), кг/м^3;

Ц – расход цемента, кг/м^3.

Таблица 3.5.

Значения коэффициента α для пластичных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м^3	***Коэффициент α при В/Ц***				
	0,4	***0,5***	***0,6***	***0,7***	***0,8***
250	–	–	1,26	1,32	1,38
300	–	1,30	1,36	1,42	–
350	1,32	1,38	1,44	–	–
400	1,40	1,46	–	–	–

Примечание. При других значениях *Ц и В/Ц* коэффициент α находят интерполяцией.

5. Определение объемной массы бетонной смеси и коэффициента выхода бетона

Определив расход компонентов *В*, *Ц, П,* и *Щ(Г)* на 1 м^3 бетонной смеси, вычисляют расчетную среднюю плотность

$$\rho_{ср} = В + Ц + П + Щ(Г),\ кг/м^3. \qquad (3.13)$$

Далее вычисляют коэффициент выхода бетона β с точностью до 0,01 делением объема бетонной смеси (1 м^3) в уплотненном состоянии на сумму объемов сухих составляющих, затраченных на её приготовление:

$$\beta = \frac{V_{б.см}}{V_п + V_ц + V_{щ(г)}} = \frac{1}{\frac{Ц}{\gamma_ц} + \frac{П}{\gamma_п} + \frac{Щ(Г)}{\gamma_{щ(г)}}} \qquad (3.14)$$

Коэффициент выхода бетона представляет собой степень уменьшения объема бетонной смеси по сравнению с суммарным объемом исходных материалов и обычно значение коэффициента β находится в пределах 0,55 ÷ 0,75. Также этот коэффициент является технико-экономической характеристикой качества заполнителей и бетона – чем выше значение β, тем экономичнее расход компонентов для приготовления бетонной смеси. Пользуясь величиной β, рассчитывают потребность материалов для выполнения заданного объема строительно-монтажных работ.

6.Определение расхода материалов для пробного замеса

$$Ц_{пр} = Ц \cdot \frac{V_{пр}}{1000}; \qquad В_{пр} = В \cdot \frac{V_{пр}}{1000};$$

$$П_{пр} = П \cdot \frac{V_{пр}}{1000}; \qquad Щ_{пр} = Щ \cdot \frac{V_{пр}}{1000};$$

где $Ц_{пр}$, $В_{пр}$, $П_{пр}$, $Щ_{пр}$ – масса цемента, воды, песка и щебня в кг на пробный замес;

$Ц$, $В$, $П$, $Щ$ – масса цемента, воды, песка и щебня в кг на 1 м^3 бетонной смеси;

$V_{пр}$ – объем пробного замеса, л. Принимается по таблице 3.6 в зависимости от наибольшей крупности заполнителя, мм.

Таблица 3.6

Объем пробного замеса

Наибольшая крупность заполнителя, мм	20	40	70	150
Размер ребра образца-куба, см	10	15	20	30
Объем пробного замеса, л	6	12	25	85

Приготавливают бетонный замес, проверяют консистенцию бетонной смеси, определяют ее объемный вес. Отклонения от заданной подвижности бетонной смеси допускаются в пределах ± 1 см для смесей с подвижностью 2-6 см и ± 2 см для смесей с подвижностью 6-12 см. Отклонения от заданной жесткости допускается не более 15%.

При необходимости проводят корректировку состава бетонной смеси, добавляя цемент и воду для повышения пластичности – или песок и крупный заполнитель – для понижения пластичности. Количество добавляемых материалов берут в каком-либо пропорциональном отношении к расходу их на пробный замес.

Таблица 3.7

Варианты заданий

№ варианта	Марка бетона	Заполнитель мелкий	Заполнитель крупный	Характеристики цемента	Вид конструкции
1	2	3	4	5	6
1	200	Песок высококач. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень высококач. $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Подготовка под фундамент
2	200	Песок среднекачеств.	Щебень среднекачеств	$\rho_ц$= 3200кг/м^3	Подготовка под фундамент

		$\rho_п = 2520кг/м^3$ $\gamma_{п.} = 1350кг/м^3$ Мк = 2,71 W = 6%	$\rho_щ = 2500кг/м^3$ $\gamma_щ = 1400кг/м^3$ $D_н = 70мм$ W = 3 %	$\gamma_ц = 1450кг/м^3$ $R_ц = 500$	
3	400	Песок низкокачеств. $\rho_п = 2640кг/м^3$ $\gamma_{п.} = 1480кг/м^3$ Мк = 2,23 W = 8%	Щебень низкокачеств. $\rho_щ = 2620кг/м^3$ $\gamma_щ = 1510кг/м^3$ $D_н = 40мм$ W = 4 %	$\rho_ц = 3000кг/м^3$ $\gamma_ц = 1400кг/м^3$ $R_ц = 400$	Пол, покрытие дорог, аэродромов
4	250	Песок высококачеств. $\rho_п = 2520кг/м^3$ $\gamma_{п.} = 1350кг/м^3$ Мк = 2,71 W = 6%	Щебень высококачест. $\rho_щ = 2500кг/м^3$ $\gamma_щ = 1400кг/м^3$ $D_н = 70мм$ W = 3 %	$\rho_ц = 3200кг/м^3$ $\gamma_ц = 1450кг/м^3$ $R_ц = 500$	Пол, покрытие дорог, аэродромов
5	350	Песок среднекачеств. $\rho_п = 2640кг/м^3$ $\gamma_{п.} = 1480кг/м^3$ Мк = 2,23 W = 8%	Щебень среднекачест $\rho_щ = 2620кг/м^3$ $\gamma_щ = 1510кг/м^3$ $D_н = 40мм$ W = 4 %	$\rho_ц = 3000кг/м^3$ $\gamma_ц = 1400кг/м^3$ $R_ц = 400$	Массивные армированные конструкции
6	200	Песок низкокачеств. $\rho_п = 2520кг/м^3$ $\gamma_{п.} = 1350кг/м^3$ Мк = 2,71 W = 6%	Щебень низкокачеств. $\rho_щ = 2500кг/м^3$ $\gamma_щ = 1400кг/м^3$ $D_н = 70мм$ W = 3 %	$\rho_ц = 3200кг/м^3$ $\gamma_ц = 1450кг/м^3$ $R_ц = 500$	Массивные армированные конструкции
7	500	Песок низкока-	Щебень низ-	$\rho_ц = 3250кг/м^3$	Массивные армированные кон-

		честв. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	кокачеств $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\gamma_ц$= 1500кг/м^3 $R_ц$ = 600	струкции
8	300	Песок высоко-качеств. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень вы-сококачест $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Плиты, балки, колонны, бетонируемые на местах
9	400	Песок средне-качеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень сред-некачест. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Плиты, балки, колонны, бетонируемые на местах
10	250	Песок низкока-честв. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень низ-кокачеств. $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Крепь – ручная укладка
11	350	Песок высоко-качеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень вы-сококачест. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Крепь – при спуске бетонной смеси по бетонопроводу

12	200	Песок низкокачеств. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень низкокачеств. $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Крепь с применением пневмобетоно-укладчика
13	300	Песок высококачеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень высококачест. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Подготовка под фундамент
14	450	Песок среднекачеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень среднекачеств $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3250кг/м^3 $\gamma_ц$= 1500кг/м^3 $R_ц$ = 600	Крепь с применением пневмобетоно-укладчика
15	400	Песок высококачест. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23 W = 8%	Щебень высококачест $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм W = 4 %	$\rho_ц$= 3000кг/м^3 $\gamma_ц$= 1400кг/м^3 $R_ц$ = 400	Крепь – при спуске бетонной смеси по бетонопроводу
16	450	Песок высококачеств. $\rho_п$ = 2640кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1480кг/м^3 Мк = 2,23	Щебень высококачест $\rho_щ$=2620кг/м^3 $\gamma_щ$=1510кг/м^3 $D_н$ = 40мм	$\rho_ц$= 3250кг/м^3 $\gamma_ц$= 1500кг/м^3 $R_ц$ = 600	Массивные армированные конструкции

		W = 8%	W = 4 %		
17	400	Песок низкокачеств. $\rho_п$ = 2520кг/м^3 $\gamma_{п.}$= 1350кг/м^3 Мк = 2,71 W = 6%	Щебень низкокачеств. $\rho_щ$=2500кг/м^3 $\gamma_щ$=1400кг/м^3 $D_н$ = 70мм W = 3 %	$\rho_ц$= 3200кг/м^3 $\gamma_ц$= 1450кг/м^3 $R_ц$ = 500	Крепь – ручная укладка

Расчетная работа №3

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ДИАГРАММ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы – изучение строения металлов и сплавов применительно к построению и анализу диаграмм фазового состояния твердых растворов металлов.

При охлаждении расплавов происходит кристаллизация компонентов, в процессе которой образуются твердые сплавы. Один из компонентов, называемым растворителем, сохраняет кристаллическую решетку, а другой внедряется в нее, раздвигая кристаллическую решетку (растворы внедрения) или замещает атомы растворителя в узлах кристаллической решетки (растворы замещения).

Теоретическая основа

[1]: Раздел 6.1. Состав и строение металлов и сплавов;

Раздел 6.2. Диаграммы фазового состояния сплавов.

Методика эксперимента и построения диаграмм состояния

1. Для построения диаграммы фазового состояния твердых растворов производят изучение темпа охлаждения сплава при различных сочетаниях его компонентов. В задании, сгенерированном компьютерной статистической моделью, приведены данные по охлаждению компонента *A*, при изменении его содержания в растворе: 100; 80; 60; 40; 20; 0 %.

2. Построить графики темпа охлаждения для различных сочетаний компонентов *A* и *B*.

3. Для каждого сочетания компонентов сплава найти значения температур начала t_{i1} и конца t_{i2} процесса кристаллизации.

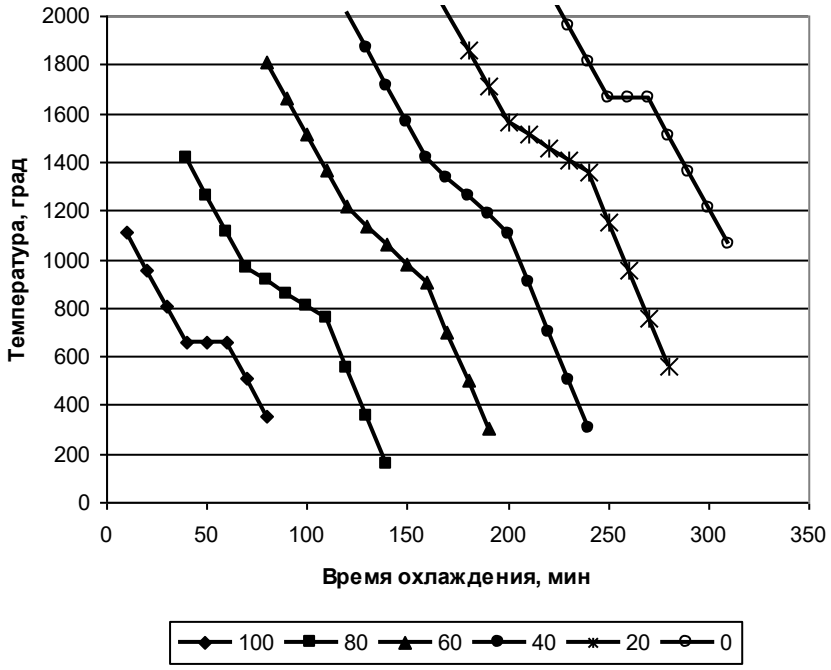
Задание:

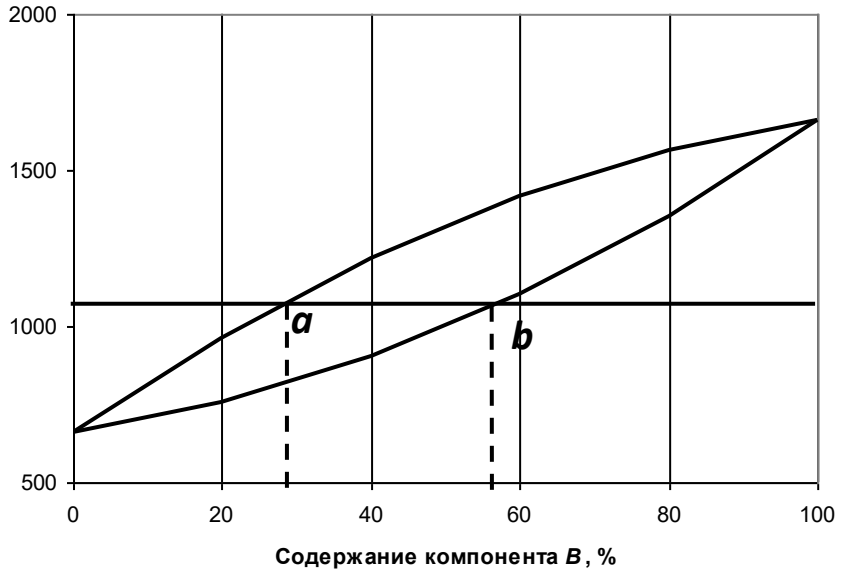
1. По полученным данным построить диаграмму фазового состояния твердого раствора компонентов.

2. Дать анализ диаграммы. Описать смысл линии ликвидуса и солидуса.

3. Провести коноду в средней части диаграммы между температурами плавления компонентов *A* и *B*. Определить состав сплава, соответствующий данной линии.

Пример распечатки результатов





СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Латышев О. Г., Казак О. О.* Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Учебник. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 300 с.

2. *Казак О. О., Соколов В. В., Прищепа Д. В.* Материаловедение: Лабораторные методы испытаний строительных материалов. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. 76 с.

3. *Ржевская С. В.* Материаловедение: Учебн. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГГУ, 2005. 456 с.

4. *Половов Б. Д., Корнилков М. В.* «Материаловедение. Технология конструкционных материалов». Конспект лекций. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000.

5. *Латышев О. Г., Казак О. О.* Физика горных пород: Учебник. Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2014. 277 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.Б. Шмонин

ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Оглавление

Лекция 1…….. 5
Тема 1.1. Предмет геодезии. Фигура Земли…… 5
Тема 1.2. Системы координат……..... 9
Лекция 2……. 14
Тема 2.1. Ориентирование линий. Ориентирующие углы. Прямая и обратная геодезические задачи……. 14
Лекция 3…….. 22
Тема 3.1. Изображение земной поверхности на плоскости. План, карта, профиль местности. Формы рельефа и его изображение на плане и карте. Масштабы карт и планов ……..... 22
Лекция 4……. 32
Тема 4.1. Задачи, решаемые по топографическому плану и карте.Ориентирование карт и планов……..... 32
Тема 4.2. Номенклатура карт…… 39
Лекция 5…….. 43
Тема 5.1. Виды геодезических измерений. Угловые и линейные измерения на местности ……... 43
Тема 5.2. Приборы для угловых измерений. Классификация теодолитов. Устройство, поверки и юстировки теодолитов……. 45
Лекция 6…….. 52
Тема 6.1. Принцип и способы измерения горизонтальных углов. Измерение вертикальных углов……... 52
Лекция 7…….. 58
Тема 7.1. Непосредственное и косвенное измерение расстояний. Приборы для измерения расстояний. Порядок измерения длин отрезков стальной мерной лентой. Приведение измеренной длины к горизонту…….. 58
Лекция 8…….. 67
Тема 8.1. Понятие о геодезических сетях. Виды геодезических сетей и методы их создания. Закрепление геодезических пунктов.. 67
Лекция 9…….. 85
Тема 9.1. Виды топографических съемок. Создание геодезического обоснования для топографических съемок. Краткие све-

дения из теории ошибок……... 85
Лекция 10……... 96
Тема 10.1. Обработка результатов полевых измерений при теодолитной съемке. Уравнивание теодолитных ходов. Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода……... 96
Лекция 11…… 106
Тема 11.1. Виды топографических съемок. Тахеометрическая съемка. Порядок выполнения тахеометрической съемки (работа на станции)……. 106
Лекция 12…… 113
Тема 12.1. Камеральная обработка журнала тахеометрической съемки. Построение топографического плана…… 113
Лекция 13…… 118
Тема 13.1. Нивелирование. Назначение и виды нивелирования. Приборы для нивелирования. Устройство и поверки нивелира... 118
Лекция 14……... 128
Тема 14.1. Нивелирные рейки. Точность нивелирования. Источники погрешностей при нивелировании. Подготовка трассы к нивелированию……... 128
Тема 14.2. Нивелирование трассы. Полевые работы. Камеральная обработка нивелирования……..... 137
Лекция 15…… 143
Тема 15.1. Составление продольного профиля трассы. Решение задач при проектировании профиля…… 143
Лекция 16……... 147
Тема 16.1. Нивелирование поверхности. Подготовка площадки для нивелирования. Способы нивелирования. Составление топографического плана площадки……... 147
Тема 16.2. Вертикальная планировка площадок. Проектирование горизонтальной площадки. Составление картограммы земляных работ. Расчет баланса земляных масс……. 154
Литература…… 160

ЛЕКЦИЯ 1

Тема 1.1. Предмет геодезии. Фигура Земли

Геодезия–это наука об измерениях на земной поверхности, производимых с целью определения формы и размеров Земли, составления планов и карт, а также решения различных инженерных задач. Современная геодезия разделена на ряд научных дисциплин.

Высшая геодезия – изучает форму и размеры Земли, а также методы высокоточного определения координат точек земной поверхности и изображения её на плоскости.

Топография – рассматривает методы производства топографических съёмок для составления планов на небольшие участки земной поверхности.

Фототопография – изучает методы создания топографических планов, карт, цифровых математических моделей (ЦММ),электронных карт (ЭК) по материалам фото- или цифровой съёмки. Она является составной частью *фотограмметрии* – науки, определяющей формы, размеры и положение объектов на местности по фотографическим изображениям. Фотографические (цифровые) изображения местности также можно получать с помощью летательных аппаратов. Этот способ съемки называется *аэросъёмкой*.

Космическая геодезия – служит для измерений на Земле и планетах Солнечной системы с использованием данных, получаемых из комического пространства искусственными спутниками Земли, межпланетными кораблями и орбитальными пилотируемыми станциями.

Морская геодезия – занимается исследованием природных ресурсов континентальных шельфов и картографированием морского дна.

Инженерная геодезия – рассматривает геодезические работы при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений (здания, мосты, гидро- и теплоэлектростанции, пути сообщения, трубопроводные системы).

Рекомендуемая литература:

1.Федотов Г.А. Инженерная геодезия : учеб.для вузов / Г.А. Федотов. –2-еизд., испр. – М. :Высш. шк., 2004. – 462 с.

2.Федоров В.И. Инженерная геодезия : учебник / В.И. Федоров, П.И. Шилов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1982. – 357 с.

3. Инженерная геодезия : учеб.для вузов / под ред. Л.С. Хренова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1985.

Фигура Земли

Уровенная поверхность– это непрерывная поверхность, нормаль во всех точках которой совпадает с направлением отвесной линии (с направлением центра тяжести).



Рис. 1.1. Взаимное расположение физической и теоретических поверхностей Земли

Средняя уровенная поверхность – это уровенная поверхность, совпадающая со средним уровнем океанов, находящихся в состоянии покоя.

Геоид – это тело, ограниченное средней уровенной поверхностью.

Эллипсоид вращения – геометрическая фигура, полученная вращением эллипса вокруг его малой оси и принятая в качестве поверхности относимости.

Референц-эллипсоид– ориентированный определенным образом эллипсоид вращения, используемый в качестве поверхности относимости, в теле геоида с соблюдением возможно большей близости поверхностей эллипсоида и геоида.

Определение местоположения точек наземной поверхности и плоскости

Под координатами в общем смысле понимают числа, определяющие положение точки на плоскости, любой поверхности или в пространстве.

В геодезии под координатами понимают совокупность трёх чисел, определяющих положение точки земной поверхности относительно некоторой исходной поверхности.

При определении координат точек земной поверхности в геодезии применяются следующие системы координат:

- система астрономических координат;
- система геодезических координат;

- система географических координат;
- система прямоугольных координат;
- зональная система координат в проекции Гаусса-Крюгера;
- система полярных координат.

В системе астрономических координат положение точки определяется на уровенной поверхности (поверхности геоида) значениями астрономических широты и долготы, получаемых по наблюдениям небесных светил.

За начало отсчёта координат в данной системе принимают плоскость экватора EQ, перпендикулярную к оси вращения Земли, и плоскость начального астрономического меридиана PM0 P1, в качестве которого принят Гринвичский меридиан (рис. 1.2).

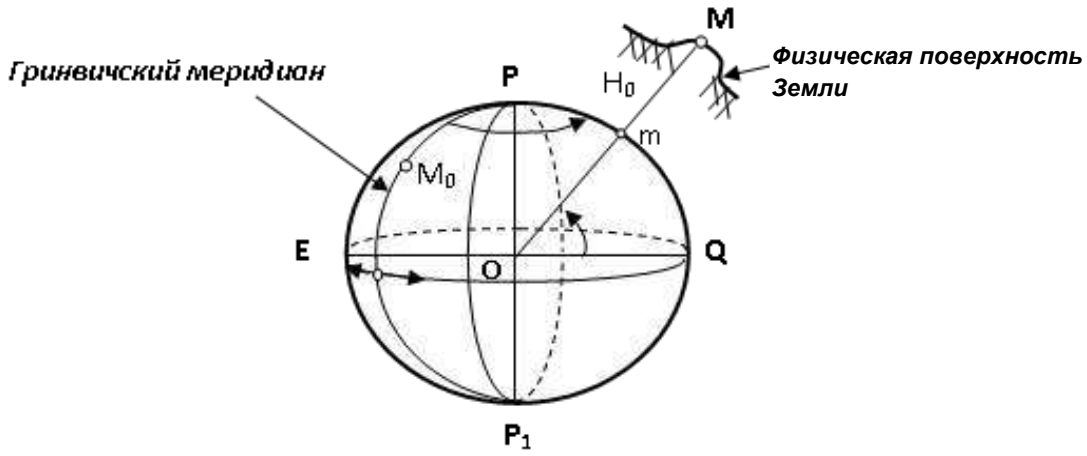


Рис. 1.2. Схема астрономических координат

Астрономическая широта (φ)–угол, образованный отвесной линией MO в данной точке и плоскостью экватора. Широты отсчитываются к северу и югу от экватора от 00 до 900. Они называются южными, если точки расположены к югу от экватора, и северными, если точки расположены к северу от него.

Астрономическая долгота (λ) –двугранный угол между плоскостями астрономического меридиана данной точки PmP1 и начального меридиана PM0P1. Долготы отсчитывают в градусной мере от 00 до 1800 или в часовой от нуля до 12 часов к востоку и западу от начального меридиана и называют восточными и западными.

Третьей координатой в этой системе координат является *ортометрическая высота* H_0– высота точки M физической поверхности Земли над поверхностью геоида (см. рис. 1.2).

Координатными плоскостями в этой системе координат являются плоскость экватора земного эллипсоида и плоскость Гринвичского меридиана, принятого за начальный (см. рис. 1.3).

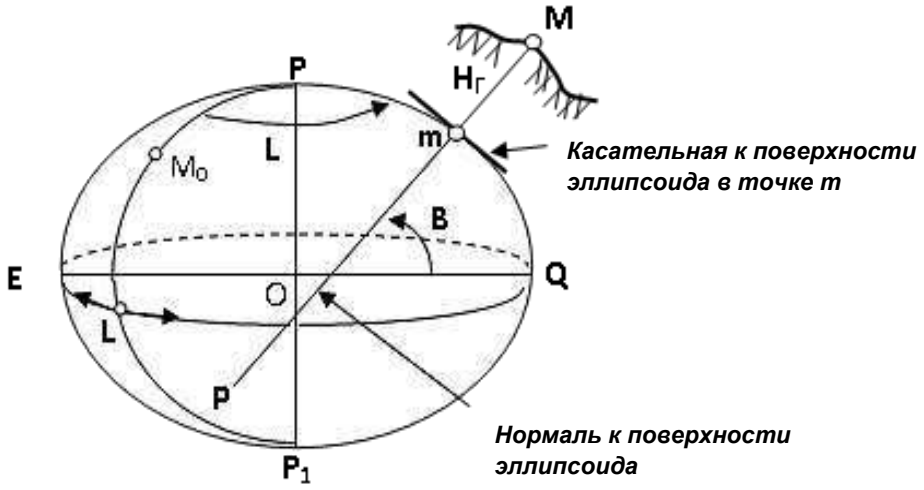


Рис. 1.3. Система геодезических координат

Плоскость экватора EQ проходит через центр эллипсоида O перпендикулярно к оси вращения PP_1 эллипсоида. Плоскость PmP_1, проходящая через нормаль Mp к поверхности эллипсоида в данной точке M, называется плоскостью геодезического меридиана этой точки. В качестве начального меридиана принят Гринвичский меридиан. В системе геодезических координат положение точки определяется на поверхности земного эллипсоида значениями геодезической широты B, геодезической долготы L и геодезической высоты $H_Г$.

Геодезическая широта B точки M – угол между нормалью MP к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью экватора EQ.

Геодезическая долгота L точки M – двугранный угол между геодезическим меридианом данной точки PMP_1 и начальным $PM0\ P_1$, в качестве которого принят Гринвичский меридиан.

Геодезические широта и долгота отсчитываются точно так же, как и астрономические.

Геодезическая высота $H_Г$ точки M (см. рис. 1.3) – расстояние по нормали от данной точки на физической поверхности до её проекции на поверхность земного эллипсоида.

Тема 1.2. Системы координат

Система географических координат

Геодезические и астрономические координаты точек имеют между собой принципиальное различие, выражающееся несовпадением поверхностей геоида и эллипсоида. Это несовпадение выражается уклонением u в данной точке отвесной линии от нормали к поверхности эллипсоида, которое может достигать нескольких секунд дуги. Этими различиями в системах координат при выполнении высокоточных геодезических работ не пренебрегают.

При выполнении инженерно-геодезических работ, как правило, нет необходимости различать геодезические и астрономические координаты, вследствие чего пользуются более общим понятием – системой географических координат, в которой широта и долгота обозначаются соответственно φ и λ,полагая, что B = φ, а L = λ.

Таким образом, систему географических координат можно считать единой и обобщённой для всех точек земной поверхности, в которой уровенная поверхность принимается за поверхность шара, а за начало отсчёта координат – начальный (Гринвичский) меридиан и плоскость экватора.

В инженерной геодезии, как правило, нет необходимости различать и изложенные выше системы высот.

Система высот

При решении различных инженерно-геодезических задач пользуются понятиями абсолютных, относительных и условных высот точек.

Абсолютная высота H_A точки А – это расстояние, измеряемое от уровня моря до данной точки (рис. 1.4).

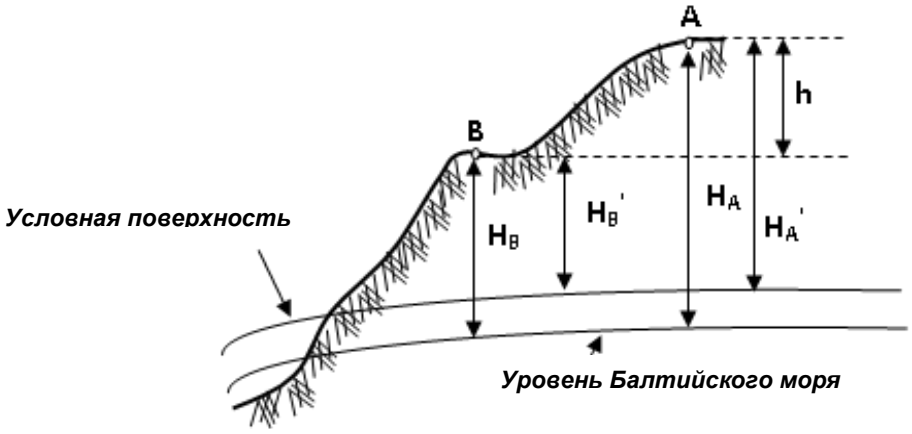


Рис. 1.4. Система отсчёта высот

Расстояние, измеряемое от произвольной уровенной поверхности до данной точки, называется её *условной высотой*.

Разность высот двух точек называется относительной высотой или *превышением*, обозначаемым через h.

В Российской Федерации высоты точек земной поверхности отсчитываются от среднего многолетнего уровня Балтийского моря. Поэтому система высот называется *Балтийской*.

Система прямоугольных координат

Система прямоугольных координат применяется для определения координат точек на сравнительно небольших участках земной поверхности. Основными координатными линиями в этой системе координат являются две взаимно перпендикулярные линии с началом в точке их пересечения О (см. рис. 1.5), называемые осями абсцисс Х и ординат У.

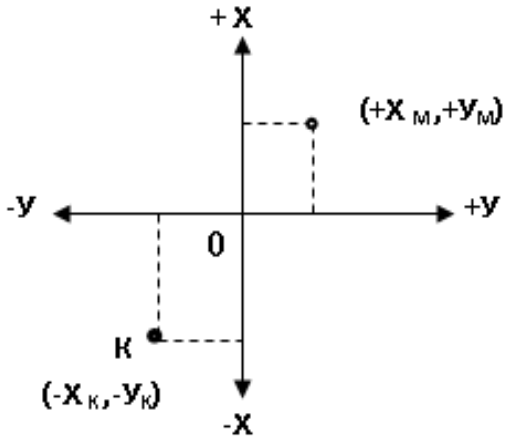


Рис. 1.5. Система прямоугольных координат

Северное направление оси абсцисс считается положительным (+), а южной – отрицательным (-). Направление оси ординат считается положительным к востоку и отрицательным к западу. Оси координат делят плоскость на четыре части, называемые четвертями: I-СВ, II- ЮВ, III- ЮЗ, IV- СЗ.

Положение точки в этой системе координат определяется значениями абсциссы Х и ординаты У с соответствующим знаком в зависимости от четверти, в которой находится точка.

Например, положение точки М определяется координатами +ХМ, +УМ, а точки К – координатами -ХК, -УК.

Зональная система координат
в проекции Гаусса – Крюгера

В целях решения многообразных народно-хозяйственных задач необходимо изображать на плоскости (листе бумаги) значительные терри-

тории земной поверхности, для чего необходима проекция, обеспечивающая сохранение подобия фигур при переходе с шарообразной земной поверхности на плоскость. Возникающие при этом искажения размеров фигур должны быть малы и легко учитываться.

Эти требования в лучшей степени удовлетворяет равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция, предложенная К. Гауссом, математически разработанная Л.Крюгером и принятая в нашей стране в 1928 году. Изображение шарообразной земной поверхности на плоскости в этой проекции получают следующим образом.

Поверхность земного шара делят меридианами на шести- или трёхградусные зоны (рис. 1.6) и проводят внутри каждой зоны осевой меридиан.

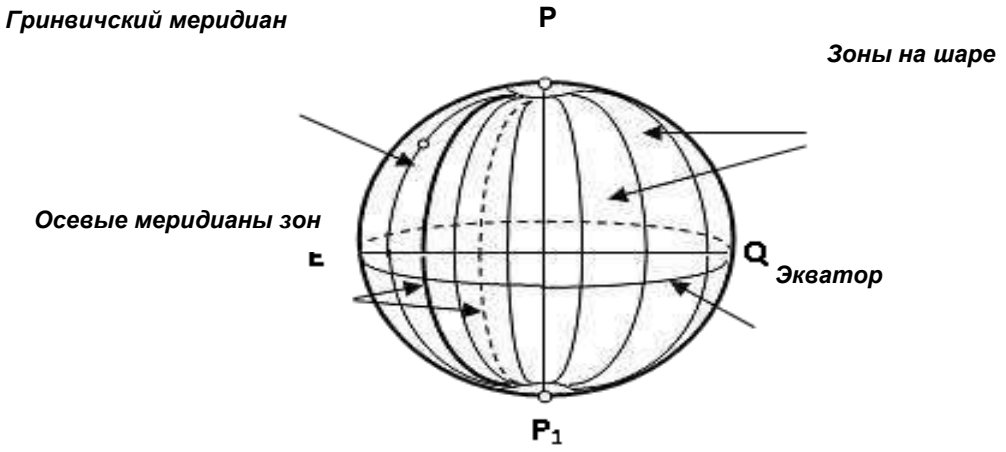


Рис. 1.6. Деление шара на зоны

Счёт зон ведётся от Гринвичского меридиана. При делении земного шара на шестиградусные зоны их будет 60. Затем шар с нанесёнными зонами располагают внутри цилиндра таким образом, чтобы экватор EQ был совмещен с осью цилиндра, а осевой меридиан первой зоны – с боковой поверхностью цилиндра. Проектируют первую зону из центра шара на боОсевой меридиан зоны цилиндра (см. рис. 1.7).

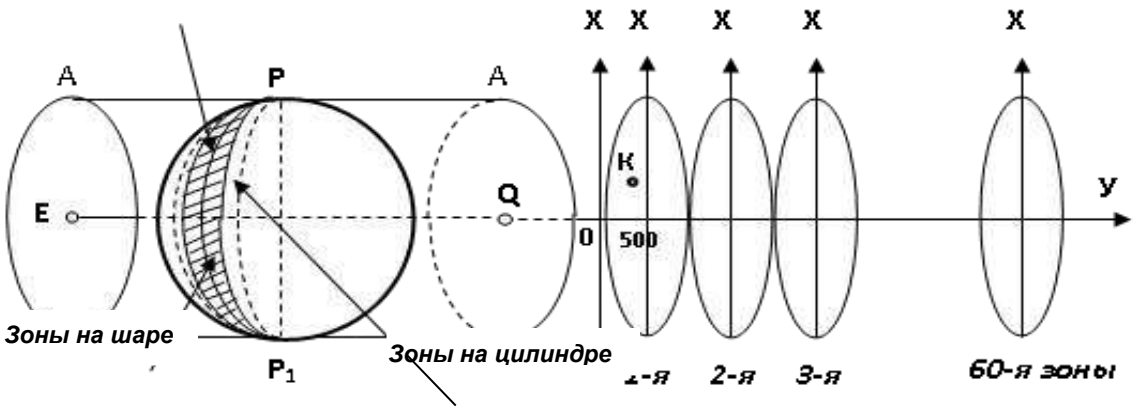


Рис. 1.7. Проектирование зон на боковую поверхность цилиндра

Далее перемещают шар вдоль оси цилиндра на расстояние, равное ширине зоны, поворачивают вокруг оси **PP_1** до совмещения осевого меридиана второй зоны с боковой поверхностью цилиндра и проектируют эту зону на цилиндр. Аналогично проектируют на цилиндр все остальные зоны.Разрезав цилиндр по образующей **АА**, и развернув его, получают на плоскости изображение всех зон шара, соприкасающихся между собой.

Каждая зона, изображённая на плоскости, имеет свою систему прямоугольных координат, начало которой находится в точке пересечения *осевого меридиана зоны*, принимаемого за ось абсцисс **Х** с экватором, принимаемым за ось ординат **У**.

Абсциссы, отсчитываемые к северу от экватора, считаются положительными, а к югу от него – отрицательными. Значения ординат отсчитываются от осевого меридиана зоны к востоку и западу. Ординаты, отсчитываемые к востоку, – положительные, к западу – отрицательные.

Так как территория Российской Федерации расположена в северном полушарии, то все абсциссы для всех точек будут положительными. Например, точка с абсциссой Х = 5 234 123 м находится на указанном удалении к северу от экватора.

Значения ординат могут быть и положительными, и отрицательными. Чтобы избежать отрицательных значений ординат, ординату осевого меридиана принимают не за нуль, а за 500 км, то есть*начало отсчёта ординат искусственно переносят к западу на 500 км.* Такие координаты называют *преобразованными.* Для того чтобы определить в какой зоне находится точка, перед значением ординаты указывается номер зоны, а затем удаление от условного начала отсчёта в зоне. Например, точка**К**, имеющая ординатуУ = 12 345 750, находится в 12-й зоне на удалении 345 750 метров от условного начала отсчёта или на удалении 154 250 м к западу от осевого меридиана (345 750–500 000 м).

Вследствие проектирования зон из центра шара на поверхность цилиндра имеют место погрешности в их изображении (на цилиндре зоны шире, чем на шаре). Кроме того, имеют место и искажения в длинах линий в зависимости от их удаления от осевого меридиана. Вследствие этого картографирование земной поверхности выполняется с некоторыми погрешностями.

Из картографии известно, что на поверхности шара длина линии S получает искажение ΔS, выражаемое формулой

$$\Delta S = \frac{Y_m^2 S}{2R^2},$$

где Y_m– среднее значение ординат начальной и конечной точек линии;

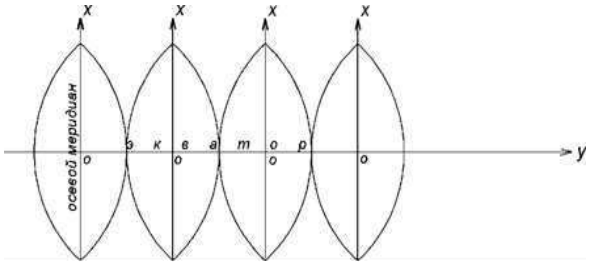
R – радиус Земли (R=6371 км).

S – длина измеряемой линии.

Полагая, что наибольшее значение Y_m= 250 км, R=6371 км, ошибка в измеренной линии S не превысит 50 см при длине S =500 м. Это позволяет утверждать, что картографирование в проекции Гаусса осуществляется с искажениями, практически не влияющими на точность изображения местности на карте.

Плоские прямоугольные координаты в проекции Гаусса-Крюгера

Плоскими прямоугольными координатами в топографии называются линейные величины – абсцисса **X** и ордината**У**, определяющие положение точки на плоскости (карте), на которой отображена по определенному математическому закону (в проекции Гаусса) поверхность земного эллипсоида. Эти координаты несколько отличаются от принятых в математике декартовых координат на плоскости.



За положительное направление осей координат принято для оси абсцисс (осевого меридиана зоны) направление на север, для оси ординат (экватора эллипсоида) – на восток. Оси координат делят шестиградусную зону на четыре четверти, счет которых ведется по ходу часовой стрелки от положительного направления оси абсцисс **X.**

Система полярных координат

Систему полярных координат применяют при определении планового положения точек на небольших участках местности в процессе съёмки и при геодезических разбивочных работах.

В эт[illegible]еме координат положение точки определяется относительно по[illegible] направления полярной оси ОА (рис. 1.8).

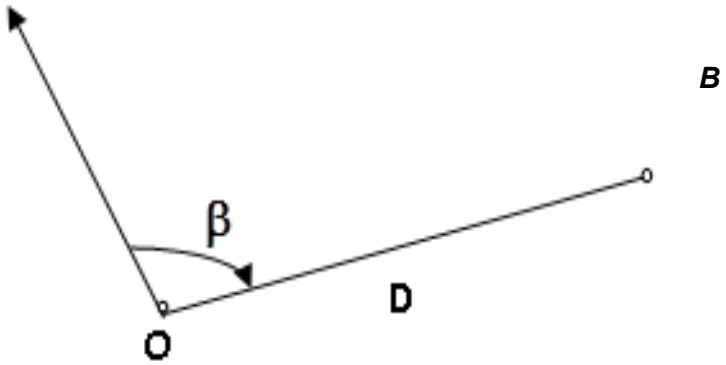


Рис. 1.8. Система полярных координат

Полярными координатами точки**B** будут угол**β** и полярное расстояние **D**.

ЛЕКЦИЯ 2

Тема 2.1. Ориентирование линий.Ориентирующие углы.Прямая и обратная геодезические задачи

Исходные направления в геодезии

Ориентировать линию – это значит определить её направление относительно какого-либо исходного направления с помощью горизонтального угла. Какие направления могут быть приняты в качестве исходных? Очевидно, что исходное направление должно быть связано с фигурой Земли и однозначно определённое.

В геодезии за исходные направления принимаются:

- направления истинного (географического) меридиана;
- направления магнитного меридиана;
- направление осевого меридиана зоны.

Истинным или географическим меридианом*называется линия, пересечения земной поверхности плоскостью, проходящей через данную точку и ось вращения Земли.*

Магнитным меридианом*называется проекция силовой линии геомагнитного поля на поверхность Земли.*Все магнитные меридианы сходятся в северном и южном полюсах магнитных Земли. Направление магнитного меридиана нам указывает магнитная стрелка компаса (рис.2.1).

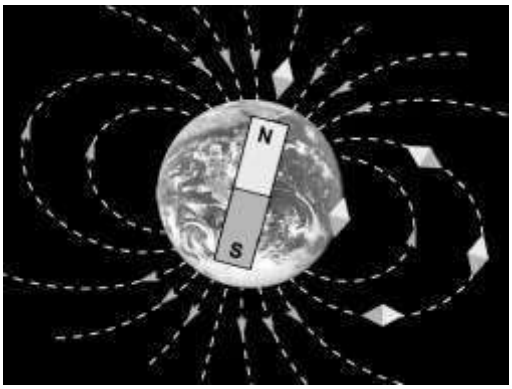


Рис. 2.1. Магнитное поле Земли

Истинный и магнитный меридианы не совпадают между собой.Угол между плоскостью магнитного меридиана (в ней располагается стрелка магнитного компаса) и плоскостью географического меридиана в данной точке земной поверхности называется магнитным склонением или склоне-

нием магнитной стрелки.Склонение может быть западное (–) и восточное (+) (рис. 2.2).

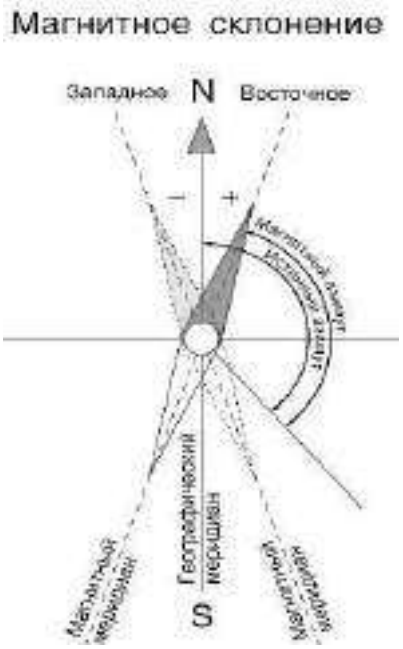


Рис. 2.2. Склонение магнитной стрелки

В зональной системе плоских координат в проекции Гаусса – Крюгера в качестве исходного направления принят осевой меридиан зоны.

Если точка не лежит на осевом меридиане, то через эту точку проводится линия, параллельная осевому меридиану, которая будет считаться исходной для данной точки (рис. 2.3).

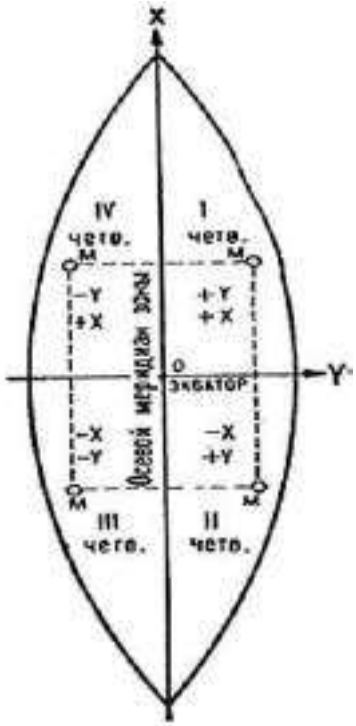


Рис. 2.3. Зональная система координат

Ориентирующие углы

Положение линий относительно исходных направлений определяются ориентирующими углами. Эти углы называются *азимутами, дирекционными углами и румбами.*

Истинным азимутом называется горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана в данной точке до данного направления (рис. 2.4, угол А).Истинный азимут изменяется от 0 до 360 градусов.

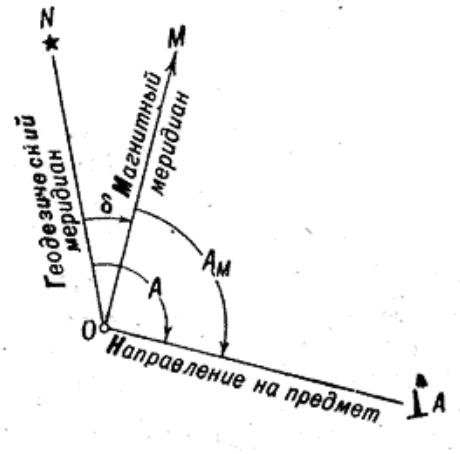


Рис. 2.4. Ориентирующие углы направления

Азимуты прямого и направления (**ВС**) и обратного (**СВ**) отличаются на 180 градусов с учётом угла сближения меридианов (γ) – рис. 2.5.

.

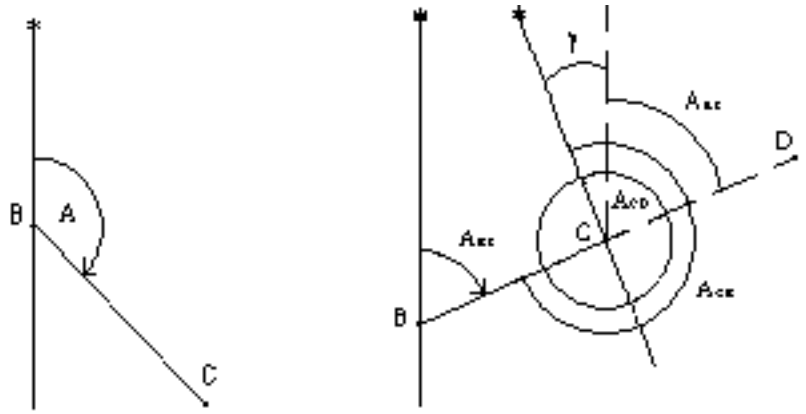


Рис. 2.5. Азимуты прямого и обратного направлений

*Магнитным азимутом*называется горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного конца оси магнитной стрелки до данного направления (рис. 2.6).Магнитный азимут также изменяется от 0 до 360 градусов.

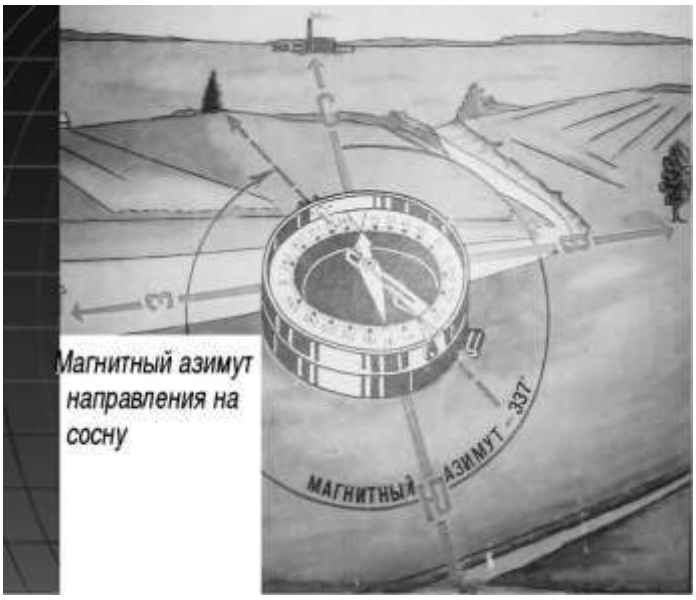


Рис. 2.6. Магнитный азимут направления на сосну

Дирекционный угол (α) – это горизонтальный угол, отсчитываемый на плоскости от северного направления осевого меридиана или линии, параллельной ему, по ходу часовой стрелки до данного направления(рис. 2.7).

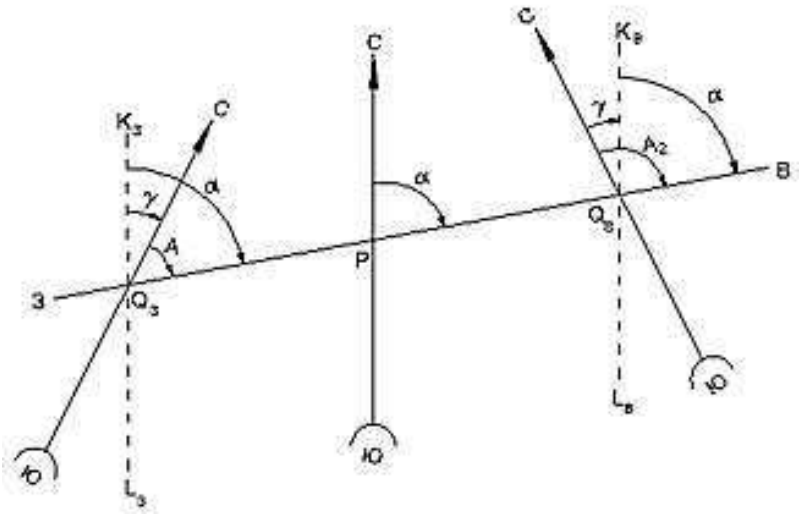


Рис. 2.7. Соотношение дирекционных углов и азимутов направлений

Если точка не лежит на осевом меридиане, то для определения дирекционного угла направления, проходящего через указанную точку – например (Q_B), проводят линию, параллельную осевому меридиану (пунктирная KL), от северного направления которой измеряют дирекционный угол. При этом дирекционный угол ($\boldsymbol{\alpha}$) и азимут A_2 будут отличаться на величину угла ($\boldsymbol{\gamma}$) – сближения осевого и истинного меридиана, проходящего через данную точку.

Румб–это угол между северным или южным направлением магнитного меридиана (компасной стрелки, осевого меридиана) и данным направлением.

Истинный румб отсчитывают от северного или южного направления истинного (астрономического) меридиана. Счёт румбов ведут вправо и влево от меридиана, от 0 до 90°, всегда указывая четверть (С.-В., С.-З., Ю.-З., Ю.-В., рис. 2.8). Например, азимуту 135° соответствует румб Ю.-В. 45°. В отличие от азимутов, румбы никогда не превышают 90°, поэтому их удобно использовать в геодезических вычислениях.

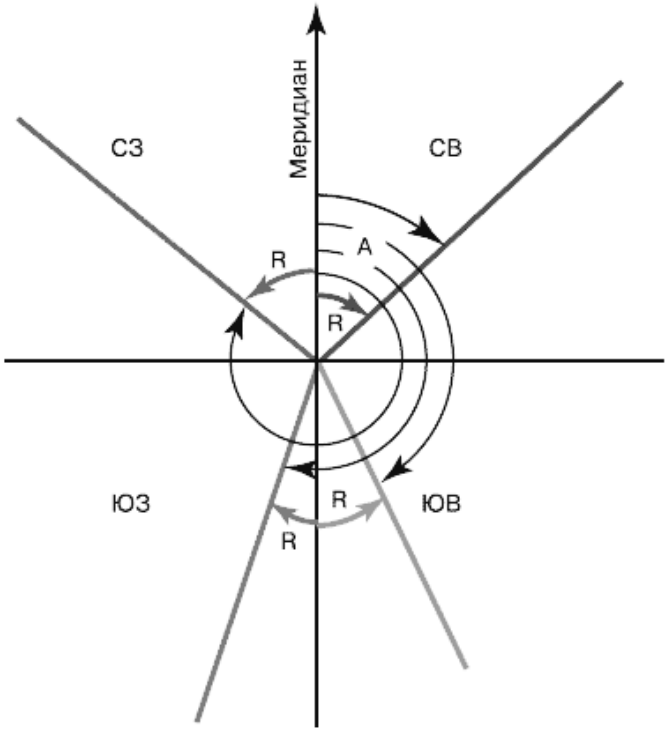


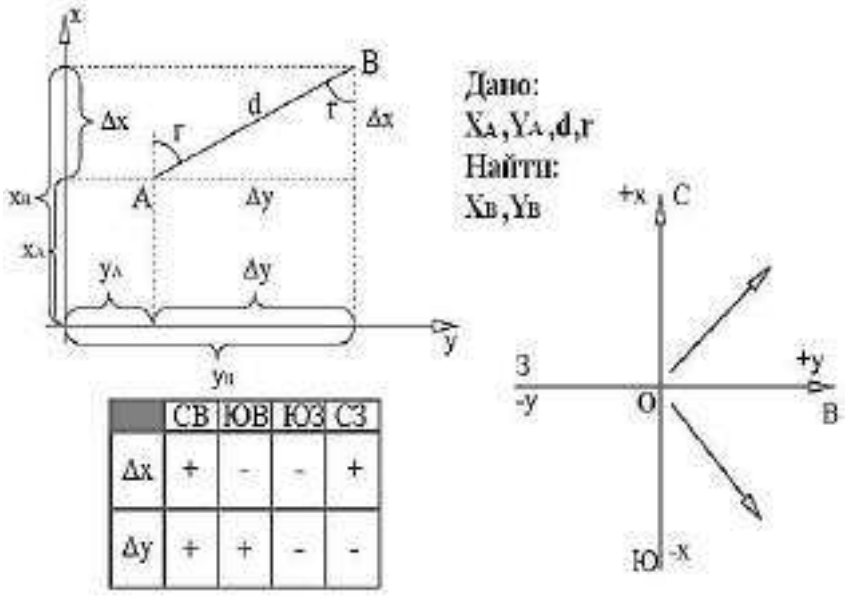
Рис. 2.8. Схема отсчета румбов

Прямая геодезическая задача

Прямая геодезическая задача – это определение координат определяемой точки (В) по известным (рис. 2.9):

- координатам исходной точки (А);
- горизонтальному расстоянию ($\boldsymbol{d}_{_AB}$);

- дирекционному углу (α_АВ) или румбу (r_АВ).



	СВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-

Рис. 2.9. Схема к решению прямой геодезической задачи

Допустим, что нам известны плоские прямоугольные координаты точки А (X_A и $У_A$). Также известны горизонтальное расстояние отрезка $\mathbf{d}_{AB}$ и дирекционный угол направления $\boldsymbol{\alpha}_{AB}$ или румб r_{AB}.

Для определения координат искомой точки (В) необходимо вычислить *приращения координат*– ΔX и ΔY. Приращения координат вычисляются из прямоугольного треугольника АВС как его катеты (АС и СВ, рис. 2.10):

$$\Delta X = d_{AB} * \cos \alpha_{AB} ;$$

$$\Delta Y = d_{AB} * \sin \alpha_{AB} .$$

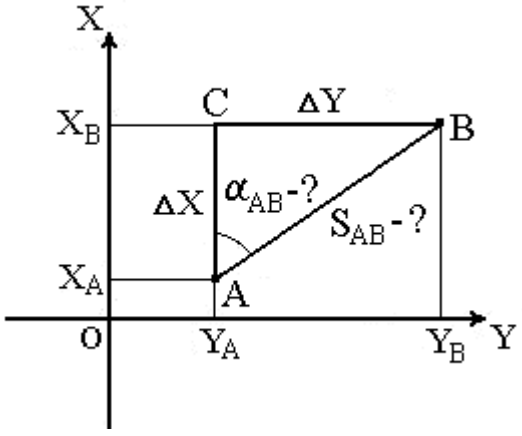


Рис. 2.10. Вычисление приращений координат

Приращения координат – это проекция стороны АВ на оси координат (X и Y). Дирекционный угол α_{AB} определяет величину указанных проекций.

Если известны координаты исходной точки А и приращения координат, то несложно вычислить и координаты точки В:

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB};$$
$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB}.$$

Знаки приращений координат определяются знаками тригонометрических функций ($\mathrm{Sin}\alpha_{AB}$ и $\mathrm{Cos}\alpha_{AB}$) в зависимости от величины дирекционного угла или четверти, к которой принадлежит румб дирекционного угла (см. рис. 2.9).

Обратная геодезическая задача

Обратная геодезическая задача – это определение дирекционного угла направления (стороны) по известным прямоугольным координатам двух точек и горизонтального расстояния между этими точками.

Практически все геодезические работы начинаются с решения этой задачи. Допустим, что нам известны координаты двух точек А (X_A; Y_B) и В (X_B; Y_B). Требуется определить дирекционный угол направления α_{AB} и горизонтальноепроложениеS_{AB}. Решение данной задачи заключается в решении прямоугольного треугольника АВС (рис. 2.11).

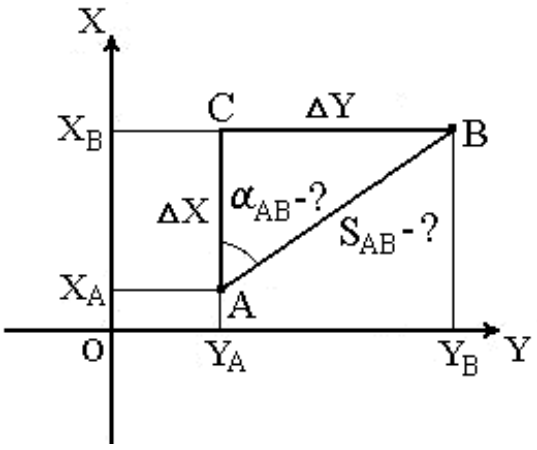


Рис. 2.11. Схема к решению обратной геодезической задачи

Последовательность решения.

1. По известным координатам точек А и В вычисляем приращения координат направления АВ:

$$\Delta X_{AB} = X_B - X_A;$$
$$\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A.$$

<u>Важно:</u>из координат конечной точки (В) вычитаем координаты начальной точки направления (А). Это определяет знаки приращений координат и позволяет определить четверть, в которой лежит румб направления.

2. По известным катетам треугольника АВС вычисляем тангенс угла α_{AB}:

$$\operatorname{tg}\alpha_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}.$$

Вычисленный тангенс дирекционного угла будет тангенсом румба, так как дирекционный угол изменяется от 0 до 360градусов, а функция тангенса от 0 до 90градусов.

3. С помощью тригонометрических таблиц или функций на инженерном калькуляторе определяем величину румба в градусной мере:

$$r_{AB} = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha_{AB}) = \mathbf{arctg}\,\frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}.$$

4. По соотношению знаков приращения координат определяем четверть, в которой лежит румб направления, и переходим к дирекционному углу (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Приращения координат	Четверть			
	I (СВ)	II (ЮВ)	III (ЮЗ)	IV (СЗ)
Δ X	+	-	-	+
ΔY	+	+	-	-
	α = r	$\alpha = 180^0 - r$	$\alpha = 180^0 + r$	$\alpha = 360^0 - r$

Пользоваться данной таблицей не всегда удобно, тем более запоминать её.Для практического использования существует более простой и удобный способ – составить от руки схему с распределением знаков приращений координат по четвертям (рис. 2.12).

5. Вычисляем горизонтальное проложение между точками А и В. Это можно выполнить двумя способами:

а – по известной теореме Пифагора

$$S_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2};$$

в – с помощью тригонометрических функций

$$S_{AB} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos r_{AB}} \text{ или } S_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin r_{AB}}.$$

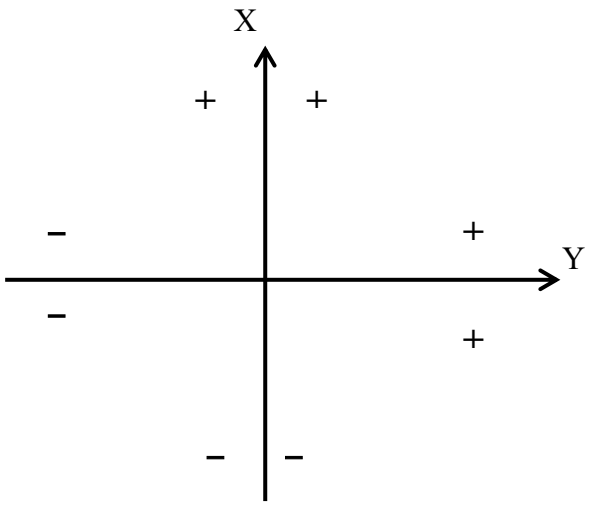


Рис. 2.12. Схема для определения четверти, в которой лежит румб дирекционного угла

ЛЕКЦИЯ 3

Тема 3.1. Изображение земной поверхности на плоскости. План, карта, профиль местности. Формы рельефа и его изображение на плане и карте. Масштабы карт и планов

Когда говорят об изображении земной поверхности, то имеют в виду контуры или очертания различных предметов местности: озер, рек, каналов, дорог, лесов, гор, котловин, седловин и т. д.

Так как общую фигуру Земли в первом приближении можно рассматривать как сферу, то изображение земной поверхности естественнее всего получать на сфере. Представим себе уменьшенную модель общей фигуры Земли в виде глобуса.



Рис. 3.1. Отображение Земли в форме сферы

По географическим координатам можно нанести на такой глобус каждую отдельную точку Земли, для чего сначала надо построить на глобусе сетку меридианов и параллелей, называемую градусной. Имея для каждой точки ее отметку, можно выразить на глобусе и рельеф, т. е. получить уменьшенную наглядную модель земной поверхности со всеми контурами и неровностями.

Однако даже самые большие глобусы не позволили бы изобразить на них все необходимые контуры с достаточной подробностью. Кроме того, глобусы непригодны для инженерного проектирования. Поэтому на практике обычно прибегают к плоским изображениям земной поверхности и условным знакам.

Изображение земной поверхности на плоскости

Если изображаемый участок физической земной поверхности невелик (в пределах площади круга диаметром не более 20 км), то соответствующую ему часть воображаемой уровенной поверхности MN (рис. 3.2) можно принять за горизонтальную плоскость.

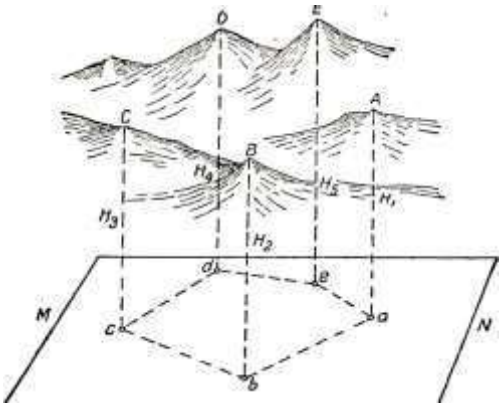


Рис. 3.2. Проекция точек земной поверхности нагоризонтальную плоскость

В таком случае точки земной поверхности, например A,B,C,D,E проектируют на воображаемую горизонтальную плоскость MN перпендикулярами: Aa, BЬ, ...,Ee. Если проектируемые точки принять за вершины многоугольника, то плоская фигура abcde представит горизонтальную проекцию фигуры ABCDE местности. Горизонтальная проекция abcde не будет подобна фигуре местности ABCDE. Она будет подобна ей лишь в том случае, если все точки данного контура местности лежат в одной плоскости, параллельной плоскости MN.

План, карта

Чтобы спроектировать линию местности на горизонтальную плоскость, нужно определить её горизонтальное проложение (проекцию линии на горизонтальную плоскость) и уменьшить его до определенного масштаба. Для проектирования на горизонтальную плоскость какого-либо многоугольника (см. рис. 3.2) измеряют расстояния между его вершинами и горизонтальные проекции его углов.

Совокупность линейных и угловых измерений на земной поверхности называется геодезической съемкой. По результатам геодезической съемки составляют план или карту.

План *– это чертеж, на котором в уменьшенном и подобном виде изображается горизонтальная проекция небольшого участка местности.*

Карта*–это уменьшенное и искаженное вследствие влияния кривизны Земли изображение горизонтальной проекции значительной части или всей земной поверхности, построенное по определенным математическим законам.*

Таким образом, *и план, и карта – это уменьшенные изображения земной поверхности на плоскости.*Различие между ними состоит в том, что при составлении карты проектирование производят с искажениями поверхности за счет влияния кривизны Земли, а на плане изображение получают практически без искажений.

В зависимости от назначения планы и карты могут быть контурные и топографические. На контурных планах и картах условными знаками изображают ситуацию, т. е. только контуры (очертания) горизонтальных проекций местных предметов (дорог, строений, пашен, лугов, лесов и т. п.). На топографических картах и планах кроме ситуации изображают ещё рельеф местности.

Профиль местности

Для проектирования железных, шоссейных дорог, каналов, трасс, водопроводов и других сооружений необходимо иметь вертикальный разрез или профиль местности.

Профилем местности*называется чертеж, на котором изображается в уменьшенном виде сечение вертикальной плоскостью поверхности Земли по заданному направлению.*

Профиль отображает только форму линии земной поверхности по заданному направлению, то есть характеризует рельеф.

Разрез*– уменьшенное изображение вертикального сечения верхнего слоя земной коры по заданному направлению. Разрез наглядно показывает также и геологическое строение земной коры.*

Как правило, разрез местности по линии АВ (рис. 3.3,а) представляет собой кривую линию А-В (рис. 3.3,б). На профиле она строится в виде ломаной линии 1,2,3,…15. Уровенную поверхность при этом изображают прямой линией. Чаще всего линию уровенной поверхности заменяют условным горизонтом (УГ 50 м – см. рис. 3.3,б).

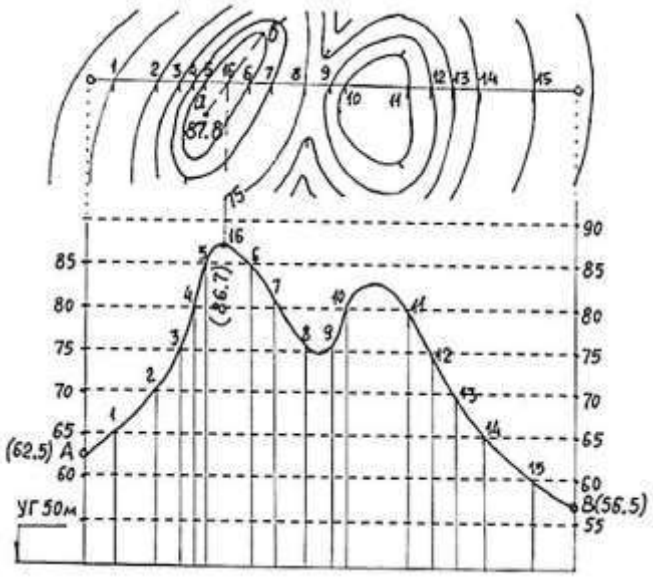


Рис. 3.3. Профиль и разрез местности

Для большей наглядности вертикальные отрезки (высоты, превышения) делают крупнее, чем горизонтальные (расстояния между точками).

Рельеф

Рельеф – это форма физической поверхности Земли, рассматриваемая по отношению к её уровенной поверхности.

Рельефом называется совокупность неровностей суши, дна океанов и морей, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. Рельеф земной поверхности весьма разнообразен, но все многообразие форм рельефа для упрощения его анализа типизировано на небольшое количество основных форм (рис. 3.4).

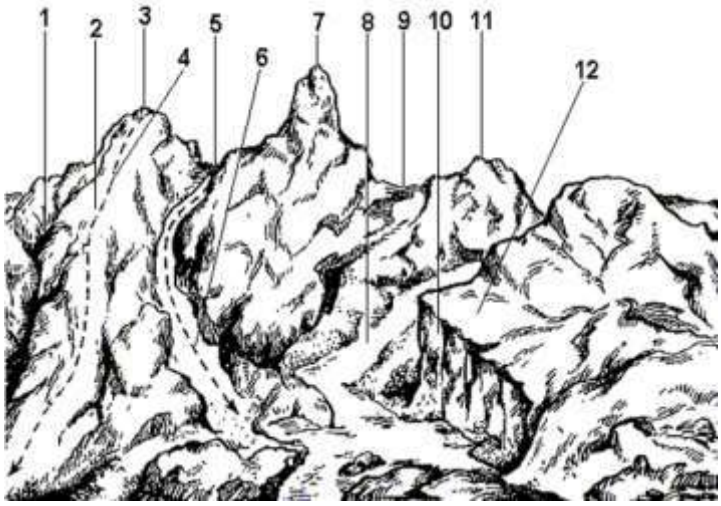


Рис. 3.4. Формы рельефа:1 – лощина; 2 – хребет; 3, 7, 11 – гора;4 – водораздел; 5, 9 – седловина; 6 – тальвег; 8 – река; 10 – обрыв; 12 – терраса

К основным формам рельефа относятся (рис. 3.5):

Гора *– это возвышающаяся над окружающей местностью конусообразная форма рельефа.* Наивысшая точка её называется *вершиной*. Вершина может быть острой – *пик* или в виде площадки – *плато*. Боковая поверхность состоит из скатов. Линия слияния скатов с окружающей местностью называется *подошвой или основанием* горы.

Котловина *– форма рельефа, противоположная горе, представляющая собой замкнутое углубление.* Самая низкая точка её – *дно*. Боковая поверхность состоит из скатов; линия их слияния с окружающей местностью называется *бровкой*.

Хребет *– это возвышенность, вытянутая и постоянно понижающаяся в каком-либо направлении.* У хребта два склона; в верхней части хребта они сливаются, образуя водораздельную линию, или *водораздел*.

Лощина *– форма рельефа, противоположная хребту и представляющая вытянутое в каком-либо направлении и открытое с одного конца постоянно понижающееся углубление.* Два ската лощины, сливаясь между собой в самой низкой части её образуют водосливную линию или *тальвег*, по которой стекает вода, попадающая на скаты. Разновидностями лощины являются *долина и овраг*: первая является широкой лощиной с пологими задернованными скатами, вторая – узкая лощина с крутыми обнаженными скатами. Долина часто бывает ложем реки или ручья.

Седловина *– это место, которое образуется при слиянии скатов двух соседних гор.* Иногда седловина является местом слияния водоразделов двух хребтов. От седловины берут начало две лощины, распространяющиеся в противоположных направлениях. В горной местности через седловины обычно пролегают дороги или пешеходные тропы, поэтому седловины в горах называют *перевалами*.

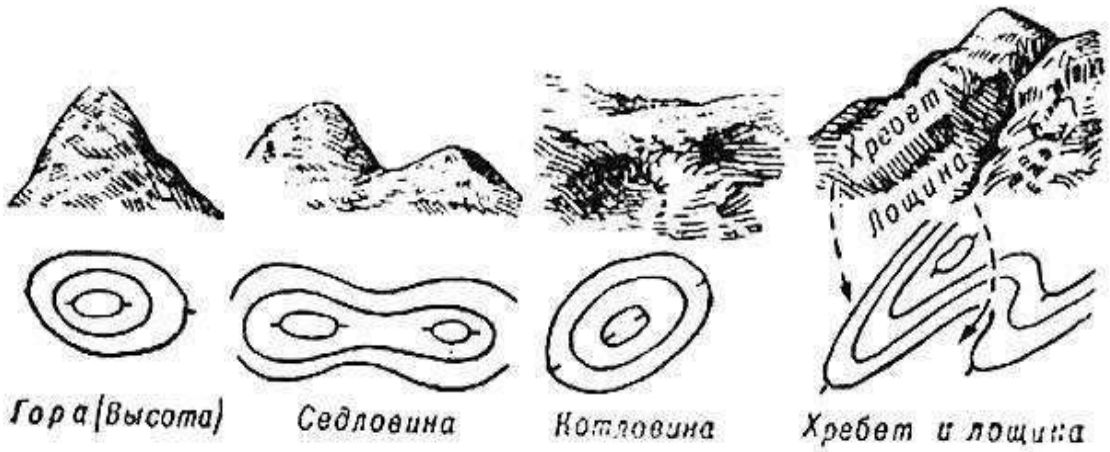


Рис. 3.5. Основные формы рельефа

Изображение рельефа на картах и планах

Для изображения рельефа на планах и картах используют различные способы (штриховку, пунктир, цветную пластику), но чаще всего применяют метод горизонталей.

Горизонталь на местности можно представить как след, образованный пересечением уровенной поверхности с физической поверхностью Земли. Например, если представить холм, окружённый неподвижной водой, то береговая линия воды и есть горизонталь (рис. 3.6).

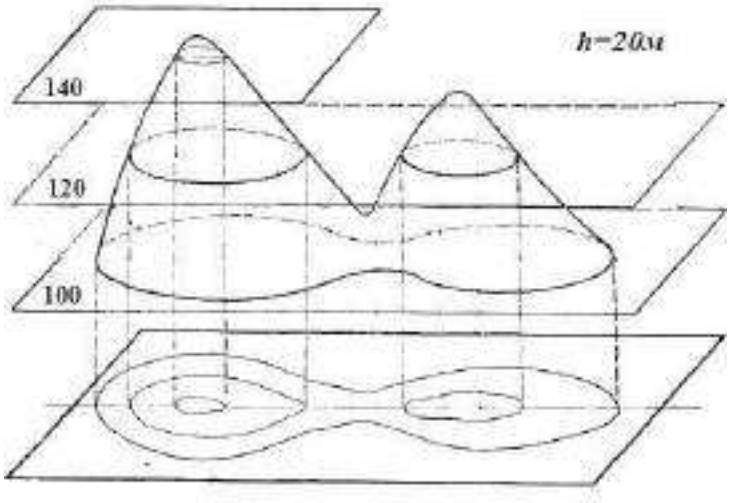


Рис. 3.6. Отображение высот с помощью горизонталей

Лежащие на ней точки имеют одинаковую высоту. Допустим, что высота уровня воды относительно уровенной поверхности 140 м (см. рис. 3.6). Предположим теперь, что уровень воды упал на 20 м и часть холма

обнажилась. Кривая линия пересечения поверхностей воды и холма будет соответствовать горизонтали с высотой 120 м.

Если последовательно снижать уровень воды по 20 м и проектировать кривые линии, образованные пересечением поверхности воды с земной поверхностью, на горизонтальную плоскость в уменьшенном виде, то получим изображение рельефа местности горизонталями на плоскости.

Направление падения склона (ската) показывают короткими штрихами, которые называются бергштрихами (рис. 3.7).

Отметки горизонталей подписываются в разрыве так, чтобы верх цифр был обращен в сторону повышения ската местности.

Горизонтали на плане или на карте не могут пересекаться. Редкие исключения из этого правила бывают лишь в том случае, когда горизонталями изображается нависший утес.

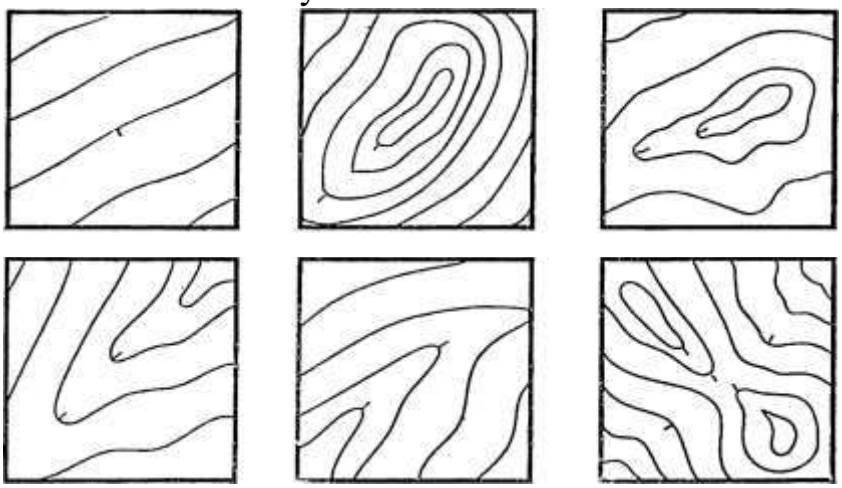


Рис. 3.7. Изображение основных форм рельефа с помощьюгоризонталей и бергштрихов

Таким образом, кривая линия, соединяющая все точки местности с равными отметками, называется горизонталью.

При решении ряда инженерных задач необходимо знать *свойства горизонталей:*

1. Все точки местности, лежащие на горизонтали, имеют равные отметки.

2. Горизонтали не могут пересекаться на плане, поскольку они лежат на разных высотах. Исключения возможны в горных районах, когда горизонталями изображают нависший утес.

3. Горизонтали являются непрерывными линиями. Горизонтали, прерванные у рамки плана, замыкаются за пределами плана.

4. Расстояние по вертикали между горизонтальными секущими плоскостями называется высотой сечения рельефа и обозначается буквой h. Высота сечения рельефа в пределах плана или карты строго постоянна. Её

выбор зависит от характера рельефа, масштаба и назначения карты или плана.

Масштабы карт и планов

Отношение длины линии на плане или карте к длине горизонтального проложения соответствующей линии местности называется *масштабом карты или плана.*

Если L – длина линии на местности, а l – длина линии на карте или плане, то масштаб (М) определяется соотношением: M = l : L.

Пример: при l= 5 см, L = 25 м (2 500 см), M = 1 : 500.

Масштаб *– это степень уменьшения горизонтальных проекций отрезков линий местности при перенесении их на план*. Различают следующие масштабы: *численный, линейный и поперечный*.

Численный масштаб *– простая дробь, числитель которой – единица, а знаменатель показывает степень уменьшения отрезков линий местности при перенесении их на план.* Например: 1:500; 1:1000; 1:2000.

Для того чтобы определить сколько метров содержит 1 см плана достаточно у знаменателя масштаба закрыть два последних нуля. Например, для М 1:2000, отбросив два последних знака, получим, что 1 см на плане соответствует 20 м на местности. Для удобства на картах к численному масштабу дают пояснение: например, в 1 сантиметре 50 метров.

Линейным масштабом *называется графическое изображение численного масштаба в той или иной системе линейных мер.*

Линейный масштаб представляет собой линию, разделённую на равные отрезки, называемые *основанием масштаба*. Основание масштаба соответствует определённому числу метров горизонтального проложения на местности. Например, если основание масштаба равно 2 см, то при численном масштабе 1:2000 это соответствует 40 м горизонтального проложения. Левое основание масштаба делится ещё на 10 частей (через 2 мм), что позволяет определять расстояния по карте с учётом точности масштаба. Малое деление основания масштаба называют *ценой деления* масштаба. Например, для масштаба 1:2000, изображённого на рис.3.8, цена деления масштаба равна 4,0 м.

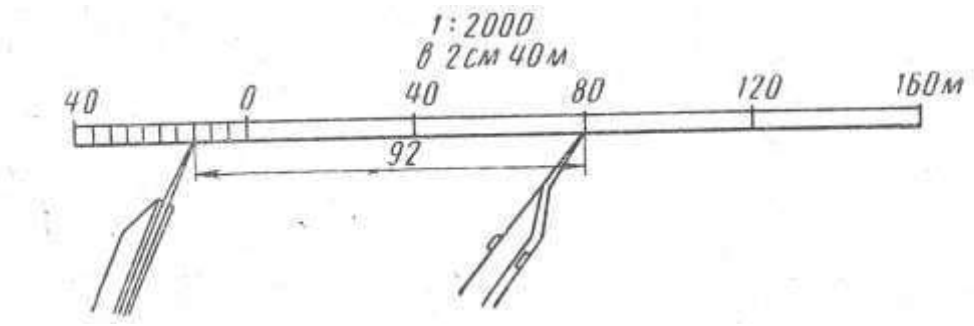


Рис. 3.8. Линейный масштаб 1:2 000

Линейный масштаб применяетсядля измерения длин линии сневысокой точностью. С помощью линейного масштаба невозможно выполнять построения на плане с предельной точностью, равной 0,1 мм.

Построения на планах с предельной точностью производят с помощью *поперечного масштаба*. Основное назначение поперечного масштаба – это обеспечить возможность выставлять раствор циркуля-измерителя с точностью 0,2 мм.

Для построения поперечного масштаба выбирается основание масштаба (АВ – обычно 2 см), которое несколько раз откладывается на прямой. Из полученных точек восстанавливают перпендикуляры. Левое основание (АВ) делится на 10 частей (n=10).Перпендикуляры также делятся на 10 равных[C] [D] [E] ков (m= ез которые проводятся линии, параллельные нижней прямой. В пределах левого основания (АВ) проводятся наклонные линии, как показано на рис.3.9.

Из выполненных построений следует, что наименьшим делением поперечного масштаба будет отрезок de. Для того, чтобы определить точность поперечного масштаба рассмотрим подобие треугольников BDE и Dde.

$$\frac{de}{DE} = \frac{Be}{BE} = \frac{1}{m},$$

A (20) B (0) 20 40

e

отсюда m $DE = 0d$ E .

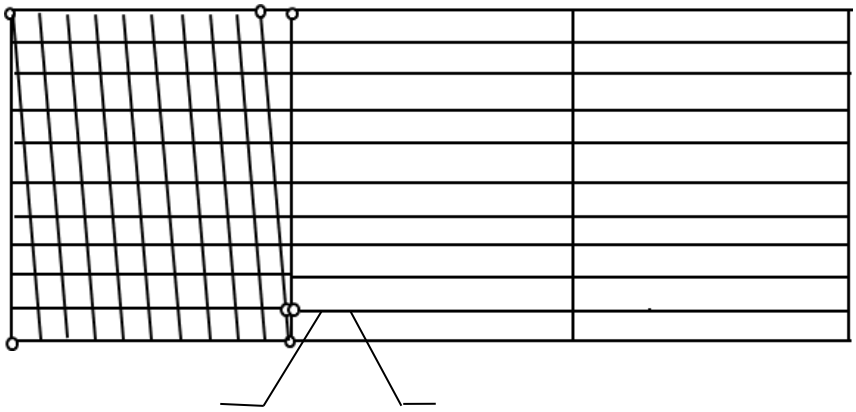


Рис. 3.9. Построение поперечного масштаба

Зная, что наименьший отрезок левого основания масштаба составляет 0,1АВ, заменим DE в последней формуле de = 1/m DE = 0,1(0,1AB) =

0,01АВ. Таким образом, цена наименьшего деления поперечного масштаба составит 0,01 основания масштаба.

Обычно основание составляет 2 см или 20 мм. Тогда цена наименьшего деления (de) составит 0,2 мм.

Если подниматься по параллельным линиям в треугольнике BDE, то цена горизонтальных отрезков будет составлять 0,01АВ, 0,02АВ, 0,03АВ, 0,04АВ и т.д.

На линии СЕ горизонтальный отрезок DE снова равен 0,1АВ. Для работы с циркулем-измерителем поперечные масштабы гравируются на металлических пластинах и применяются для построения карт и планов (рис. 3.10).

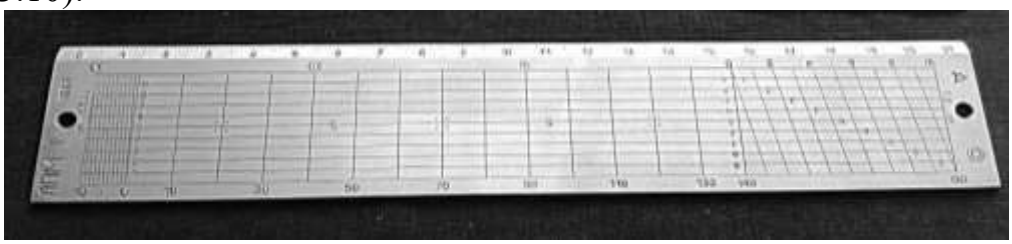


Рис. 3.10

Точность масштаба

Графическая точность плана определяется исходя из физиологической возможности человеческого глаза. Глаз человека способен различать две точки отдельно, если они видны под углом**60"**. Для расстояния наилучшего зрения, равного 25 см, отрезок ***ав***будет 0,073 мм или округлённо 0,1 мм (рис. 3.11). Исходя из этого, считают, что глаз может различить на плане точку размером не менее 0,1 мм. Поэтому построение точки величиной 0,1 мм принято считать предельной графической точностью.

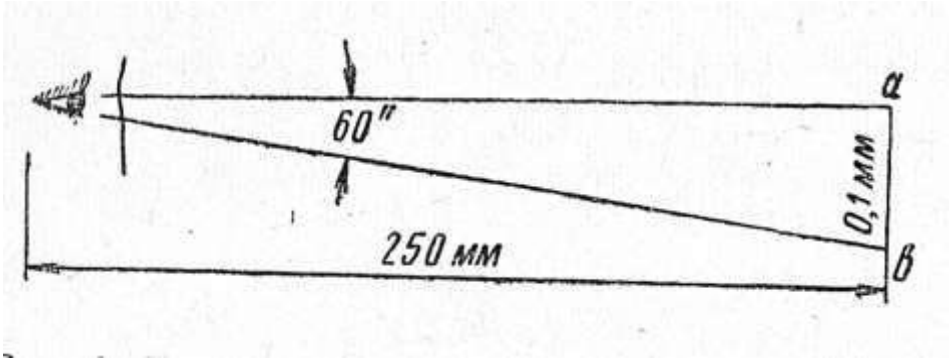


Рис. 3.11. Разрешающая способность глаза и предельная графическая точность

Величина отрезка линии местности, которая соответствует в масштабе данного плана или карты предельной графической точности (0,1 мм) называется точностью масштаба карты.

Таблица 3.1

Точности масштабов

Масштаб	Точность, м
1 : 500	0,05
1 :1 000	0,1
1 : 2 000	0,2
1 : 5 000	0,5
1 : 10 000	1,0
1 : 25 000	2,5

ЛЕКЦИЯ 4

Тема 4.1. Задачи, решаемые потопографическому плану и карте. Ориентирование карт и планов

Приборы, используемые при работе с картами и планами

Линейка металлическая или пластмассовая с миллиметровыми делениями служит для проведения прямых линий, откладывания или измерения отрезков прямых линий (рис. 4.1).

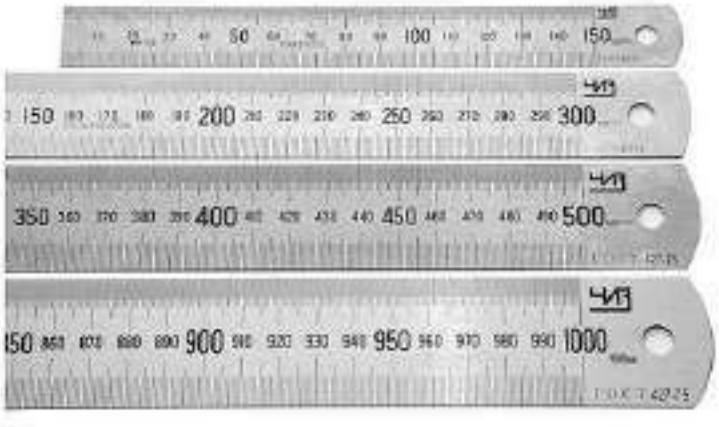


Рис. 4.1. Металлические линейки

Угольникв сочетании с линейкой служит для проведения прямых линий, параллельных или перпендикулярных заданному направлению (рис. 4.2).

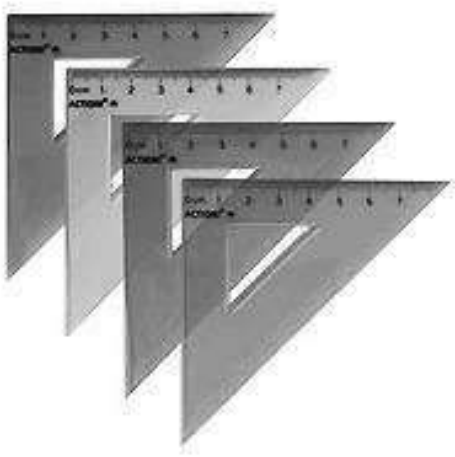


Рис. 4.2. Треугольники

Циркуль-измеритель – состоит из двух ножек с острыми концами, противоположные концы которых соединены шарниром, в сочетании с линейкой или поперечным масштабом служит для откладывания и измерения отрезков прямых линий (рис. 4.3).

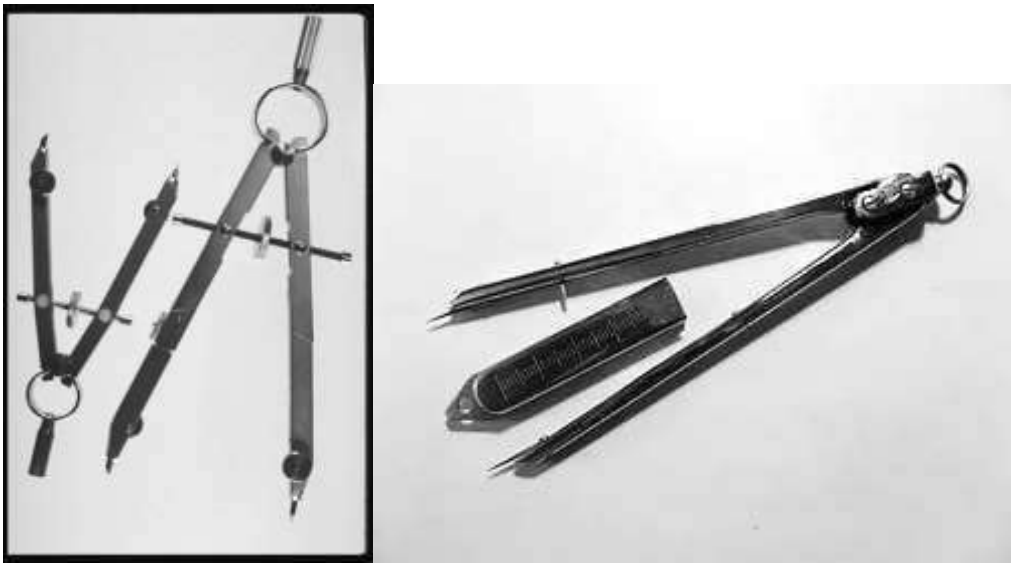


Рис. 4.3. Геодезические циркули-измерители

Курвиметр механический или электронный применяют для измерения по картам или планам длин кривых линий(рис. 4.4).



Рис. 4.4. Механический курвиметр

Транспортир геодезический– металлический прибор, предназначенный для измерения и построения углов на картах и планах. Транспортир имеет вид полукруга, опирающегося на линейку с поперечным масштабом.

Центр полукруга расположен на скошенном выступе верхнего ребра линейки (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Транспортир геодезический ТГ-1

Буссоль– точный компас, служащий для ориентирования карт и планов. Коробка буссоли размещается на пластине со скошенным краем, на котором нанесены миллиметровые деления.

На пластине иногда помещают круглый уровень, который служит для приведения кольца буссоли с градусными делениями в горизонтальное положение (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Буссоль

Полярный планиметр — механический прибор, предназначенный для определения площадей замкнутых фигур на картах и планах (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Механический планиметр

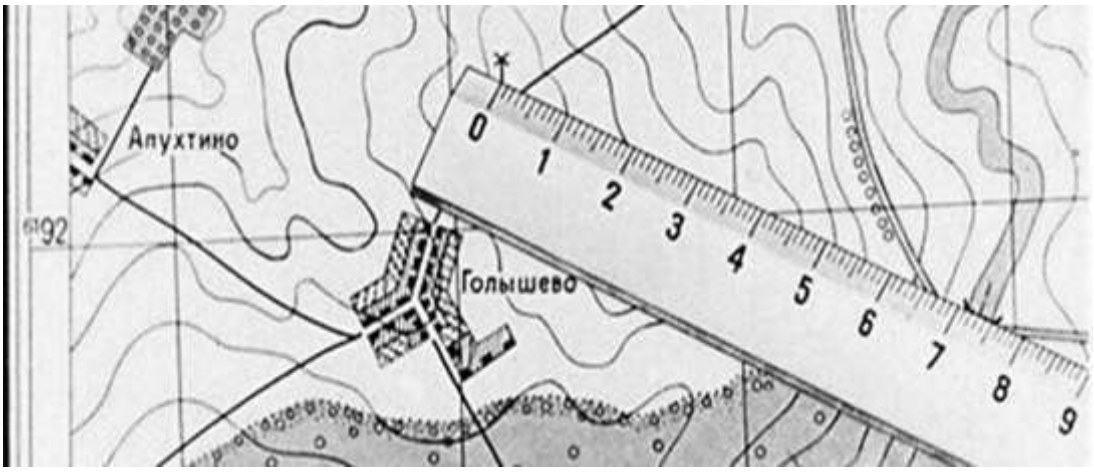
Более совершенными приборами для измерения площадей на картах и планах являются *электронные планиметры* (рис. 4.8). Отличительной особенностью электронных планиметров от механических является наличие встроенного калькулятора, с помощью которого производят вычисления площадей. При этом отпадает необходимость в использовании палеток и ручных вычислений.



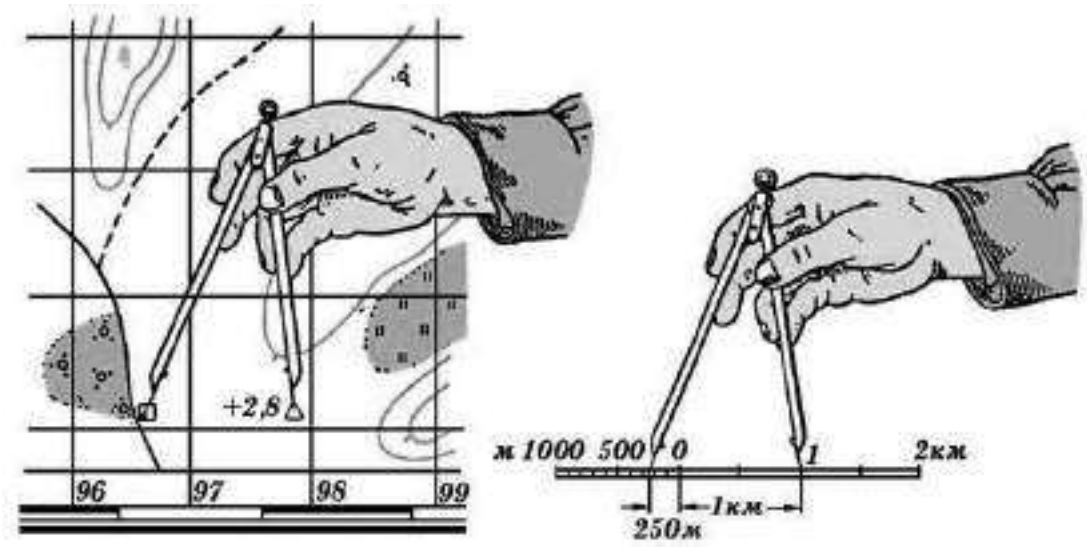
Рис. 4.8. Электронный планиметр

Задачи, решаемые по топографическому плану и карте

Измерение линий на плане.Определение расстояний на картах и планах выполняется с помощью линеек и циркулей-измерителей (прямолинейные отрезки) и курвиметров (криволинейные отрезки). Сначала длина отрезка измеряется по карте в миллиметрах, а затем с помощью масштаба переводим в расстояние на местности (рис. 4.9).



а



б

Рис. 4.9. Измерение расстояний на плане: а – с помощью линейки; б – с помощью циркуля-измерителя

Если измерения выполнены циркулем-измерителем, то расстояние на местности определяют с помощью линейного или поперечного масштабов (в зависимости от требуемой точности).

Определение высот точек и уклонов

Определение высот точек. Если искомая точка расположена на горизонтали, то очевидно, что её высота будет равна отметке горизонтали.

Если точка расположена между горизонталями (рис. 4.10), то её высоту определяют методом линейной интерполяции.

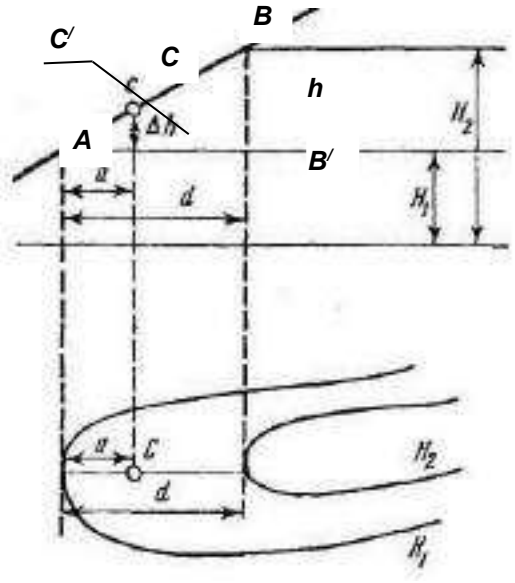


Рис. 4.10. Схема к определению отметки точки на карте методом интерполяции

Из подобия треугольников ABB/и ACC/ запишем пропорцию:

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{AC}{AB},$$

из которой выразим искомое превышение между точками A и C:

$$\Delta h = \frac{\frac{AC}{AB}}{} h,$$

где *h*– высота сечения рельефа.

Вычисляем высоту точки C:

$$H_C = H_A + \Delta h.$$

Определение уклона. Уклоном линии AB называется отношение превышения (h) меду точками A и B к горизонтальной проекции расстояния между (d):

$$i = tg\beta = \frac{h}{d}.$$

Уклоны выражаются в *долях единицы, процентах или промилле*, например:

$i = 0{,}05 = 5{,}0\% = 50‰.$

Ориентирование карт и планов

Ориентирование карты или плана заключается в том, чтобы расположить линии сетки прямоугольных координат, нанесённые на план (карту) параллельно осевому меридиану зоны (ось Х) и линии экватора (ось У).

Ориентирование осуществляют с помощью компаса или буссоли. Для этого край коробки буссоли (направление С-Ю) прикладывают к левой вертикальной линии рамки карты (рис. 4.11).

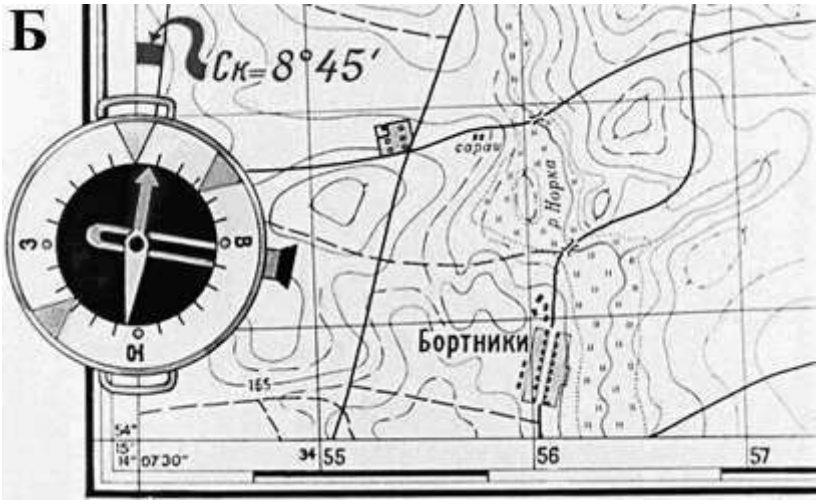


Рис. 4.11. Ориентирование кары с помощью компаса

При этом нулевойотсчет совпадет с вертикальной линией километровой сетки,затем карту поворачивают так, чтобы северный конец магнитной стрелки встал на отсчет, вычисленный исходя из данных о сближении меридианов (γ) и склонения магнитной стрелки (δ), которые указываются на нижнем срезе карты. Отсчет вычисляют как разность (δ - γ) и откладывают к востоку или к западу от нулевого штриха компаса в зависимости от знака. Например, на рис.4.11 склонение магнитной стрелки (Ск) составляет + 8°45′.



Рис. 4.12. Пример зарамочного оформления топографической карты

Тема 4.2. Номенклатура карт

При картографировании больших территорий образуется много листов карт. Размер карты определяется размерами листа бумаги. Поэтому возникает необходимость систематизации в обозначении листов кары. Обозначение листа карты должно однозначно определять положение листа на поверхности Земли и среди других листов. Эту задачу решает номенклатура карт.

В основу номенклатуры положена международная разграфка карт масштаба 1:1 000 000. Для этого всю поверхность земного шара разделяют меридианами, проведенными по долготе через 6 градусов – образуется 60 колонн. Колонны совпадают с координатными зонами(рис. 4.13).

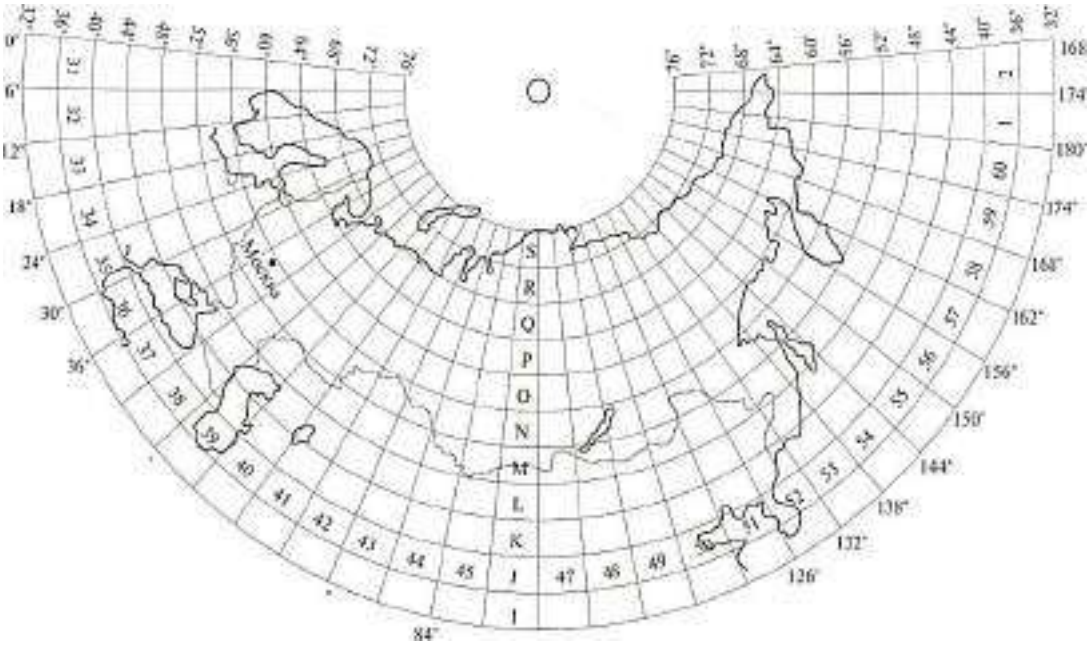


Рис. 4.13. Деление поверхности земного шара на ряды и колонны

Счет колонн ведётся от меридиана с долготой 180 градусов. Поэтому номер колонны отличается от номера зоны на 30 единиц. Например, Москва расположена в зоне № 7, а номер колонны по номенклатуре будет 37.

Колонны делятся на ряды параллелями, проведенными через 4 градуса. Ряды обозначаются прописными (заглавными) буквами латинского алфавита. Начало счета ведется от экватора. Всего в северном полушарии будет 11 рядов. Москва попадает в шестой ряд обозначенный буквой N. В результате получаем, что Москва расположена на листе карты М 1:1 000 000 с номером 37.

Таким образом, номенклатура карт определяет взаимное положение листов карт различного масштаба. Знание номенклатуры карт необходимо для составления заказа на получение карт в государственный фонд хранения картографических материалов. Для практических целей обычно используют карты крупного масштаба 1:100 000, 1:50 000; 1:25 000.

Рассмотрим, как образуется номенклатура этих карт.

Деление листа карты М 1:1 000 000

Лист карты М 1:1 000 000 разделяется на 4 листа карты М 1:500 000 (обозначаются прописными буквами русского алфавита **А–Г**), либо на 36 листов карты М 1:200 000 (обозначаются римскими цифрами **I–XXXVI**), либо на 144 листа карты М 1:100 000 (обозначаются арабскими цифрами**1–144**). Обозначения листов приписываются справа от номера листа М 1:1 000 000. Алгоритм деления листа карты М 1:100 000 на листы

более крупных масштабов показан на (рис. 4.14). Схема параллельного деления показана на рис. 4.15.



Рис. 4.14. Алгоритм деления листа карты М 1:1 000 000

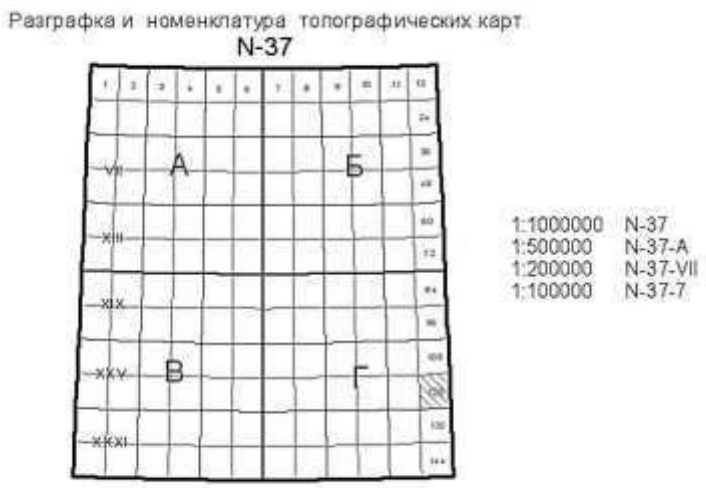


Рис. 4.15. Схема параллельного деления листа карты М 1:1 000 000

Деление листа карты М 1:100 000

Для создания карт более крупных масштабов за основу взят лист карты М 1:100 000. Деление листов идет последовательное.

Лист карты М 1:100 000 разделяется на 4 листа карты М 1:50 000 (обозначаются прописными буквами русского алфавита А-Г).

Лист М 1:50 000 делится на 4 листа карты М 1:25 000 (обозначаются строчными буквами русского алфавита а, б, в, г).

Лист М 1:25 000 делится на 4 листа карты М 1:10 000 (обозначаются арабскими цифрами 1–4). Алгоритм деления приведен на рис. 12.10. Номера карт последовательно добавляются справа к номеру карты М 1:100 000.

Алгоритм деления листа карты М 1:100 000 показан на рис. 4.16.

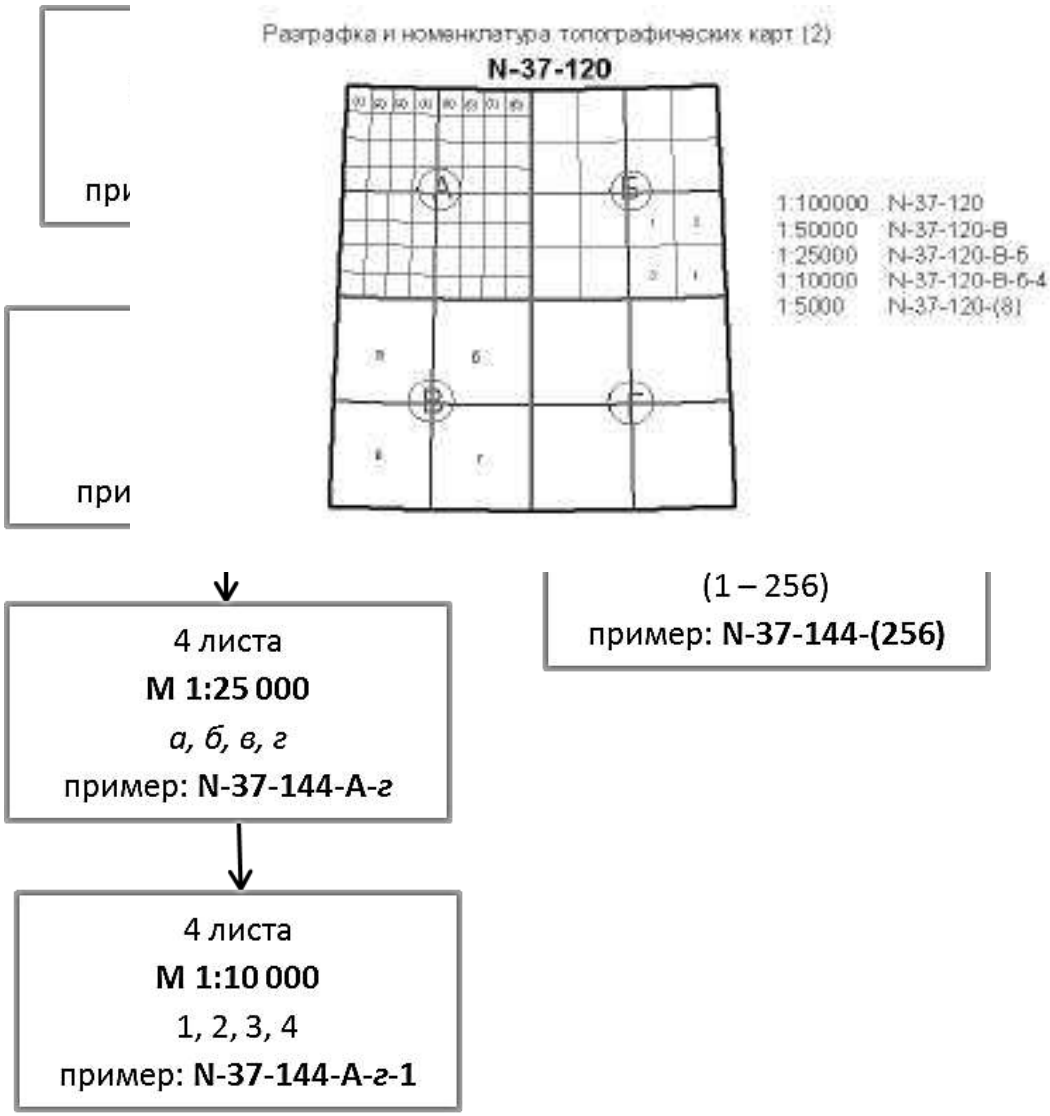


Рис. 4.16. Алгоритм деления листа карты М 1:100 000

Схема последовательного деления показана на рис. 4.17.

Рис. 4.17. Схема последовательного деления листа карты М 1:100 000

Сведения о размерах рамок топографических карт в зависимости от их масштаба и примеры номенклатуры листов приведены в табл.4.1.

Таблица 4.1

Размеры рамок топографических карт в зависимости от их масштаба

Масштабы топокарт	Число листов в 1-м листе карты	Размеры рамок топокартыпо:		Размеры сторон координатной сетки		Пример номенклатуры листа топокарты
		широтеΔφ	долготе Δλ	накарте	на местности	
	1. В отношении листа карты масштаба 1 : 1 000 000					
1:1000 000	1	4°	6°	–	–	№–37
1:500 000	4	2°	3°	–	–	№–37–А; №–37–Г
1:300 000	9	1° 20'	2°	–	–	I–№–374; IX–№–37
1:200 000	36	40'	1°	5 см	10 км	№–37–I;№–37–XXXVI
1:100 000	144	20'	30'	2см	2 км	№–37–1; №–37–144
	2. В отношении листа карты масштаба 1 : 100 000					
1:50 000	4	10'	15'	2 см	1 км	№–37–144–А; №–37–144–Г
1:25 000	16	5'	7' 30"	4 см	1 км	№–37–144–Г–г
1:10 000	64	2' 30"	3' 45"	10 см	1 км	№–37–144–Г–г–4
1:5000	256	1' 15"	1' 52,5"	10 см	0,5 км	№–37–144–(256)
1:2000	2304	25"	37,5"	10 см	0,2 км	№–37–144–(256–и)
	3. В отношении листа плана масштаба 1 : 5 000					
1:2000	4	–	–	10 см	200 м	256–Г
1:1000	16	–	–	10 см	100 м	256–Б–IV
1:500	64	–	–	10 см	50 м	256–В–16

ЛЕКЦИЯ 5

Тема 5.1.Виды геодезических измерений. Угловые и линейные измерения на местности

Виды геодезических измерений

Измерением называется процесс сравнения какой-либо величины с другой одноименной величиной принимаемой за единицу.

За единицу линейных и высотных измерений принят метр.

За единицу измерений углов принимается градус, представляющий 1/90 прямого угла или 1/360 часть окружности (1º=60'=3600").

В некоторых странах применяется градовая система, в которой 1град равен 1/400 части окружности, 1град состоит из 100 градовых минут (1град = 100 градовых минут = 10000 градовых секунд).

Геодезические измерения позволяют определить относительное взаимное расположение отдельных точек земной поверхности. Измерения разделяются на:

1. Линейные – спомощьюкоторых на местности определяют расстояния между заданными точками.

2. Угловые – определяют значения горизонтальных и вертикальных углов на земной поверхности.

3. Высотные измерения – позволяющие определить разности высот отдельных точек земной поверхности, то есть разности расстояний по нормали (вертикали) от принятой отчетной поверхности до данных точек.

Измерения вертикальных и горизонтальных углов необходимы для создания планово-высотного обоснования топографических съемок, при выполнении тахеометрических съемок и решении других задач инженерной геодезии.

Горизонтальным углом ($\boldsymbol{\beta}$) называют двугранный угол, ребро которого образовано отвесной линией, проходящей через данную точку (А). Грани угла – это отвесные плоскости, проходящие через направления АВ и АС (рис. 5.1).

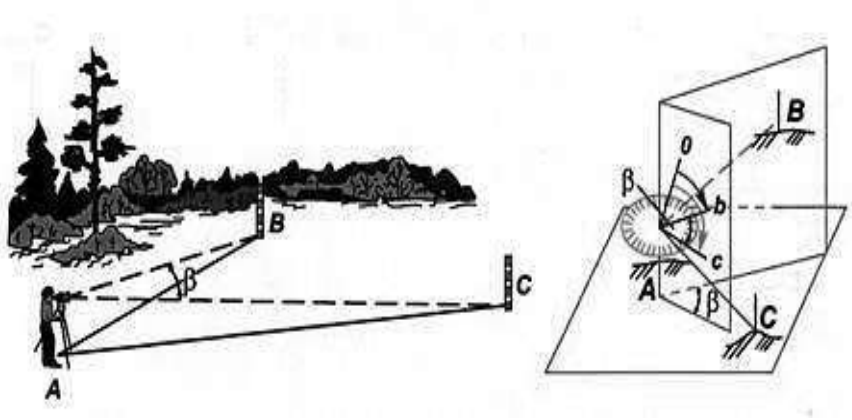


Рис. 5.1. Измерение горизонтального угла

Вертикальным углом или углом наклона ($\boldsymbol{\gamma}$) называют угол, лежащий в вертикальной плоскости, образованный заданным направлением АВ и его проекцией на горизонтальную плоскость АС(рис. 5.2).

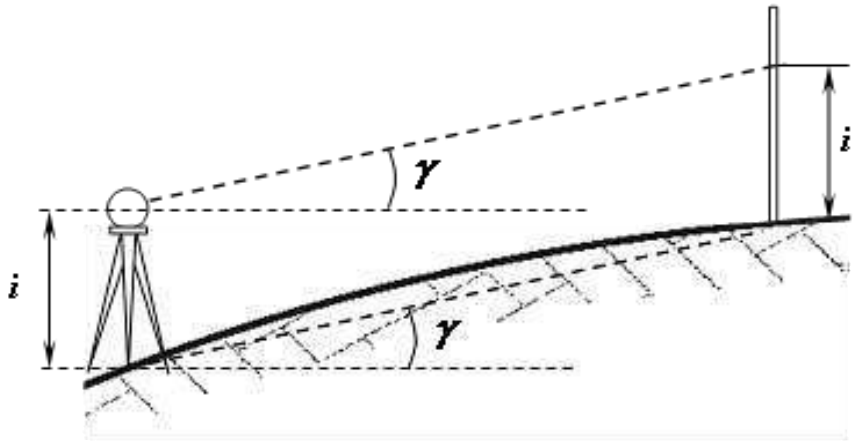


Рис. 5.2. Схема измерения вертикального угла

Если угол измеряется относительно горизонтальной плоскости, проходящей через угломерный прибор, то мы называем такой угол вертикальным углом.

Если угол измеряется относительно отвесной линии, то вертикальный угол будет называться *зенитным углом или зенитным расстоянием* и обозначается буквой (***Z***).

Измерение углов производится с помощью специальных угломерных приборов – *теодолитов*.

Измерение расстояний на местности выполняется с помощью рулеток или мерных лент. Если длина линии больше длины мерного прибора, линия предварительно провешивается (рис. 5.3).

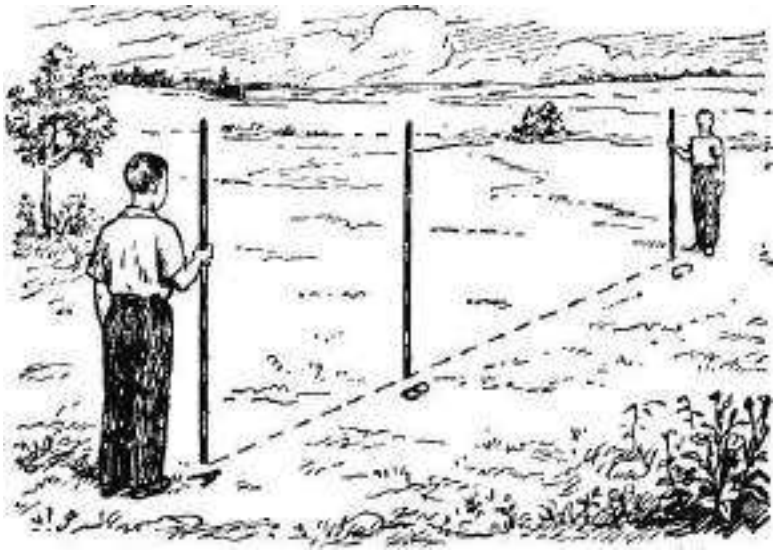


Рис. 5.3. Схема измерения длин линий

Тема 5.2. Приборы для угловых измерений. Классификация теодолитов. Устройство, поверки и юстировки теодолитов

Приборы для измерения углов

Угловые измерения на местности заключаются в измерении горизонтальных и вертикальных углов. Измерение углов выполняется с помощью оптических угломерных приборов – теодолитов.

Теодолиты классифицируют по точности, материалам изготовления угломерных кругов, конструктивным особенностям, назначению. Согласно ГОСТ 10529-86, теодолиты классифицируются по точности измерений и изготавливаются следующих типов Т1, Т2, Т5, Т15, Т30 (Т – теодолит, цифра – указывает среднюю квадратическую точность измерения угла).



Рис. 5.4. Теодолит технический 4Т30П

По точности теодолиты делятся на три группы:

1) высокоточные – Т1;
2) точные – Т2, Т5;
3) технические – Т15, Т30.



Рис. 5.5. Теодолит с металлическими лимбами

По материалам изготовления угломерных кругов (лимбов) теодолиты подразделяются:

- с металлическими угломерными кругами (лимбами, рис. 5.5).

- стеклянными (из оптического стекла) угломерными кругами (лимбами). Теодолиты со стеклянными лимбами называются оптическими. Все современные теодолиты являются оптическими.

Классификация теодолитов

Если зрительная труба теодолита даёт прямое изображение (не перевернутое) то в маркировку прибора добавляется буква **П**, а приборы, имеющие компенсатор при вертикальном круге обозначаются буквой **К**. Например, теодолит**2Т5КП**. Цифра перед буквой Т указывает номер модернизации прибора по отношению к базовой модели.

По конструкции теодолиты делятся на*простые* и *повторительные*.

У простого теодолита лимб горизонтального круга не имеет приспособлений для точной его установки и наведения (зажимной и наводящий винты отсутствуют). Среди теодолитов выделяется группа маркшейдерских теодолитов для работы в подземных условиях. Они содержат в маркировке букву М, например Т15М, Т30М. Это теодолиты повторительного типа, у которых лимб горизонтального круга имеет закрепительный и наводящий винты. С помощью этих винтов трубу теодолита можно точно наводить на визирную цель, поворачивая её совместно с лимбом. Классификация теодолитов приведена в табл. 5.1. В маркшейдерских теодолитах предусмотрена подсветка сетки нитей.

Таблица 5.1

Классификация теодолитов

Тип теодолита	Средняя квадратичная ошибка измерения горизонтального угла	Применение теодолита
Высокоточные теодолиты: Т1 и Т0,5	m_p=0.5″÷1″	Триангуляция и полигонометрия первого и второго класса
Точные теодолиты: Т2 и Т5	m_p=2″÷5″	Триангуляция и полигонометрия третьего и четвертого класса и первого и второго разряда
Технические теодолиты: Т15 и Т30	m_p=15″÷30″	Теодолитные и тахеометрические хода при создании съемочного обоснования и в маркшейдерских работах

Устройство теодолитов

Принципиальная схема устройства теодолита показана на рис. 5.6.

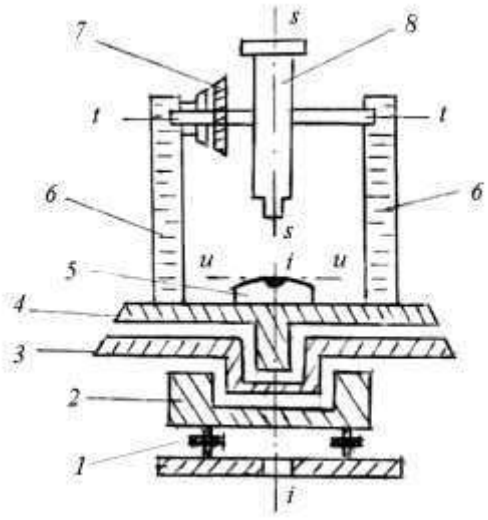


Рис. 5.6. Основные части теодолита

Теодолит состоит из следующих основных частей:

1) подъемные винты;

2) подставка;

3) лимб горизонтального круга;

4) алидада горизонтального круга;

5) цилиндрический уровень при алидаде горизонтального круга;

6) колонки или вертикальные стойки, жестко сочленённые салидадой;

7) лимб вертикального круга;

8) зрительная труба.

Лимб – круговая шкала с градусными или градовыми делениями, располагаемая на плоском стеклянном круге. Плоскость лимба, являющаяся плоскостью горизонтальных углов, при работе устанавливают горизонтально.

Уровень– прибор, по которому следят за горизонтальностью плоскости лимба во время работы.

Оптическая зрительная труба – служит для визирования – наведения на предметы – визирные цели. Труба может вращаться в вертикальной плоскости вокруг своей оси на 360°.

Алидада– дословно – линейка. Алидадная часть вращается относительно лимба. На ней закреплена оптическая труба, на ней также расположен индекс или шкала отчетного приспособления и поэтому она позволяет брать отсчеты по лимбу и определять направления трубы, наведенной на визирную цель.

Шкаловый или штриховой микроскоп – устройство, служащее для взятия отсчётов по вертикальному и горизонтальному кругам и позволяю-

щее значительно повысить точность отсчитывания долей делений на лимбе (рис. 5.7).

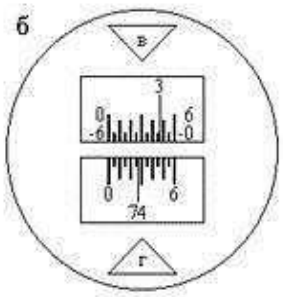
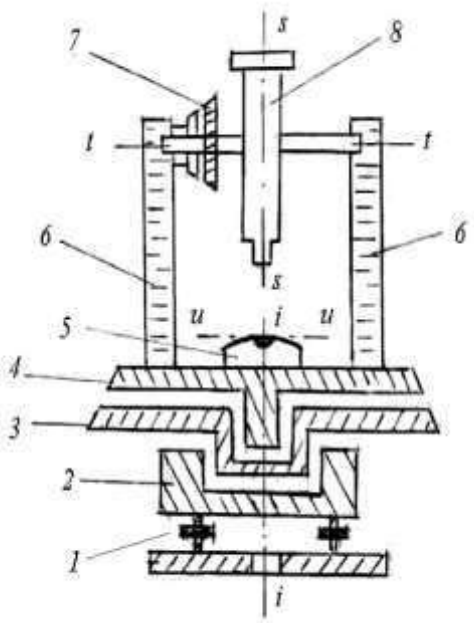


Рис. 5.7. Поле зрения шкалового микроскопа в теодолите 2Т30

В поле зрения микроскопа, изображенного на рисунке, можно взять отсчеты: по горизонтальному кругу (шкала со стороны индекса «Г») – 74°29′; по вертикальному кругу (шкала со стороны индекса «В») – $3^0 47'$;

Подставка и подъемные винты – служат для удержания теодолита на штативе и приведения плоскости лимба в горизонтальное положение.



Основные оси

i i –вертикальная ось вращения теодолита;

uu – ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга;

ss – визирная ось зрительной трубы;

tt – ось вращения зрительной трубы.

Основные плоскости:

4 – плоскость алидады горизонтального круга;

7 –плоскость лимба вертикального круга

Рис. 5.8. Основные оси и плоскости теодолита

Для нормальной работы прибора должны выполняться следующие геометрические условия конструкции (рис. 5.8):

1. Ось цилиндрического уровня (касательная к криволинейной ампуле в нуль-пункте – uu) должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита (i i) . Уровень служит для приведения оси вращения теодолита в отвесное положение.

2. Визирная ось зрительной трубы (ss) должна быть перпендикулярна оси её вращения (tt).

3. Ось вращения зрительной трубы (tt) должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита (ss) – гарантируется заводом-изготовителем.

Уровни *служат для приведения геодезических приборов или их отдельных частей в горизонтальное или вертикальное положение.*

Различают уровни круглые и цилиндрические.

Круглые уровни (рис. 5.9) служат для быстрой и приближённой установки прибора в отвесное (рабочее) положение. Ось круглого уровня (uu_1) проходит вертикально через нуль-пункт (О).

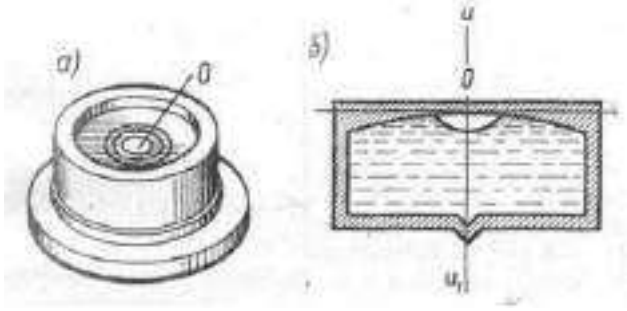


Рис. 5.9. Круглый уровень

Цилиндрические уровни (рис. 5.10) более точные и состоят из ампулы, заполненной серным эфиром, и юстировочного приспособления (узел М).

Внутренняя поверхность ампулы имеет вид дуги радиусом от 3,5 до 200 м. На наружной поверхности ампулы нанесены штриховые деления через 2 мм. Угол, образованный радиусами, проведенными к двум смежным штрихам (одно деление) характеризует точность уровня или цену деления ($\boldsymbol{\tau}$). При положении пузырька в нуль-пункте (О) ось цилиндрического уровня (uu_1) горизонтальна. Ось уровня – это касательная к дуге внутренней поверхности ампулы в нуль-пункте.

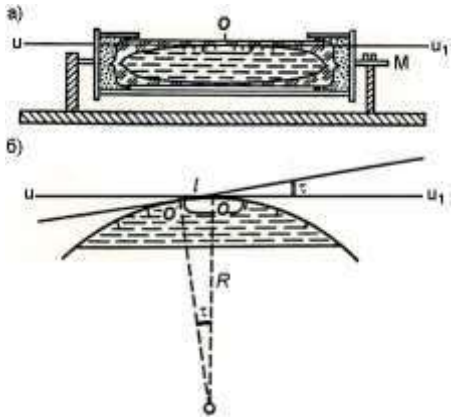


Рис. 5.10. Цилиндрический уровень

Зрительная трубапредставляет собой усовершенствованную трубу Кеплера (рис. 5.11), сконструированную ещё в 1610 году.



Рис. 5.11. Иоганн Кеплер (1571–1630)

Зрительная труба (рис. 5.12) состоит из металлического корпуса (трубы) внутри которого находятся:1 – линза объектива;2 – линза для наведения на резкость или фокусирующая линза;3 – кремальера для перемещения фокусирующей линзы, которая управляется винтом наведения на резкость; 4 – сетка нитей; 5 – линза окуляра.

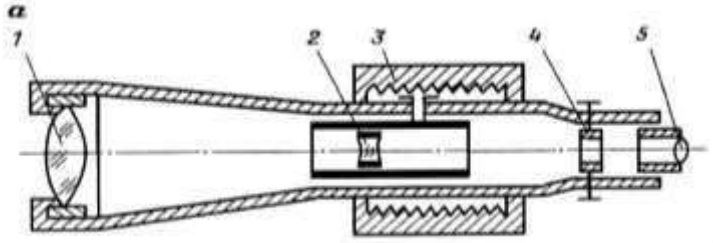


Рис. 5.12. Устройство зрительной трубы теодолита

У зрительной трубы различают 2 оси:

-*геометрическую*, которая соединяет центры входного и выходного отверстий корпуса.

-*оптическую*, которая соединяет оптические центры линз объектива и окуляра.

Указанные оси ничем не зафиксированы и для глаза невидимы. Для получения видимой точки в окулярное колено ставят тонкую стеклянную пластинку, на которой гравировкой наносят несколько пересекающихся линий – сетку нитей.

Пересечение средних нитей образует перекрестие, которое служит для наведения трубы на предметы. Прямая, соединяющая перекрестие сетки нитей и с оптическим центром объектива называется *визирной осью зрительной трубы*. Эта ось является основным геометрическим элементом зрительной трубы.

Сетка нитей состоит *из горизонтальной нити, вертикальной нити*, которая в нижней части поля зрения представлена двумя нитями или биссектором, и двух коротких горизонтальных штрихов – *дальномерных нитей* (рис. 5.13).



Рис. 5.13. Сетка нитей

Штрихи на стекле по традиции называют нитями, так как в старину на стекло наклеивали нити от паутины.

Для точной работы теодолита важно, чтобы вертикальная нить была вертикальна, горизонтальная нить – горизонтальна, а визирная ось трубы была перпендикулярна оси вращения трубы. Поэтому в конструкции оправки, которая удерживает сетку нитей в трубе, предусмотрена возможность регулировки (рис. 5.14).

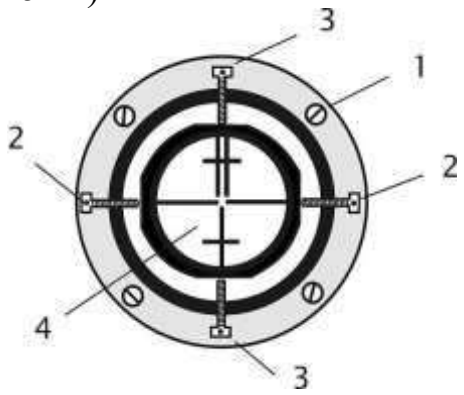


Рис. 5.14. Исправительные винты сетки нитей

Ослабив винты (1) можно повернуть сетку (4) и привести вертикальную нить в отвесное положение, используя обычный отвес. Тогда горизонтальная нить автоматически займет горизонтальное положение.

Вращая винты (2), можно перемещать сетку в горизонтальной плоскости, а винтами (3) – в вертикальной плоскости. Перемещая перекрестие сетки нитей, добиваются выполнения геометрических условий, которым должна соответствовать труба исправного теодолита.

Поверки теодолита

Процесс проверки геометрических условий, заложенных в конструкцию теодолита, называется поверкой теодолита. А процесс исправления выявленных отклонений называется юстировкой теодолита.

Основные поверки технического теодолита 2Т30.

1. Поверка цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.

Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна от вращения инструмента.

2. Поверка сетки нитей.

Вертикальный штрих сетки нити должен быть параллелен оси вращения инструмента (или вертикален).

3. Поверка коллимационной ошибки.

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы.

4. Поверка положения оси вращения зрительной трубы.

Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента.

5. Поверка места нуля.

Место нуля вертикального круга должно быть равно нулю.

Методика выполнения поверок и юстировок изучается на лабораторных занятиях.

ЛЕКЦИЯ 6

Тема 6.1. Принцип и способы измерения горизонтальных углов. Измерение вертикальных углов

Порядок измерения горизонтального угла

Угловые измерения производятся для того, чтобы определить в пространстве взаимное положение точек местности.

Положим, что на местности имеются точки АВС, которые образуют два направления АС и АВ (рис. 6.1). Горизонтальный угол (β) с вершиной в точке А будет заключен между горизонтальными проекциями указанных

направлений - А и А

Угол (β) соответствует двугранному углу между вертикальными плоскостями М и N, проходящими через данные направления.

Для того, чтобы измерить горизонтальный угол на местности между направлениями АС и АВ в токе А устанавливают теодолит так, чтобы его

вертикальная ось совпала с вертикальной гранью, образованной плоскостями M и N. Прибор центрируют над точкой A с помощью отвеса (нитяного или оптического) и приводят его в *рабочее положение*. Это означает, что вращая подъемные винты подставки теодолита приводят пузырёк уровня при алидаде горизонтального круга нуль-пункт. Тогда ось вращения прибора займет отвесное положение и совпадёт с вертикальной гранью измеряемого угла, а лимб займет горизонтальное положение.

Визируя поочерёдно с помощью зрительной трубы на точки**C** и **B** фиксируют отсчеты по лимбу **c** и **b.** Искомый угол вычисляют как разность указанных отсчетов: β = **b – c** (учитываем, что оцифровка лимба возрастает по ходу часовой стрелки).

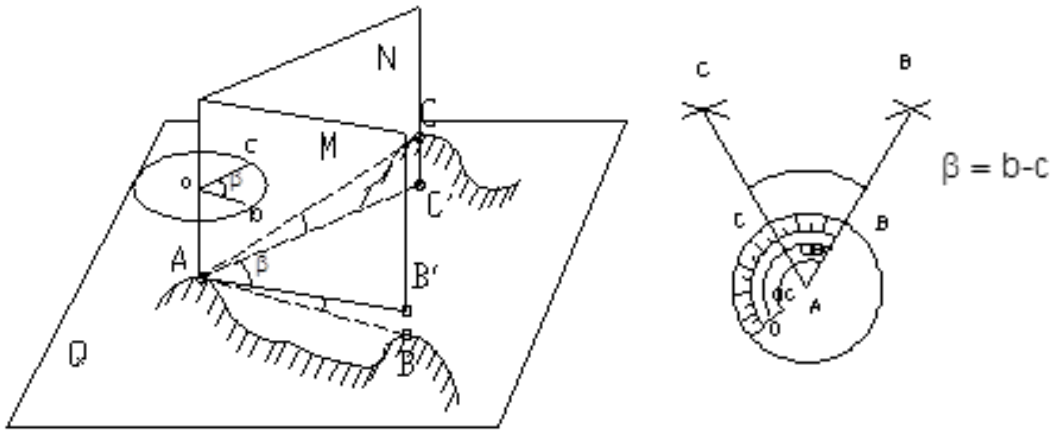


Рис. 6.1. Схема измерения горизонтального угла

Способы измерения горизонтальных углов

Горизонтальные углы измеряют следующими способами:

- способом приемов (измерение одиночного угла);
- способом повторений (многократное измерение одиночного угла с целью повышения точности измерения);
- способом круговых приемов (применяется, если число направлений на пункте превышает 2).

Измерения выполняются при при двух положениях вертикального круга: круг лево (КЛ) – вертикальный круг расположен слева от наблюдателя; круг право (КП) – вертикальный круг расположен справа от наблюдателя. Для того, чтобы изменить положение круга на приборе необходимо ослабить закрепительный винт зрительной трубы и перевести её через зенит (то есть повернуть трубу в вертикальной плоскости на 180^{o}). Тогда вместо окуляра перед наблюдателем окажется объектив и для продолжения работы он будет вынужден повернуть прибор на 180^{o}. Данная методика применяется с целью:

1. Исключить погрешности прибора (влияние эксценриситета, коллимационной ошибки);

2.Контроль измерений и вычислений.

Далее мы рассмотрим измерение углов способом приёмов.

Измерение горизонтальных углов способом приёмов

Измерение горизонтального угла при одном из положений вертикального круга (КП или КЛ) называется полуприемом. Два полуприема составляют полный прием. Наблюдения можно начинать с любого полуприема. Обычно измерения начинают при КЛ – это основное положение прибора. Схема измерения показана на рис. 6.2.

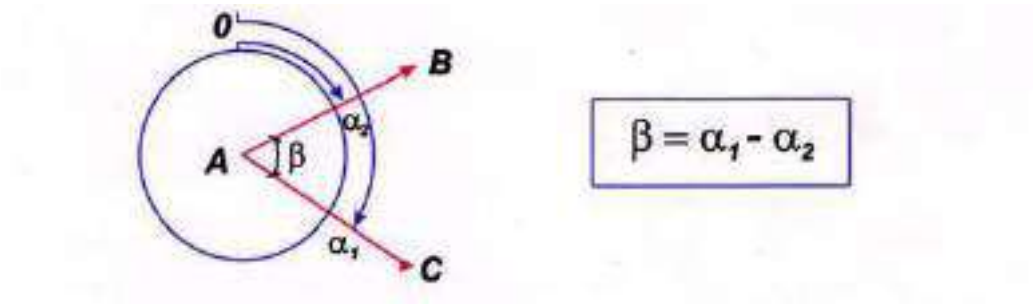


Рис. 6.2. Схема измерения

Порядок выполнения измерений.

1. Установить теодолит в рабочее положение.

2.Пользуясь прицельным приспособлением, размещенным на зрительной трубе, навести его светлый крест на наблюдаемую точку ***B***. Зажать (легко) зажимные винты сначала алидады, затем – зрительной трубы. Вращением кремальеры фокусирующей системы, наблюдая в трубу, добиться четкого изображения объекта (визирной цели).

3. Наводящими винтами алидады и зрительной трубы перемещают трубу так, чтобы визирная цель совместилась с вертикальной нитью сетки нитей в области центрального перекрестия (либо вывести изображение точки точно в центр сетки нитей).

4. Взять отсчет по шкале горизонтального круга (например, 117° 36, 5'). Отсчеты записываются в журнал измерения углов. Пример заполнения журнала приведен на рис. 6.3.

5. Открепить алидаду и зрительную трубу и выполнить наведение на точку**C** (по аналогии с наведением на т. ***B***: см. пп. 2–4) и взять отсчет. Например, 236° 01,0'.

6. Ослабить зажимные винты алидады и зрительной трубы, перевести трубу через зенит – изменить положение вертикального круга. Такое положение колонки соответствует измерениям во втором полуприеме.

7. Выполнить последовательно все действия по пп. 2–5 с записью отсчетов в журнал.

Вычисления в журнале заключаются в определении разностей отсчетов на правое (***C***) и левое (***B***) направления:

236°01, 0' – 117°36, 5' = 118°24, 5' (КЛ);

58°43, 5' – 300°18, 5' = (58°43, 5' + 360°) – 300°18, 5' = 118°25, 0' (КП).

При получении отрицательного результата к меньшему значению следует прибавить 360°.

Номер станции	**Номер точек**	**КП КЛ**	**Отсчеты по ГК**	**Разность отсчетов**	**Среднее значение угла**	**Отсчеты по ВК**	**Место нуля (МО)**	**Значение угла наклона**
	В		$117^0\,35{,}5'$			$+1^0\,36{,}5'$	- 0,75 /	$+1^0\,37{,}25'$
		КЛ		$118^0\,24{,}5'$				
	С		$236^0\,01{,}0'$			$-3^0\,20{,}0'$	–1,00 /	$-3^0\,19{,}0'$
А					$118^0\,24{,}75'$			
	В		$300^0\,18{,}5'$			$-1^0\,38{,}0'$		
		КП		$118^0\,25{,}0'$				
	С		$58^0\,43{,}5'$			$+3^0\,18{,}0'$		

Рис. 6.3. Пример заполнения журнала измерения углов

Если разность в значениях горизонтального угла, полученного в полуприёмах, не будет превышать двойной точности теодолита (для теодолита типа Т30 – 1 минута), то вычисляют среднее значение угла из полуприемов.Если разность будет больше допустимой, то измерение угла необходимо выполнить заново.

Одновременно с измерением горизонтального угла измеряют вертикальные углы по направлениям визирования.

*Вертикальные углы (углы наклона местности)*измеряют для приведения измеряемых на местности расстояний к горизонту или вычисления горизонтальных проложений, а также для вычисления превышений между точками.

Измерение вертикальных углов

Под вертикальным углом(δ) понимается угол между стороной (**AB**) и ее проекцией на горизонтальную плоскость (**Ab**), рис.6.4.

Фактически теодолитом измеряют вертикальный угол между горизонтальной линией, проходящей через ось вращения зрительной трубы, (горизонтом инструмента) и наклонной линией **aM.** Для того чтобы измеряемый угол наклона соответствовал наклону стороны **AB** на визирной це-

ли отмечают высоту инструмента (i) и визируют на неё горизонтальной нитью сетки нитей.

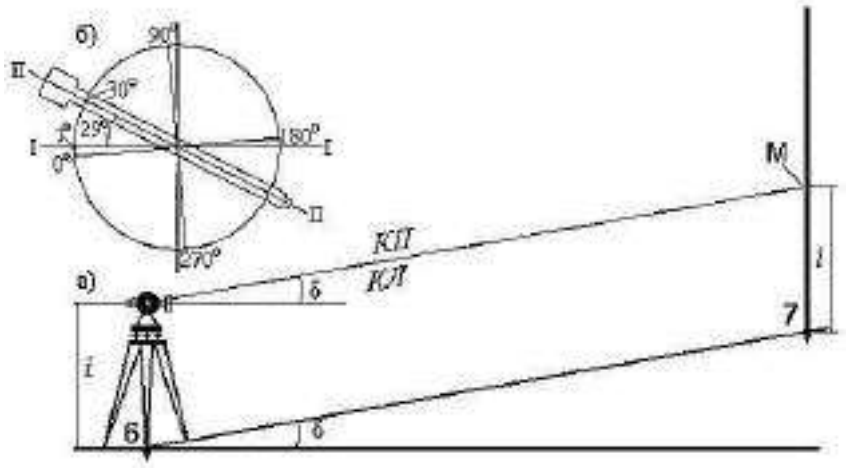


Рис. 6.4. Измерение вертикальных углов

Если линия визирования выше горизонта инструмента, то угол считается положительным,если ниже – то отрицательным. Вертикальные углы могут принимать значения от +90º до –90º.

При измерении вертикальных углов используется понятие ***место нуля*** (сокращенно ***МО***).

Конструктивно диаметр 0 – 180 алидады вертикального круга расположен горизонтально. Лимб вертикального круга жёстко скреплён со зрительной трубой. Поэтому, если трубу установить в горизонтальное положение, то диаметр 0–180 лимба совпадёт нулевым диаметром алидады и отсчет должен быть равен нулю(рис. 6.5).

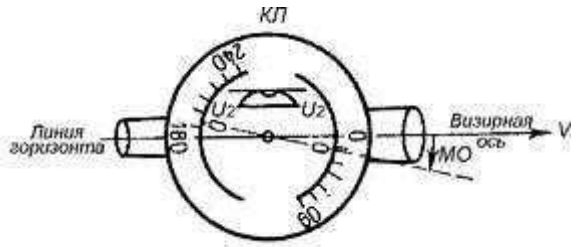


Рис. 6.5. Вертикальный круг

В действительности это условие не всегда сохраняется.

Определение места нуля вертикального круга

*Местом нуля МО*называется отсчет по вертикальному кругу теодолита при горизонтальном положении визирной оси трубы и исходном положении отсчетного устройства.

Рассмотрим, как это условие влияет на измерение углов наклона (рис.6.6).

$$\nu = КЛ - мо \quad (6.1)$$

$$\nu = 360 - КП + Мо$$

$$\nu = МО - КП. \quad (6.2)$$

Решив формулу (1) и (2) относительно МО и угла наклона найдем:

$$МО = \frac{КЛ + К}{2}$$

(6.3)

$$\nu = \frac{КЛ - КП}{2}. \quad (6.4)$$

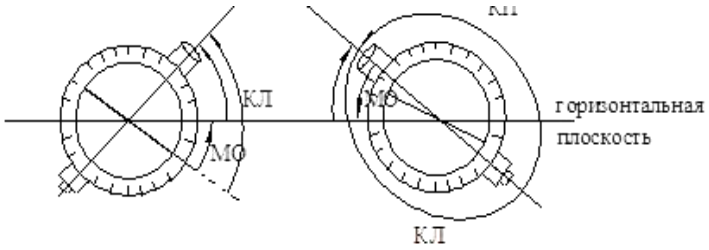


Рис. 6.6. Схема влияния МО на измерение вертикального угла

Если в формулах (6.1)–(6.4) получаются отрицательные значения, то к малым значениям (от 0º до 90º) добавляется 360º.

В теодолите Т30, где деления вертикального круга подписываются против хода часовой стрелки, и отсчитывание происходит по одной стороне круга, значения места нуля и угла наклона получают по следующим формулам:

-для теодолита Т30

$$\nu = \frac{КЛ - КП - 180°}{2}$$

$$МО = \frac{КЛ + КП + 18(}{2}$$

$$\nu = КЛ - Мо$$

$$v = МО - КП - 180°.$$

-для теодолита 2Т30

$$v = \frac{КЛ - Кп}{2}$$

$$МО = \frac{КЛ + Кп}{2}$$

$$v = КЛ - Мо$$

$$v = МО - Кп.$$

Место нуля (**МО**) может быть *положительным и отрицательным*, поэтому участвует в вычислениях *со своим знаком*. При необходимости производится исправление МО.

Порядок измерения вертикальных углов

1. Устанавливаем инструмент в рабочее положение и измеряем высоту инструмента. Высоту инструмента отмечаем на визирной цели (вешке).

2. При круге лево наводим трубу на визирную цель. При этом цель совмещаем с горизонтальной нитью сетки и берем отсчет по вертикальному кругу.

3. Записывает отсчет в журнал.

4. Переводим трубу через зенит.

5. При круге право наводим горизонтальную нить на туже самую точку, соблюдая вышеперечисленные условия, и берем отсчет по вертикальному кругу. Записываем отсчет в журнал.

5. Вычисляем значение МО и угла наклона.

Постоянство МО говорит о качестве измерения вертикальных углов.

ЛЕКЦИЯ 7

Тема 7.1. Непосредственное и косвенное измерение расстояний. Приборы для измерения расстояний. Порядок измерения длин отрезков стальной мерной лентой. Приведение измеренной длины к горизонту

В одной из лекций мы уже давали определение, что ***измерением*** называется процесс сравнения какой-либо величины с другой одноименной величиной принимаемой за единицу.

За единицу линейных и высотных измерений принят ***метр***.

Линейными измерениями в геодезии называют действия по определению расстояний между двумя точками земной поверхности.

Измерения расстояний могут быть *непосредственными* и *косвенными*.

Непосредственными называются такие измерения, при которых мерный инструмент непосредственно откладывают на измеряемой линии (рис. 7.1).

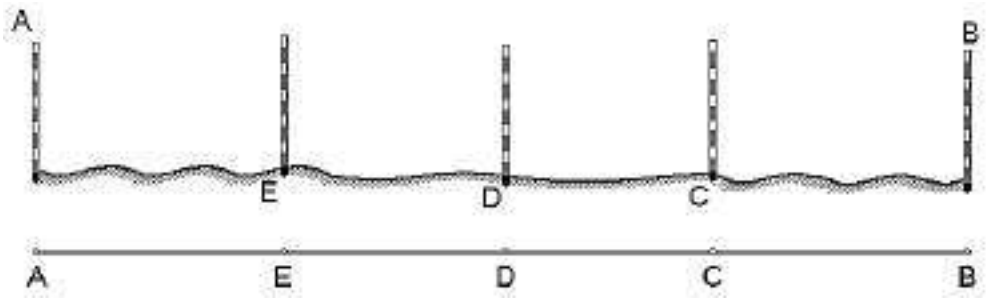


Рис. 7.1. Непосредственное измерение расстояния АВ

Если на измеряемом отрезке *AB* мерная лента с известной длиной *L* уложилась *n* раз, то длина отрезка ***AB = n*L***.

Косвенное измерение расстояний

Если какое либо препятствие, например река, не позволяет выполнить непосредственные измерения, то применяют косвенные измерения.

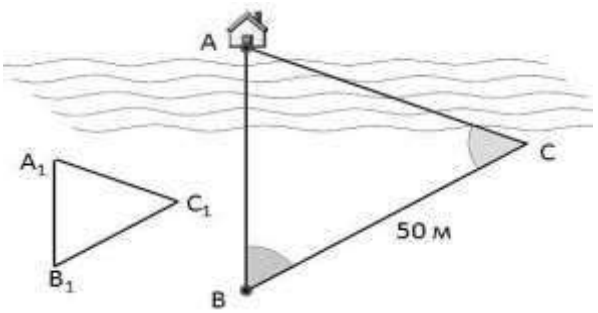


Рис. 7.2. Схема косвенного измерения расстояния АВ

В общем случае на местности строят произвольный треугольник АВС (рис. 7.2), одна сторона которого (ВС) измеряется и принимается за

базис. В точках В и С при помощи теодолита измеряют внутренние углы треугольника. Величину угла в точке А вычисляют используя теоретическую сумму углов треугольника (180°):

$$\text{В} + \angle\ \text{С}).$$

Далее, используя теорему синусов, по известным углам и длине стороны ВС вычисляют искомое расстояние АВ.

.

Для упрощения вычислений на местности можно построить прямоугольный треугольник (рис. 7.3). Для этого в точке*А* с помощью теодолита укладывают прямой угол относительно направления *АВ* и по направлению *АС*, откладывают отрезок с известной длиной – получаюткатет *АД*.

Затем в точке*Д* измеряют угол производят вычисления:

$$\text{АВ} = \text{АД} \cdot tan\angle\text{Д}.$$

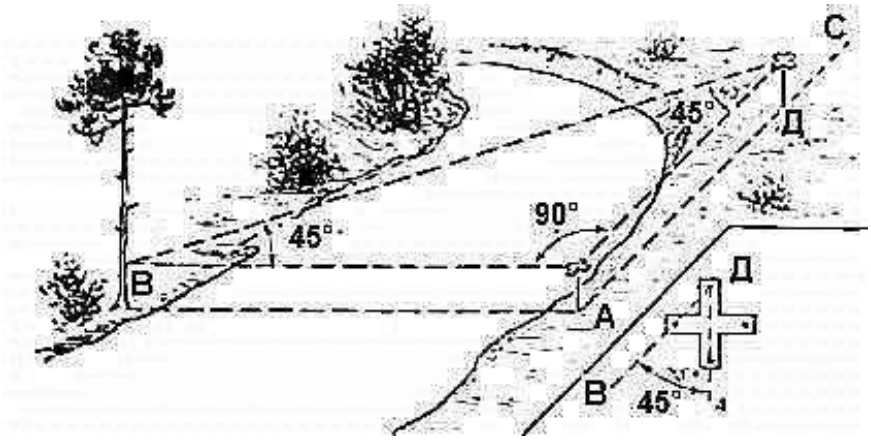


Рис. 7.3. Косвенное измерение расстояния методом построения наместности прямоугольного треугольника

Приборы для непосредственного измерения расстояний

Измерение расстояний на местности выполняют с помощью приборов, показанных на рис. 7.4: полевой циркуль (2 м), тесьмяная рулетка (10 м), стальная мерная лента (20 м) со шпильками (в порядке возрастания точности измерения).

Стальные ленты маркируются: **ЛЗ-20** (лента землемерная, длина 20м); **ЛЗШ-20** (лента землемерная шкаловая, длина 20 м). На концах шкаловых лент имеются миллиметровые шкалы для более точного измерения расстояний.

Мерные ленты разделены на метры, которые отмечаются латунными бирками с номером метра (относительно начального штриха).

Половина метра отмечается заклёпками, а дециметры – отверстиями. Таким образом, наименьшее деление ленты составляет 10 см (рис. 7.5).

На глаз можно оценить 0,1 деления. Следовательно, точность отсчитывания по мерной ленте составляет 1 см.



Рис. 7.4. Приборы для измерения расстояний

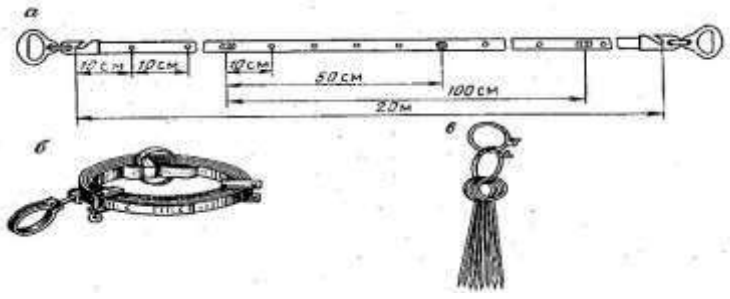


Рис. 7.5. Оцифровка интервалов мерной ленты

На рис. 7.6 представлена рулетка со стальной лентой. Такие рулетки выпускают с длиной мерной ленты 30, 50 и 100 м. Цена наименьшего де-



ления – 1 мм.

Рис. 7.6. Стальная рулетка (30, 50, 100 м)

На рис. 7.7 показан лазерный светодальномер. Измерение расстояние производится между излучателем сигнала и отражателем. Для этого излучатель устанавливается на одну точку, а отражатель на другую. Отражатель закрепляется на штативе или на вешке.

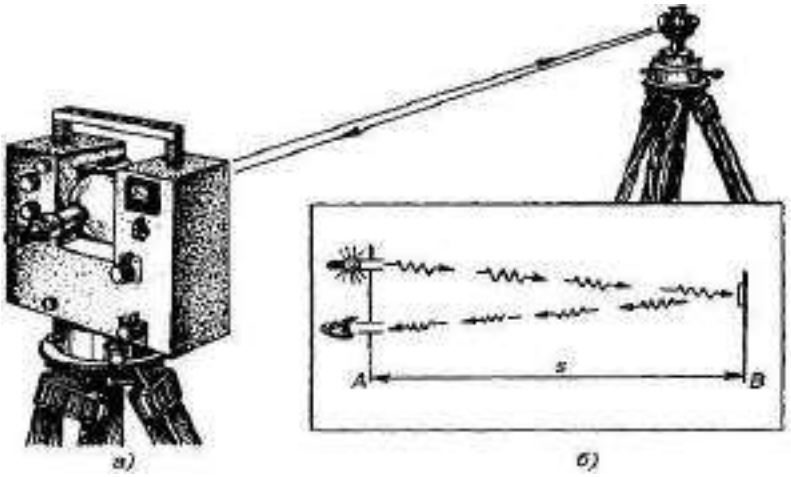


Рис. 7.7. Лазерный светодальномер

Прибор фиксирует время прохождения сигнала в прямом и обратном направлениях и, исходя из известной скорости распространения электромагнитных волн (300 тыс. км в секунду), вычисляет расстояние, которое показывает на шкале прибора с точностью до миллиметров.

В современных приборах – электронных тахеометрах, светодальномер совмещён с угломерной частью (рис. 7.8).



Рис. 7.8. Электронный тахеометр

Подготовка линии к измерению

*1.Временное закрепление точек на местности.*Перед началом измерений необходимо закрепить точки на местности. При топографических съемах обычно используют временное закрепление простейшими знаками (рис. 7.9).

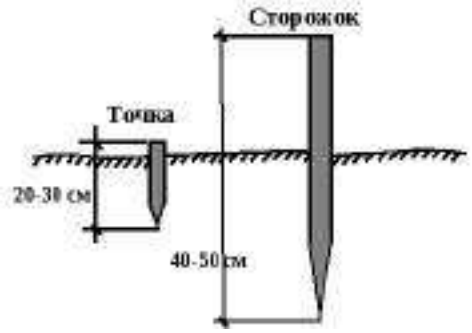


Рис. 7.9. Закрепление точек на местности

*Точку*закрепляют деревянным колышком длиной 20–30 см, который забивают в грунт вровень с землёй. В центр колышка забивают гвоздь. Шляпка гвоздя будет центром точки. Для опознания точки рядом с ней, на расстоянии 10–15 см, забивают второй колышек, который выступает над землёй на 15–20 см. Этот колышек называется *сторожком*.На сторожке подписывается номер точки (на учебной летней практике по геодезии вы будете указывать также группу и номер бригады).

*2. Вешение линий.*При измерениях над геодезическими пунктами устанавливают переносные вехи. Веха – это круглый шест длиной 2 – 3 м, диаметром 4 – 5 см, окрашенный в контрастные цвета. При измерении расстояний мерные приборы укладывают в створе линий. ***Створом****называется вертикальная плоскость, проходящая через конечные точки линии.*

При длине линии более 100 м или сложном профиле линии с створе устанавливают дополнительные вехи. Действия по установке промежуточных вех называется ***вешением линии***. Вешение может производиться на глаз (рис. 7.10) или инструментально (рис. 7.11).

При вешении на глаз (рис. 7.9) на конечных точках (А и В) устанавливают вешки. Наблюдатель становится на одном конце линии за вехой (т. А), и направляет рабочего по створу.

По сигналам наблюдателя (правее, левее) рабочий устанавливает вехи в точках 1 и 2. Вешки, установленные в створе линии должны закрывать одна другую.

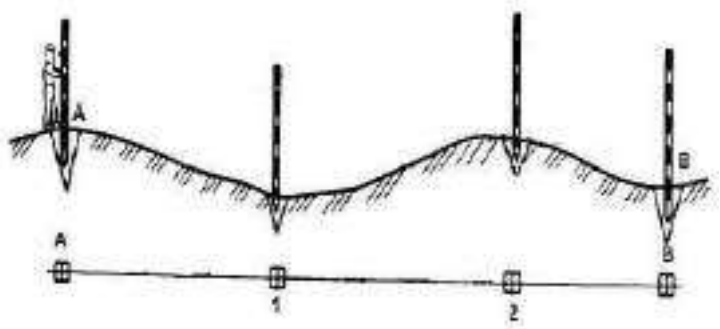


Рис. 7.10. Вешение на глаз:A и B – конечные точки линии;1 и 2 – промежуточные точки

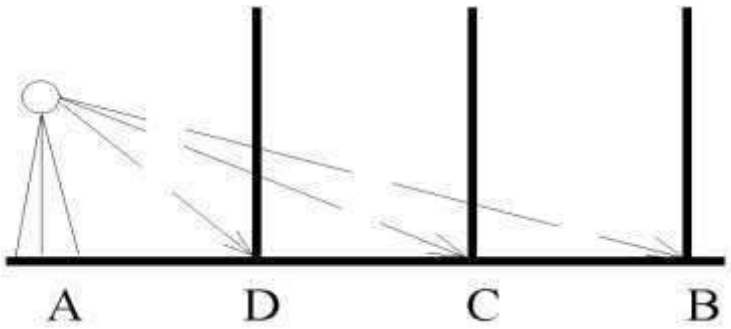


Рис. 7.11. Вешение теодолитом:D и C – промежуточные точки

Порядок измерения длин отрезков стальной мерной лентой

Измерения длин линий мерной лентой выполняют два работника (рис. 7.12). Комплект шпилек – 6 штук. Работник впереди берёт 5 шпилек. 1 шпилька остаётся у заднего работника. Работник сзади втыкает первую шпильку рядом с точкой А, зацепляет за неё конец ленты и направляет переднего работника с лентой по створу линии. Работник впередивстряхивает лену (в виде волны), натягивает её и, вставив шпильку в прорезь против переднего штриха, втыкает шпильку в землю.Затем работник сзадивынимает первую шпильку из земли и оба передвигаются вдоль линии до тех пор, пока работник сзади не достигнет второй шпильки. После этого онзацепляет ленту за вторую шпильку и действия повторяются. Когда лента достигнет точки В, количество шпилек у работника сзади покажет число целых лент, уложенных между точками А и В.

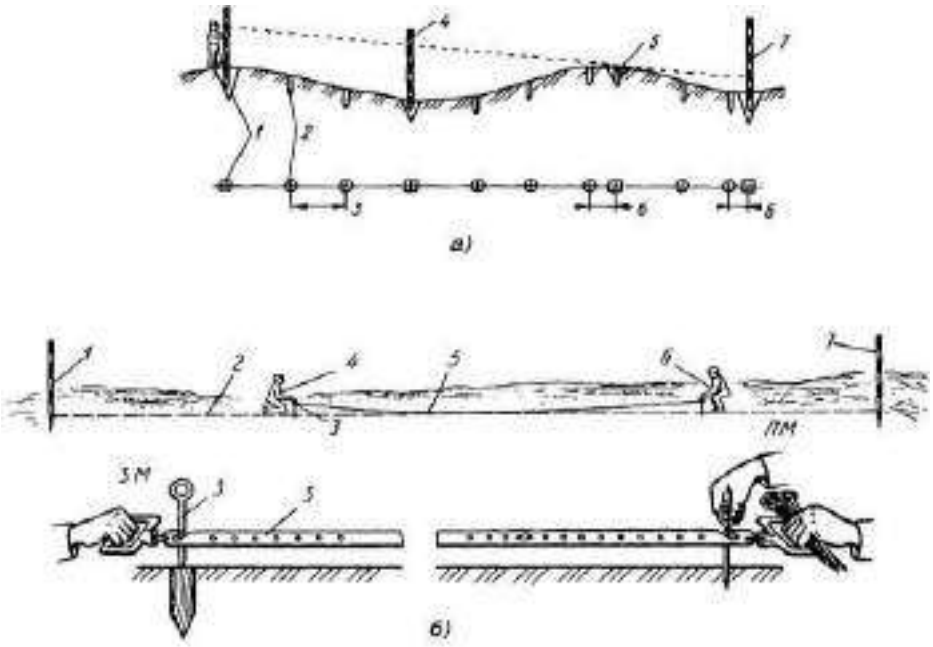


Рис. 7.12. Измерение длины мерной лентой

Как правило, длина линии не соответствует целому числу лент. Отрезок между последней шпилькой и точкой В называют *остатком.* Остаток измеряется по ленте, уложенной от последней шпильки к концу линии (т. В). Отсчеты с точностью до сантиметров оценивают на глаз по дециметровому интервалу ленты. Полная длина линии сложится из количества полных лент, умноженных на длину ленты, плюс длина остатка:

$$L = 20 \cdot n + c \ ,$$

где*L*– длина лини; 20 – паспортная длина ленты;n – число полных лент; *C* – длина остатка.

Для контроля линию измеряют в обратном направлении.

Линейные измерения, как и всякие другие, сопровождаются ошибками. На точность измерений и оказывают влияние характер местности, почвенный покров и точность укладки ленты по створу линии.

Точность измерений характеризуют относительной ошибкой. После того, как линия будет измерена в прямом и обратном направлениях, можно вычислить разность результатов: $\Delta L = \left(L_{\text{прямое}} - L_{\text{обратное}}\right)$. Отношение ΔL к длине линии $\left(\frac{\Delta L}{L}\right)$ называется *относительной ошибкой*. Для топографических съёмок и теодолитных ходов относительная ошибка линейных измерений не должна превышать 1/2000.

Допустимая погрешность 1/2000 говорит о том, что при длине линии 100 м (или 10 000 см) расхождение меду прямым и обратным измерениями не должно превышать 5 см (5/10 000 = 1/2 000).

Приведение измеренной длины линии к горизонту

Для изображения на плане или карте расстояния, измеренного на местности, используют горизонтальноепроложение.

Горизонтальным проложением*называется проекция измеренного расстояния на горизонтальную плоскость.*

Если линия на местности АВ длиной (L) имеет угол наклона к горизонту γ, который измеряется теодолитом (рис. 7.13), то горизонтальное проложение (d) можно вычислить по формуле

$$d = L \cdot \cos\gamma .$$

Если угол наклона линии не превышает2°, то проложение данной линии можно считать равным измеренной длине линии.

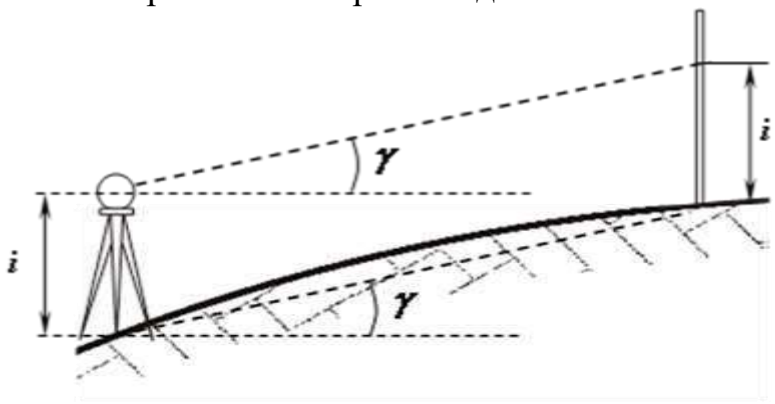


Рис. 7.13. Измерение угла наклона линии АВ

Определение расстояний нитяным дальномером

Дальномер – это прибор, при помощи которого определяют на местности расстояния без непосредственного измерения линий мерным прибором.

Нитяной дальномер встроен в зрительную трубу теодолитов. Схема его работы показана на рис. 7.14.

Если трубу навести на рейку, шкала которой имеет сантиметровые деления и взять отсчеты по верхней и нижней коротким нитям сетки нитей (дальномерные нити), то умножив разность отсчетов (М–Т) на коэффициент дальномера (k) можно определить расстояние от теодолита до рейки:

$$D = \text{МТ} \cdot k .$$

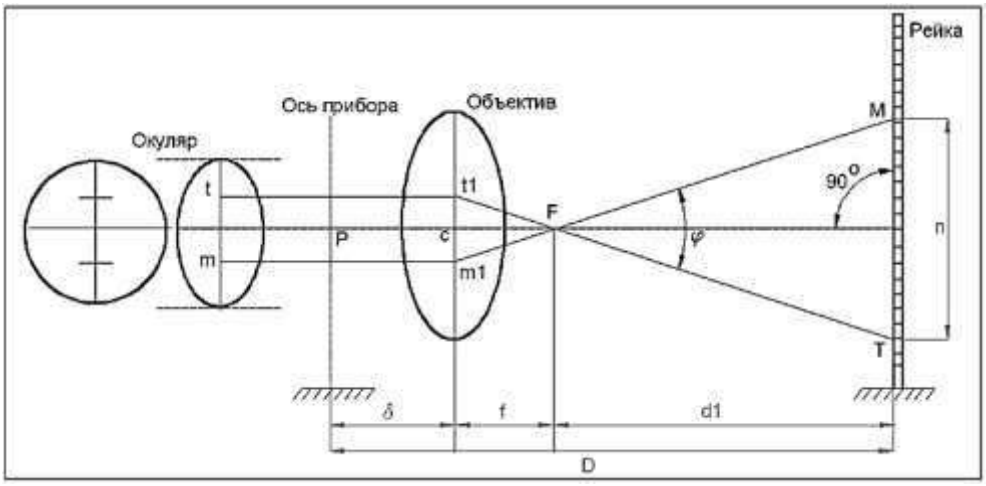


Рис. 7.14. Схема работы нитяного дальномера

В геодезических инструментах нити на сетке нитей наносят с таким расчетом, чтобы коэффициент дальномера был равен 100. Тогда при работе с рейкой каждый сантиметр отсчета по рейке будет давать 1 м расстояния, а десятые доли сантиметра – 0,1 м.

Пример (рис.7.15):

отсчет М = 1230;

отсчет Т = 1420;

$$D = (1420 - 1230) \cdot k = 190 \cdot 100 = 19\,000 \text{(мм)};$$

D = 19,0 м.



Рис. 7.15. Пример измерения расстояния нитяным дальномером

Определение расстояний с помощью дальномера происходит значительно быстрее, по сравнению с мерной лентой, но менее точное. Однако этой точности достаточно для съемки местности. Поэтому данный способ

определения расстояний широко применяется в тахеометрической съёмке, при которой расстояния от теодолита до предметов определяются с точностью 0,1 м.

ЛЕКЦИЯ 8

Тема 8.1. Понятие о геодезических сетях. Виды геодезических сетей и методы их создания. Закрепление геодезических пунктов

Геодезическая сеть

Геодезическая сеть– это система закреплённых на земной поверхности точек геодезических пунктов, положение которых определено в общей системе координат (рис. 8.1).

Геодезические сети строятся *в научных целях*, а также для изучения и *освоения территории страны*, в том числе *для съемки и изысканийдля проектирования* и проведения хозяйственных мероприятий: *строительства, мелиорации* и т.д.

Геодезические сети подразделяются по назначению на*плановые и высотные*. По точности измерения, площади размещения и плотности пунктов геодезические сети подразделяются на *государственные, местные* –сети сгущения и съемочные.

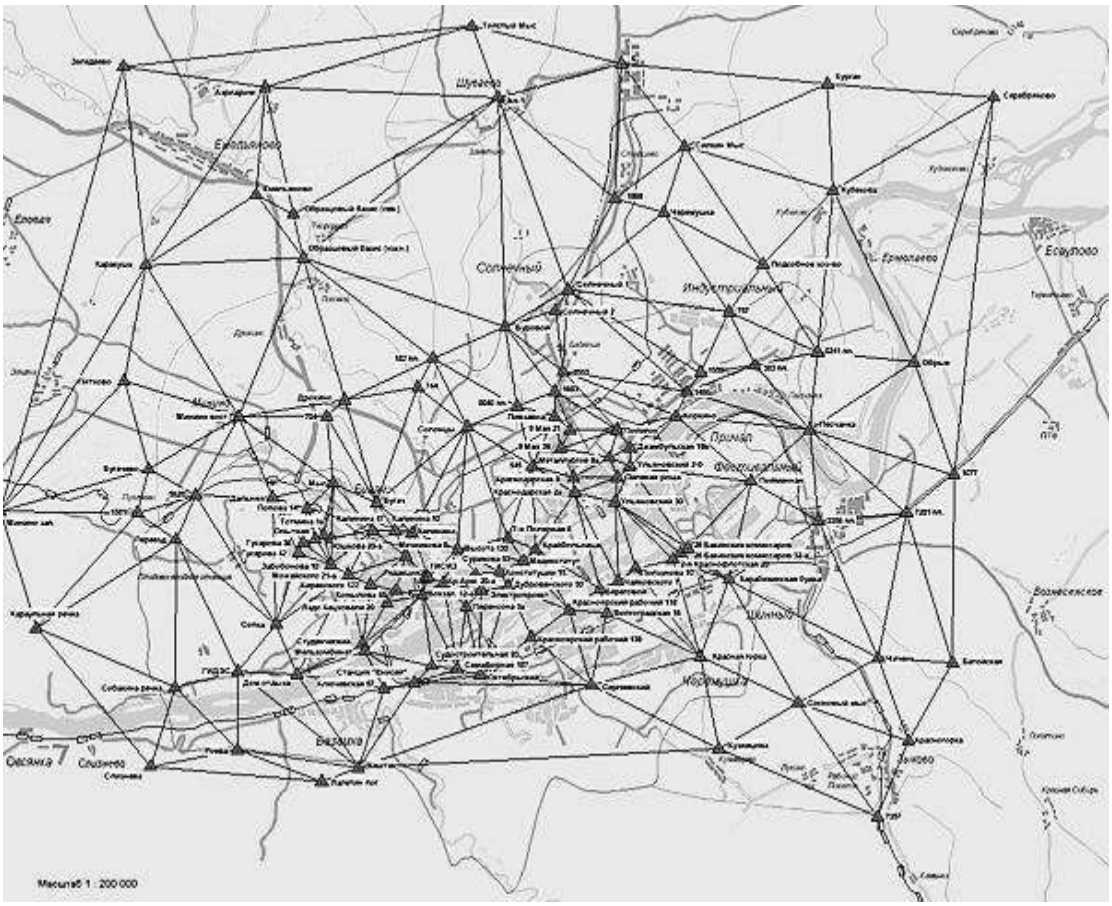


Рис. 8.1. Пример геодезической сети

Способы создания плановых геодезических сетей

Геодезические сети строят из общего принципа геодезии – *от общего к частному.*Одной из главных задач геодезии является определение с заданной точностью координат сравнительно небольшого числа специально закрепленных на земной поверхности точек – геодезических пунктов.

Геодезический пункт состоит из центра (рис. 8.2), которыйявляется носителем координат, и геодезического знака (рис. 8.3), который обозначает положение центра на местности и обеспечивает взаимную видимость смежных пунктов сети. Центр должен для надежно и долговременно сохранять неизменным положение своей основной детали – марки центра (рис. 8.4), к метке которой относятся координаты пункта.

Систему геодезических пунктов, положение которых определено в общей для них системе геодезических координат, называют плановой геодезической сетью.

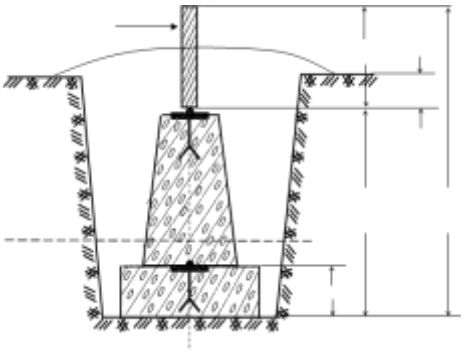


Рис. 8.2. Центр геодезического пункта

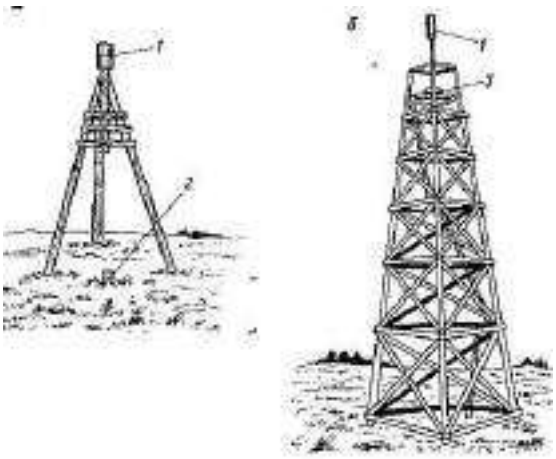


Рис. 8.3. Геодезические знаки:1 – пирамида; 2 – сигнал



Рис. 8.4. Геодезическаямарка

Для определения координат пунктов сети между ними измеряют расстояния и углы. Отрезки линий, ограниченные геодезическими пунктами, вдоль которых измеряется длина или направление, называют *сторонами сети*.Каждый следующий пункт геодезической сети, начиная со второго, должен быть связан с предшествующими пунктами не менее чем двумя измеренными элементами (горизонтальными углами, длинами сторон, дирекционными углами).

Геодезическую сеть создают таким образом, чтобы ее стороны образовывали простые геометрические фигуры, удобные для решения, то есть определения всех их элементов, а по ним – координат вершин.

Наиболее простой и удобной для вычислений фигурой является треугольник (рис. 8.5).

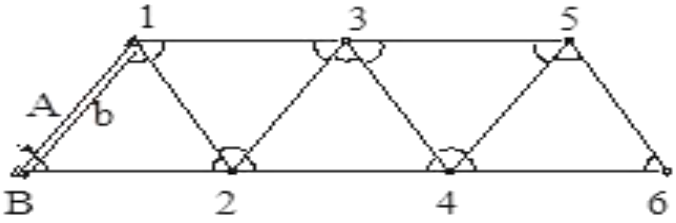


Рис. 8.5. Построение сети в виде системы треугольников

Зная два любых его элемента всегда можно вычислить все остальные. Кроме того нам известна теоретическая сумма внутренних углов фигуры, равная 180°, что обеспечивает контроль угловых вычислений. Различают три основных метода построения плановых геодезических сетей.

Методы создания геодезических сетей

Триангуляция– это построение геодезической сети в виде системы треугольников(рис. 8.6), в которых измерены углы и некоторые стороны,

A_1C_1

называемые базисными, или просто базисами ( ).

В основе метода триангуляции лежит решение треугольника по стороне и двум углам – теорема синусов.

Многократное последовательное применение этой теоремы к треугольникам триангуляционной цепи, в которой каждый последующий (i + 1)-й треугольник связан с предшествующим i-м общей стороной (рис. 8.6), приведет к следующим вычислениям:

$$a_n = b\frac{\sin A_1 \sin A_2 \dots \sin A_n}{\sin B_1 \sin B_2 \dots \sin B_n}; \quad c_n = a_{n-1}\frac{\sin C_n}{\sin B_n},$$

где a_n – связующая, c_n – промежуточная стороны i-го треугольника.

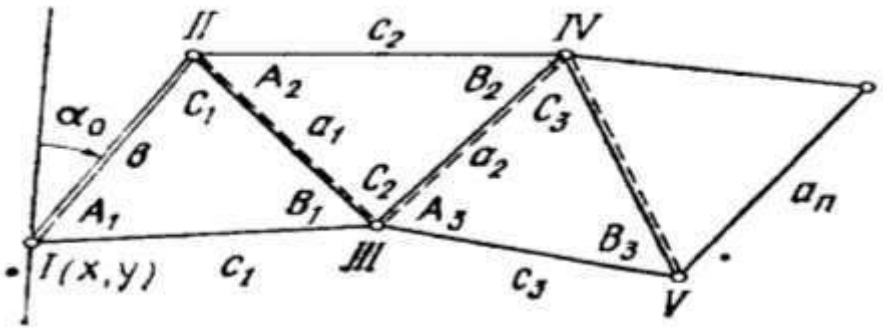


Рис. 8.6. Ряд триангуляции

Полигонометрия– это построение геодезической сети путем измерения расстояний и углов между пунктами хода. В полигонометрии система геодезических пунктов образует полигон-многоугольник, который может быть замкнутым или разомкнутым (рис.8.7).

Измеряемыми элементами являются стороны полигона и его углы.

Дирекционные углы сторон вычисляются относительно известного дирекционного угла исходного направления.

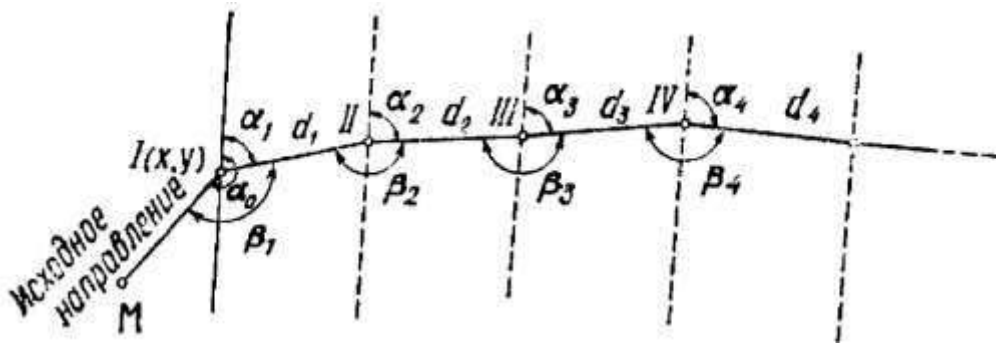


Рис. 8.7. Разомкнутый полигонометрический ход

Трилатерация - это построение геодезической сети в виде системы треугольников, в которых измерены все их стороны.

Метод трилатерации основан на возможности решения треугольника по трем его сторонам **a, b, c.** Углы при этом определяются по теореме косинусов. Например, для угла А между сторонами **b** и **c** можно записать:

$$\cos A = \frac{(c^2 + b^2 - a^2)}{2bc}.$$

Возможно построение плановой геодезической сети комбинированием всех трех методов.

При построении и развитии геодезических сетей выполняют целый комплекс работ. Начинаются они с разработки проекта геодезической сети, который выполняют по топографическим картам и планам крупных масштабов. При этом в каждом районе, в зависимости от местных условий,

построение геодезической сети планируется вести теми методами, которые дают наибольшую экономию сил и денежных средств.

Составленный проект геодезической сети уточняют на местности в отношении расположения пунктов, высот наружных знаков и способа закрепления центров. Этот вид работ называется *рекогносцировкой*.

Закрепление геодезических пунктов

Для закрепления пунктов на местности *закладывают центры* и *строят знаки*. Знак геодезического пункта имеет двойное назначение: во-первых, на его столике устанавливают прибор для измерения углов (расстояний); во-вторых, верхняя часть знака (визирная цель) служит для наблюдения (наведения приборов) с других пунктов (рис. 8.8). Сложность этой работы усугубляется тем, что центры визирного приспособления и столика должны лежать на отвесной линии, проходящей через метку марки, которая является центром пункта. Пункты государственной геодезической сети охраняются государством (рис. 8.9).

После завершения строительных работ наступает наиболее ответственный этап полевых работ: выполняют измерения углов и длин сторон.

Заканчиваются работы по построению геодезических сетей математической обработкой результатов измерений, вычислениями координат и составлением каталога координат пунктов геодезической сети.

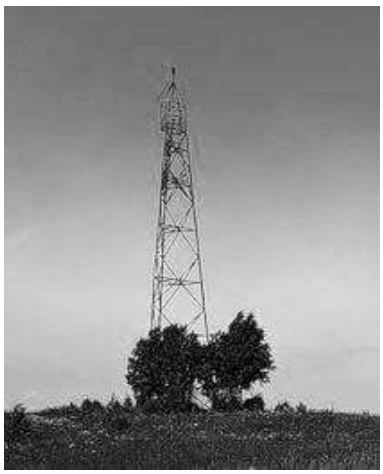


Рис. 8.8. Геодезический сигнал



Рис. 8.9. Охранная табличка

Основное назначение *высотных (нивелирных) сетей* — задание с высокой точностью высот (отметок) пунктов земной поверхности, относительно которых в дальнейшем производятся высотные измерения.

На всей территории страны вычисление высот производится в нормальной системе высот от нуля Кронштадтского футштока. Эта система называется Балтийской. Сведения о нулевой отметке Кронштадтского футштока изложены в *лекции 2*.

Основным назначением пунктов высотной сети является сохранение неизменным своего высотного положения относительно уровенной поверхности, то есть своей абсолютной отметки.

Геодезический знак, специально предназначенный для долговременного и надежного закрепления на местности высоты (отметки), называют ***репером***. Закрепляют реперы аналогично пунктам геодезических сетей. На репер могут быть переданы и плановые координаты, но основное назначение репера – это *сохранение высоты относительно уровня моря*. Таким образом, *геодезическая высотная сеть* есть *совокупность реперов и геодезических пунктов, для которых определены высоты.*

Государственная геодезическая сеть

*Государственной геодезической сетью*называют геодезическую сеть, обеспечивающую распространение координат и высот на территории государства и являющуюся исходной для построения других геодезических сетей.

Государственная геодезическая сеть (**ГГС**) России является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов и должна удовлетворять требованиям народного хозяйства и обороны страны при решении соответствующих научных и инженерных задач. Для этого геодезические сети должны покрывать всю территорию страны сплошь с необходимой густотой и точностью определения положения пунктов.

Построение и поддержание в надлежащем состоянии геодезических сетей у нас в стране – задача государственной топографо-геодезической службы.Государственные геодезические сети делятся на*плановые и высотные*.

Государственная плановая сеть подразделяется на сети 1, 2, 3 и 4-го классов, которые различаются между собой точностью угловых и линейных измерений, длиной сторон и плотностью пунктов.

Государственная геодезическая сеть 1-го класса строится в виде полигонов периметром 800–1000 км, образуемых триангуляционными, полигонометрическими или трилатерационными звеньями длиной порядка 200 км. Звенья располагаются, по возможности, вдоль меридианов и параллелей (рис. 8.10). Звено триангуляции (трилатерации) состоит из треугольников, близких к равносторонним.

На концах звеньев триангуляции 1-го класса измеряют длины базисных сторон, которые опираются на так называемые пункты Лапласа (см. рис. 8.10).

Пункты Лапласа– это пункты, долгота и широта которых найдены из астрономических наблюдений. Азимут базисной стороны также определяется в результате астрономических наблюдений. Это необходимо для переноса сети на поверхность референц-эллипсоида и для погашения погрешностей, которые накапливаются при вычислении звеньев.

Геодезическую сеть, имеющую пункты с определенными на них астрономическим путем координатами и азимутами (отмечены звездочками), *называют астрономо-геодезической сетью.*

Проект государственной астрономо-геодезической сети был предложен и разработан профессором Московского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (МИИГАиК) Ф.Н. Красовским.

Работы по созданию государственной плановой сети на всей территории страны были в основном закончены к 1989 году.

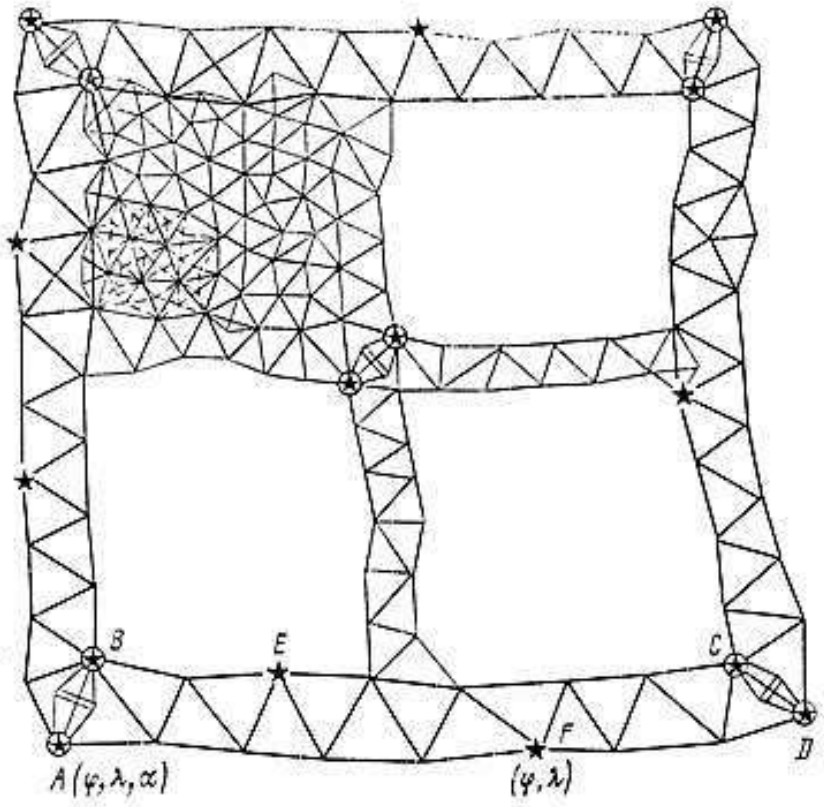


Рис. 8.10. Схема развития ГГС

В сетях триангуляции 1-го класса стороны треугольников составляют от 20 до 25 км. Допустимая погрешность в определении углов треугольника 0,7 секунды. Ошибки в определении длин сторон треугольников допускаются в пределах 7–10 см, то есть не более 1/400 000. Общая погрешность в звене триангуляции длиной 200 км не превышает 0,6 м.

Государственная геодезическая сеть 2-го класса строится внутри полигонов 1-го класса в виде сплошной триангуляционной сети (см. рис.8.10) или в виде пересекающихся ходов полигонометрии.

Стороны треугольников 2-го класса имеют в длину от 7 до 20 км, в среднем 13 км. Углы измеряются со средней квадратической ошибкой, не превышающей **1″**.

Сеть 2-го класса, в свою очередь, заполняется сетями триангуляции 3-го и 4-го классов. Длины сторон треугольников 3-го класса составляют 5–8 км, а 4-го класса – 2–5 км. Углы измеряются со средней квадратической ошибкой, не превышающейна пунктах 3-го класса –1,5″, а 4-го класса –2″.

Изложенный выше принцип построения геодезических сетей называется «*от общего к частному*». Требования к точности измерения горизонтальных углов и расстояний в триангуляции приведены втабл.8.1.

Таблица 8.1

Точность измерения горизонтальных углов ирасстояний в триангуляции

Класс сети	Средняя квадратическая ошибка измерения углов, (угловые секунды)	Относительная ошибка базисных сторон	Длина стороны треугольника, км
1	0,7	1:400 000	>20
2	1,0	1:300 000	7...20
3	1,5	1:200 000	5...8
4	2,0	1:200 000	2...5

Наряду с методом триангуляции государственная геодезическая сеть может строиться методами полигонометрии или трилатерации.

Полигонометрия 1-го класса строится в виде замкнутых полигонов. Полигонометрия 2-го класса строится внутри полигонов триангуляции или полигонометрии 1-го класса в виде сети замкнутых полигонов. Пункты полигонометрии 3-го и 4-го классов определяются относительно пунктов полигонометрии или триангуляции высших классов проложением одиночных ходов или систем ходов, образующих узловые пункты.

Основные характеристики полигонометрии различных классов приведены в табл.8.2.

Таблица 8.2

Основные характеристики полигонометрии различных классов

Класс сети	Средняя квадратическая ошибка измерения углов, (угловые секунды)	Относительная ошибка стороны хода	Длина стороны хода, км
1	0,4	1:300 000	>20...25
2	1,0	1:250 000	7...20

3	1,5	1:200 000	>3
4	2,0	1:150 000	>2

Геодезические сети сгущения

Геодезическая сеть, которая развивается на основе геодезической сети более высокого порядка, называется *геодезической сетью сгущения*(ГСС).Если целью создания ГГС является обеспечение территории государства геодезическими пунктами, то сети сгущения создают для сопровождения инженерных работ и геодезического обоснования топографических съемок масштаба 1:500 – 1:5 000.

Сети сгущения создаются методами триангуляции и полигонометрии. По точности измерения углов и расстояний полигонометрия ГСС бывает 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов (табл.8.3). Следует отметить, что измерения в 4-м классе полигонометрии сетей сгущения выполняются меньшей точностью, чем в 4-м классе ГГС.

Таблица 8.3

Точность измерения углов и длин сторон в полигонометрии 4-го класса, 1-го, 2-го разрядов

Класс или разряд сети	Средняяквадратичская ошибка измерения углов,(угловые секунды)	Относительная ошибка измерения сторон	Длина стороны хода, км
4-й класс	3,0	1:25 000	2,0–0,25
1-й разряд	5,0	1:10 000	1,0–0,12
2-й разряд	10,0	1:5 000	0,35–0,08

Геодезические съёмочные сети

*Съемочной геодезической сетью*называют геодезическую сеть сгущения, создаваемую для производства топографических съемок. Съемочную сеть часто называют съемочным обоснованием.Съемочные геодезические сети отличаются от геодезических сетей сгущения, рассмотренных ранее, во-первых, меньшей точностью (в 2–3 раза), и во-вторых, бóльшим числом пунктов на единицу площади (в 3–10 раз). Например, густота пунктов при масштабе топографической съемки 1:5000 должна быть не менее 4 пунктов на 1 км^2, при масштабе 1:2000 – не менее 12, а при 1:1000 – не менее 16 пунктов.

Определение координат пунктов съемочных сетей выполняют методами полигонометрии. Ходы плановых съемочных сетей, развиваемые методом полигонометрии, называют теодолитными ходами.

Теодолитные ходы подразделяют на замкнутые (полигоны), разомкнутые и висячие (рис.8.11). Замкнутые теодолитные ходы начинаются и

заканчиваются на одном из пунктов опорной геодезической сети и представляют собой многоугольники, в которых углы измерены теодолитом полным приемом, а длины сторон – землемерной лентой или рулеткой.

Допустимая угловая невязка в таком ходе,

где t – точность отсчетного устройства; n – число углов (сторон) полигона.

Допустимая линейная невязка:

,

где Р– периметр полигона.

Допустимые длины ходов зависят от масштаба съемки, не должны превышать 6 км при масштабе съемки 1:5000.

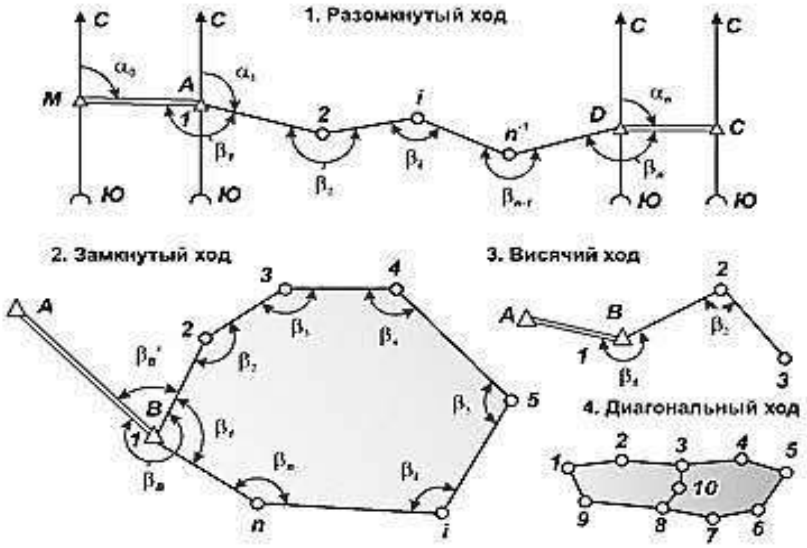


Рис. 8.11. Виды теодолитных ходов

Разомкнутые теодолитные ходы начинаются и заканчиваются на разных пунктах опорных геодезических сетей, а висячий ход одним концом опирается на пункт опорной геодезической сети, другой его конец – свободный. Длина висячего хода не может быть более 1/10 допустимой длины полигона и не должна иметь более трех углов поворота.

Пункты съемочной сети закрепляют на местности в основном временными знаками: металлическими костылями, штырями и трубами, деревянными столбами и кольями. Установленный знак должен иметь фиксированную точку (гвоздь в коле или столбе, насечку на металлических знаках) и, кроме того, должен быть окружен канавкой.

Высотные отметки на точки съемочных сетей обычно передают тригонометрическим нивелированием. Для этого на точках хода одновременно с измерением горизонтальных углов также измеряют и вертикальные углы.

Если высотные отметки передаются геометрическим нивелированием – то работы выполняются в соответствии с требованиями технической точности. Точность технического нивелирования характеризуется невязкой хода, которая не должна быть больше $\Delta h = \pm 50\sqrt{L}$, мм, где L – длина хода, км.

Геодезические знаки и центры для пунктов триангуляции

Туры. В высокогорных и горных (не покрытых лесом) районах с открытым горизонтом и скальными грунтами устанавливают туры, представляющие собой каменные, кирпичные, бетонные или железобетонные столбы, возводимые над маркой, заложенной в скалу (рис. 8.12). Размеры их таковы: сечение фундамента 0,7 х 0,7 м, части, выступающей над поверхностью земли, 0,5 х 0,5м, высота 1,20 м.

В верхнюю грань тура и поверхность фундамента строго над первой маркой закладывают вторую и третью марки.

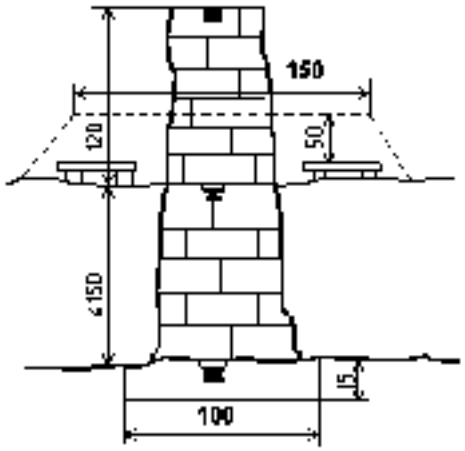


Рис. 8.12. Конструкция тура

Визирные приспособления крепят либо на специальных деревянных или металлических пирамидах, устраиваемых над туром, либо непосредственно на марке тура. Туры могут заменяться деревянными или металлическими штативами, устанавливаемыми над маркой центра.

Простые пирамиды строят в открытых, всхолмленных и горных безлесных районах, где видимость на смежные пункты открывается с земли и визирный луч проходит на установленной высоте над препятствием. Они бывают трехгранными и четырехгранными и разделяются на простые пирамиды, пирамиды со штативом и пирамиды с вехой (рис. 8.13).

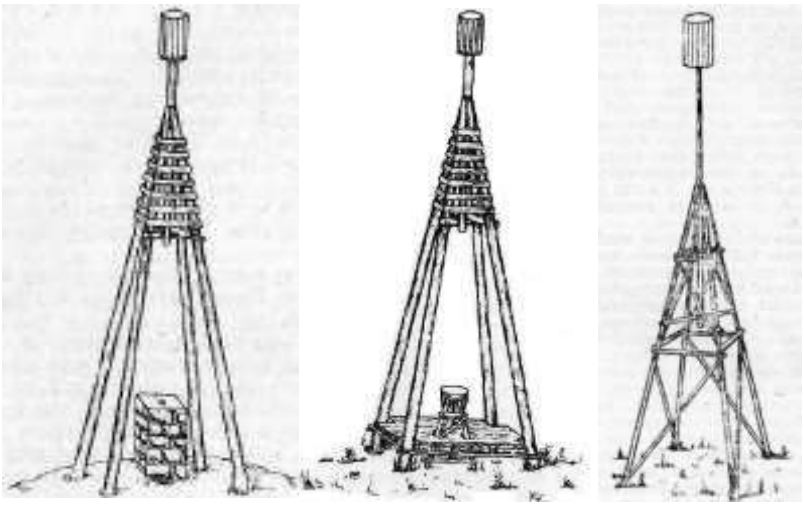


Рис. 8.13. Пирамиды

Общая высота (до верха визирной цели) простых пирамид и пирамид со штативом колеблется от 6 до 10 м. Сторона основания у них равна 1/3 высоты. Высота штатива над помостом 1,20 м. У пирамиды-вехи высота визирной цели над стыком основных столбов не должна превышать 5 м. Общая же высота может доходить до 20 м.

Простые сигналы состоят из двух строго изолированных друг от друга пирамид: внутренней, являющейся подставкой для инструмента, и наружной, несущей платформу для наблюдателя и визирную цель (рис. 8.14). Простые сигналы строят высотой от 4 до 10 м, а сторона их основания равна 1/5 высоты до площадки наблюдателя плюс 2,0 м. Наружные пирамиды, как правило, четырехгранные, внутренние – трехгранные. Высота столика для инструмента над площадкой устанавливается в 1,20 м.

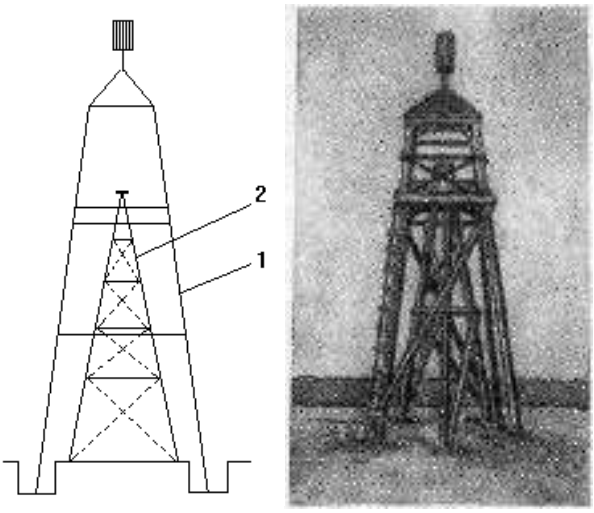


Рис. 8.14. Простой сигнал:1 – наружная пирамида; 2 – внутренняя пирамида

Сложные сигналы. Сигналы высотой от 11 до 40 м строят в виде сложных трехгранных сигналов (до 1959 г. сигналы высотой свыше 13 м строились сложными четырехгранными), а свыше 40 м – в виде сложных четырехгранных сигналов с промежуточными столбами.

Сложные сигналы представляют собой единую конструкцию, в которой внутренняя (инструментальная) пирамида, несущая столик для инструмента, не изолирована от наружной, а опирается на основные столбы последней двумя ярусами ниже площадки для наблюдателя (рис.8.15).

Ширина основания сложных сигналов равняется 1/4 его высоты до площадки наблюдателя плюс 2,0 м. Высота столика для инструмента над площадкой равна 1,20 м.

При постройке сигнала особое внимание следует обращать на прочность изготовления инструментального столика и внутренней пирамиды, а также на полную ее изолированность от лестниц и площадки для наблюдателя.

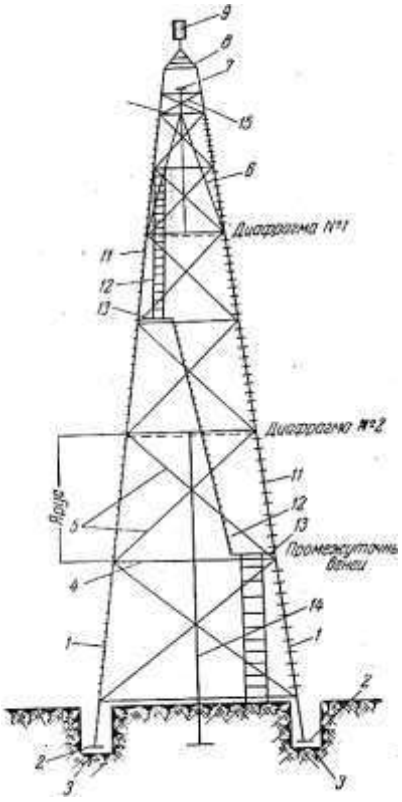


Рис. 8.15. Сложный сигнал

Сигналы строят из круглого леса хвойных пород. Для обшивки сигнала и изготовления второстепенных деталей, а также для изготовления простых пирамид разрешается применять и более слабые породы лиственного леса (осину, березу). Простые пирамиды и простые сигналы строят также из металла (уголкового железа или стальных труб).

Основными частями сложного сигнала являются (см. рис.8.5): основные столбы (1) с якорями (2) и настилом под столбы; подушки(3); венцы (4), определяющие число ярусов сигнала; крестовины (5); инструментальная пирамида (6) со столиком для инструмента (7); крыша или головная пирамида (8); визирный цилиндр (9); площадка для наблюдателя (10) с перилами (15); «шведские» (11) и приставные (12) лестницы; переходныеплощадки (13). Трехгранные сложные сигналы, начиная с 16-метровых, строятся с промежуточными столбами (14). Для повышения жесткости и устойчивости сигнала через каждые два яруса на венцах крепят диафрагмы, начиная с 20-метровых сигналов, на первом ярусе дополнительноустраивают промежуточный венец.

Основным типом предметной визирной цели являются малофазные визирные цилиндры В.Н. Шишкина, строящиеся в виде цилиндров с радиально направленными пластинами (рис. 8.16). Расстояние от крыши сигнала до основания визирного цилиндра должно быть равно 0,8–1,0 м.

Визирные цилиндры крепят на болванку, установленную строго вертикально,симметрично относительно ее геометрической оси, и окрашивают матовой масляной краской черного или белого цвета.

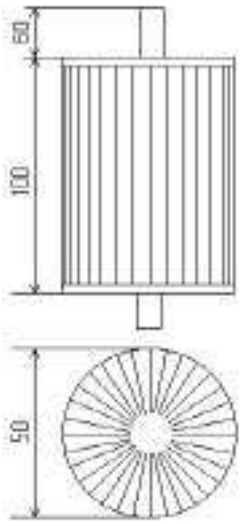


Рис. 8.16. Малофазный визирный цилиндр конструкции В.Н. Шишкина

В производстве применяются и другие типы малофазных визирных целей, в частности в виде окрашенной черной и белой красками болванки диаметром 10–15 см, выступающей на 1,5 м над крышей сигнала, с опознавательным цилиндром наверху. В отдельных случаях (в триангуляции 1 класса, на длинных сторонах) применяются световые визирные цели.

Визирная цель должна удовлетворять следующим требованиям:

- форма, размеры и окраска визирной цели должны быть такими, чтобы можно было уверенно опознавать ее и точно наводить на нее зри-

тельную трубу при расстояниях, соответствующих классу геодезической сети;

- визирная цель должна быть установлена вертикально, причем так, чтобы ее геометрическая ось проходила через марку подземного центра пункта;

- по конструкции визирная цель должна быть мало фазной, то есть такой, чтобы систематические ошибки при угловых измерениях, возникающие из-за различия освещенности ее поверхности лучами Солнца, были близки к нулю.

Визирные цилиндры Шишкина позволяют уменьшить ошибки за фазы визирных целей (из-за различия освещенности цели) до 0,2–0,4".

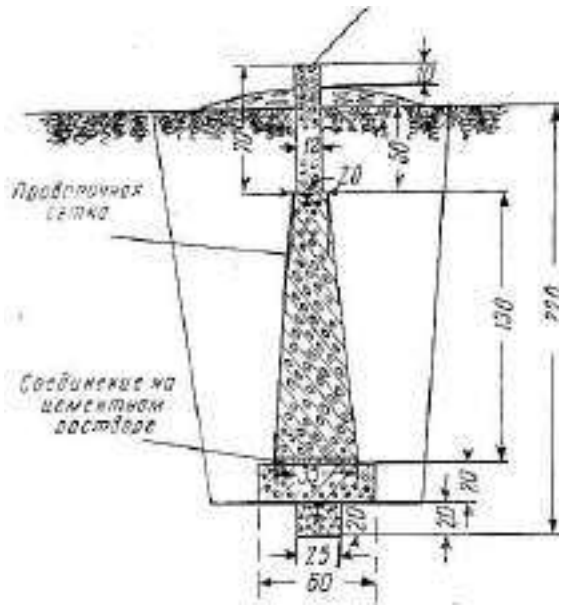
Типы закладываемых центров зависят от физико-географических условий района работ, особенно от состава грунта и глубины промерзания почвы. Их изготовляют либо из бетона, либо из металлических труб, заполненных бетонным раствором и надежно защищенных от действия коррозии.

В бетонные блоки или трубы заделывают специальные чугунные марки с полусферической головкой, в центре их находится отверстие или крест, обозначающие точку, к которой приводятся все угловые и линейные измерения.

Как правило, в применяемых в настоящее время конструкциях центров имеются две марки: одна в основании, другая – в верхней части центра. Верхние марки базисных пунктов имеют бронзовые или латунные вкладыши с насеченным на них крестом.

Оси всех марок центра должны находиться на одной отвесной линии. Если верхние марки не имеют номера, то у бетонных центров при изготовлении на верхней грани ставится порядковый номер.

Тип 1.Центр геодезического пункта для районов неглубокого промерзания грунта (до 1,5 м от поверхности земли, а в сухих грунтах с глубоким залеганием грунтовых вод и более), состоящий из трех бетонных монолитов (рис. 8.17). Верхняя марка после закладки центра находится на глубине 50 см от поверхности земли. Нижний же монолит закладывается на 50 см ниже глубины наибольшего промерзания грунта. Над центром



устанавливается опознавательный бетонный столб, который должен выступать над землей на 10 см.

Рис. 8.17. Конструкция центра,тип 1

Тип 2. Центр геодезического пункта для районов глубокого промерзания грунта (свыше 1,5 м).Он также состоит из трех частей и отличается от типа 1 размерами железобетонного пилона, зависящими от глубины промерзания грунта (рис. 8.18).

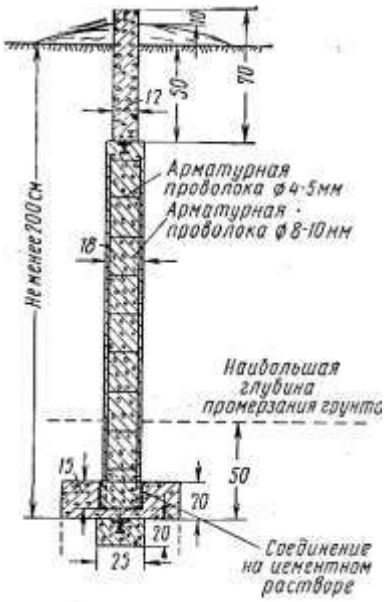


Рис. 8.18. Конструкция центра, тип 2

Тип 3. Центр геодезического пункта для труднодоступных районов с сезонным промерзанием грунта.Такие центры изготовляют преимущественно из труб с металлическим или бетонным якорем у основания, толщиной 6–8 мм – у металлического и 20 см – у бетонного. К верхнему концу трубы приваривается марка (рис. 8.19).

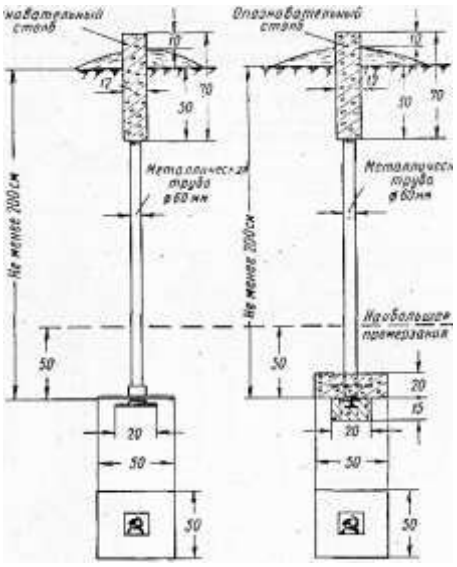


Рис. 8.19. Конструкция центра,тип 3

Тип 4.Центры геодезических пунктов для скальных грунтов.Если скала залегает на глубине до 0,6 м, то центр состоит из марки, закрепляемой цементным раствором в скале, и бетонного опознавательного столба (рис. 8.20,а).

Если скала залегает на глубине 0,6–0,8 м, то центр состоит из марки, заделываемой в скалу, бетонного монолита с маркой и бетонного опознавательного столба (рис. 8.20,б).

При глубине залегания скальных пород 0,8–1,8 м центр состоит из марки, заделываемой в скалу, бетонного якоря, железобетонного пилона с маркой в верхнем срезе и опознавательного столба (рис. 8.20,в).

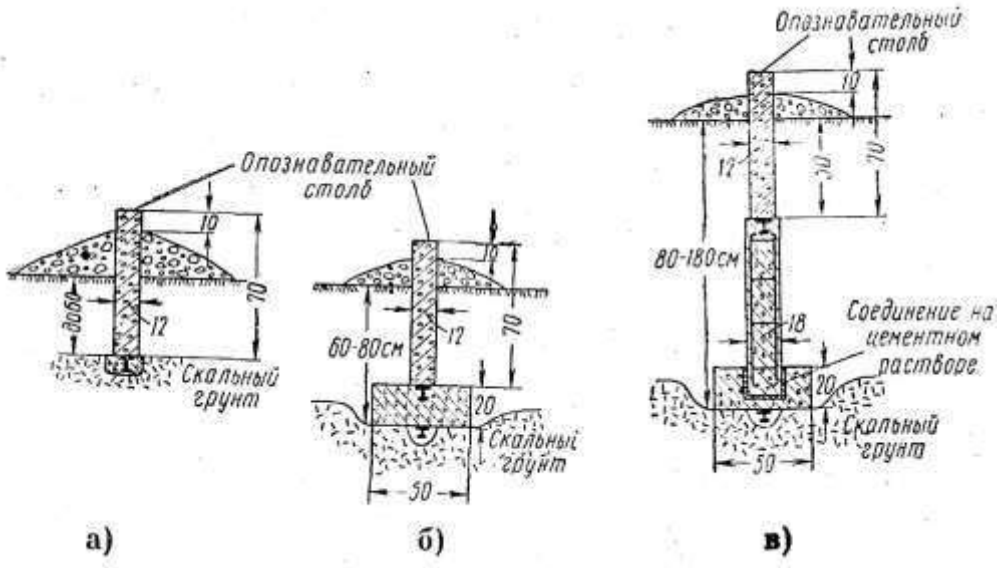


Рис. 8.20. Конструкция центров,тип 4

Типы 5, 6, 7, 8. Центры геодезических пунктов для районов многолетней мерзлоты (рис. 8.21).

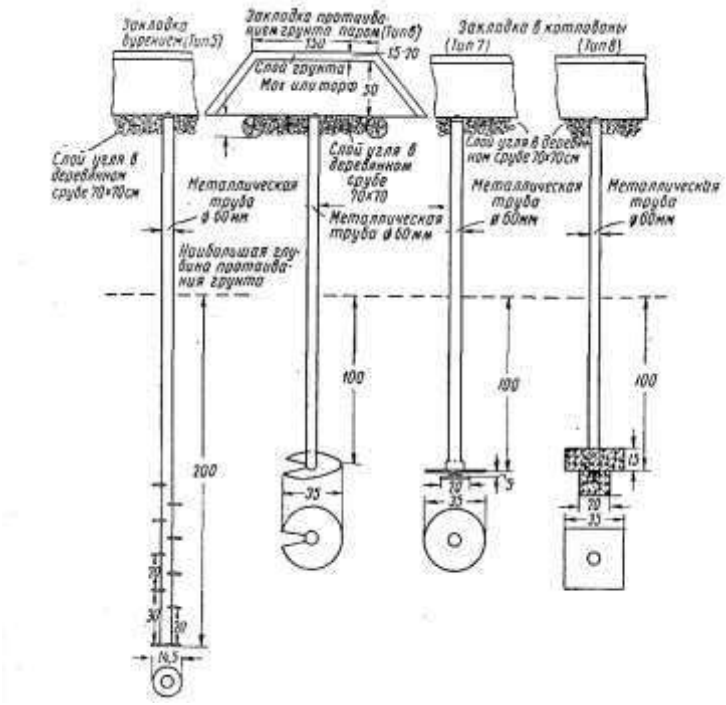


Рис. 8.21. Конструкция центров,типы 5–8

ЛЕКЦИЯ 9

Тема 9.1. Виды топографических съемок. Создание геодезического обоснования для топографических съемок.Краткие сведения из теории ошибок

Горизонтальная съемка местности

Съемки местности разделяются на горизонтальные и вертикальные.

В результате горизонтальной съемки определяют положение точки в плане или в горизонтальной плоскости. Положение точки в горизонтальной плоскости определяется, прежде всего, плоскими прямоугольными координатами (Х, У), также может определяться с помощью линейных и угловых измерений относительно точек и отрезков с известными координатами (рис. 9.1).

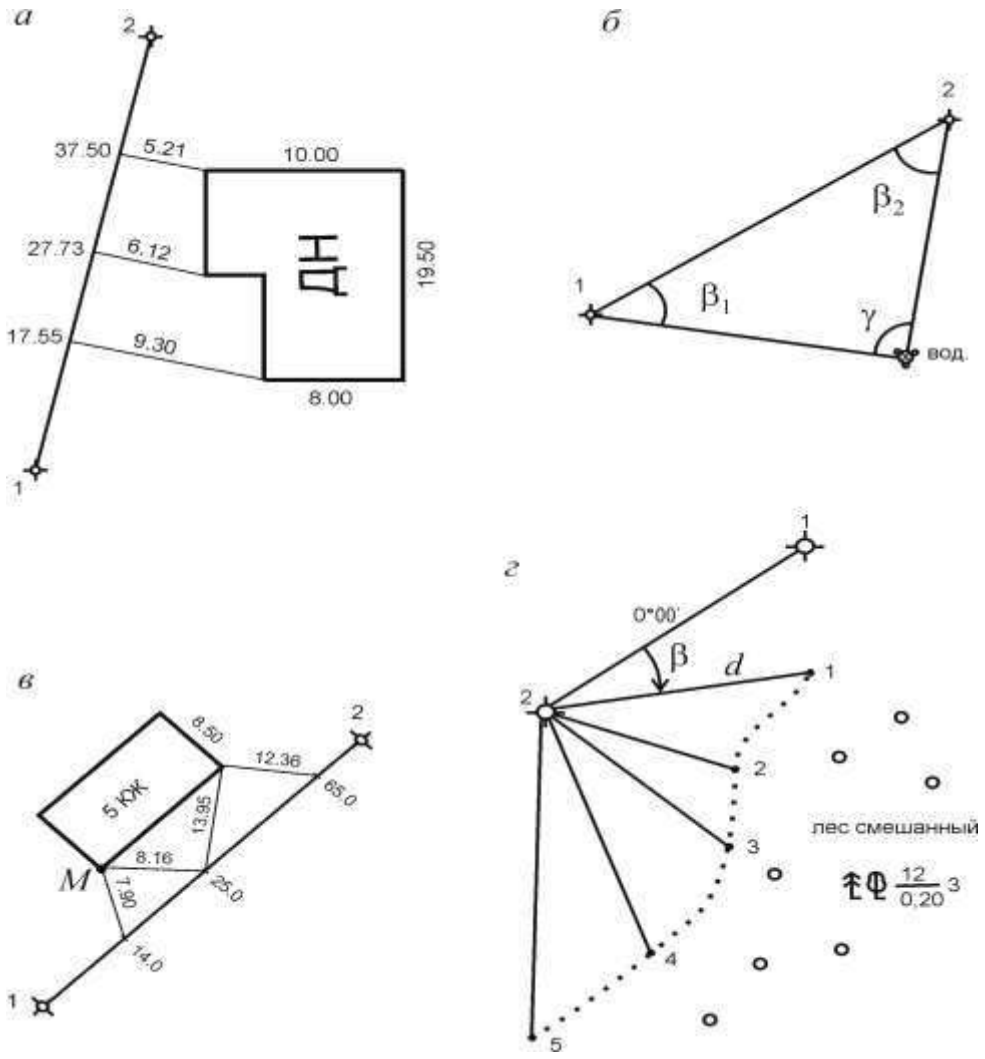


Рис. 9.1. Горизонтальная съемка

На рисунке показаны следующие способы съемок: линейные промеры (рис. 9.1,а); линейная засечка (рис. 9.1, в); угловая засечка (рис. 9.1,б); полярный способ(рис. 9.1,г).

Вертикальная съемка местности

В результате вертикальной съемки определяют положение точки в вертикальной плоскости или высотную отметку точки. Высотные отметки определяются методом нивелирования (геометрического или тригонометрического).Предварительно на местности разбивается сетка квадратов или прямоугольников с длиной стороны 20–40 м. Вершины фигур закрепляются кольями. Пример рельефа, построенного по результатам вертикальной съемки, показан на рис.9.2.

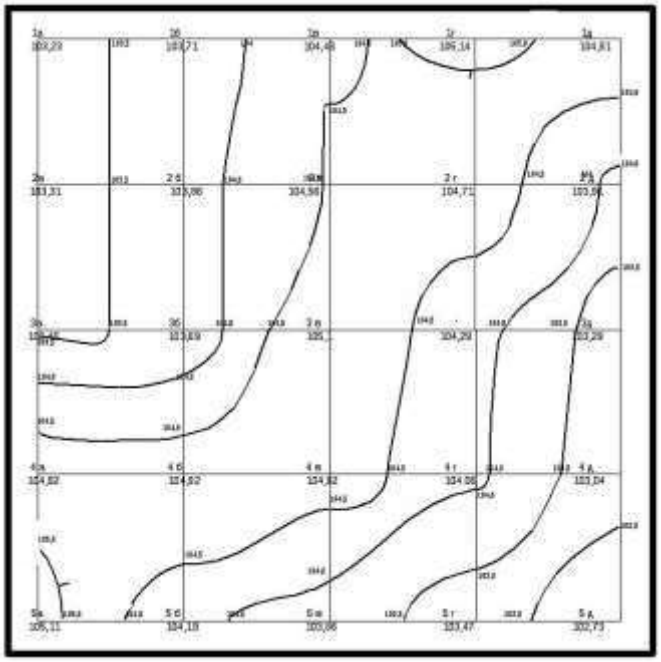


Рис. 9.2. Горизонтальная съемка местности

Теодолитная и топографическая съемки

*Теодолитной съемкой*называют процесс получения контурного плана местности при помощи теодолита и мерной ленты (рулетки). При этом рельеф на плане не изображается. Поэтому теодолитную съемку также называют *горизонтальной съемкой*.

Теодолитная съёмка применяется на равнинной местности, для составления планов в крупном масштабе (1:200, 1:500, 1:1000), на застроенной территории, когда положение контуров застройки и коммуникаций необходимо зафиксировать с повышенной точностью.

Чаще всего нас интересует как положение контуров или предметов на местности, так и рельеф местности. Ответ на этот вопрос дает *топографическая съемка*, в процессе которой положение точек определяют в трехмерном пространстве, то есть в плане и по высоте. Наиболее распространенным способом топографической съемки для участков с ограниченной площадью является *тахеометрическая съемка*, которая будет рассмотрена в дальнейшем.

Создание геодезического обоснования для топографических съемок

Теодолитные ходы.Для того чтобы выполнять топографическую съемку на местности необходимо создать сеть опорных точек, положение которых определено в принятой системе координат и высот. Точки должны быть надежно закреплены на местности и хорошо опознаваться. Между смежными точками должна быть обеспечена взаимная видимость.

Совокупность таких точек называется *съемочной сетью* или *опорным съемочным обоснованием.*

Нормативное количество точек съемочного обоснования на единицу снимаемой площади приведено в табл.9.1.

Таблица 9.1

Нормативная плотность точек съемочного обоснования

Масштаб съемки		1:500	1:1000	1:2000
Минимальное число точек съемочного обоснования	На 1 км^2	142	80	50
	На 1 планшет (50х50 см)	9	20	50

При топографической съемке съемочная сеть строится в виде теодолитных ходов. Теодолитные ходы могут быть замкнутыми (рис. 9.3), разомкнутыми, диагональными, свободными (висячие).

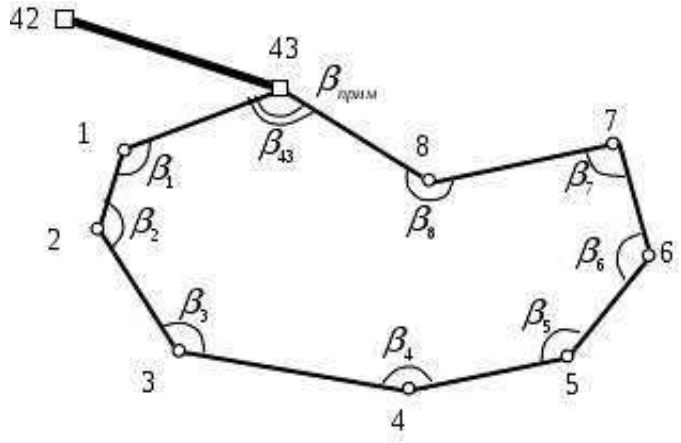


Рис. 9.3. Схема теодолитного хода

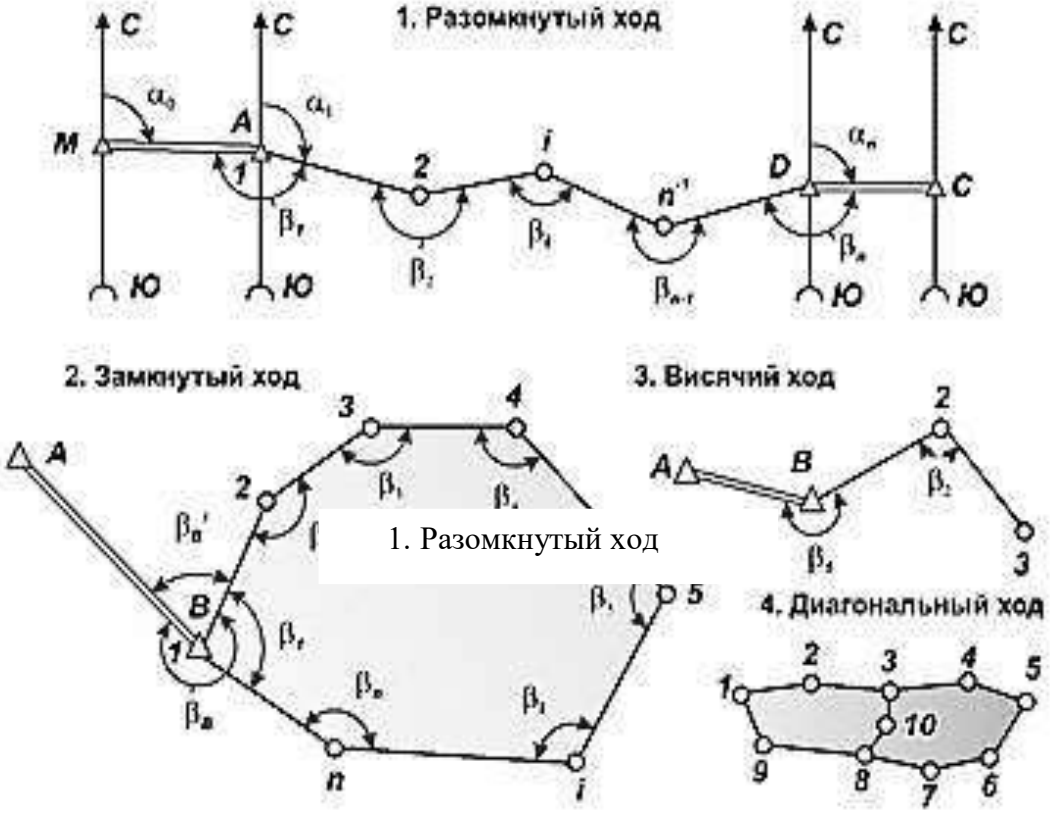
Теодолитный ход представляет собой ломаную линию, вершины которой закрепляют на местности. В ходах измеряют горизонтальные углы между сторонами хода и длины сторон.

Требования к теодолитным ходам.

1. Для закрепления точек выбирают возвышенные площадки с твердым (не заболоченным) грунтом, а также на переломах рельефа. С точки должна обеспечиваться хорошая видимость на соседние (смежные) точки хода и на местность, чтобы удобно было вести съемку.

2. Стороны хода должны, по возможности, проходить по ровным линиям местности для удобства линейных измерений мерной лентой. Длина сторон хода от 50 до 350 м. Следует избегать применения линий менее 100 м и углов менее 5°.

3.Теодолитные ходы (рис. 9.4)должны прокладываться так, чтобы была возможность осуществления контроля. Для этого ходы прокладывают между двумя точками с известными координатами (разомкнутые ходы), замкнутыми – с опорой на одну известную точку и дирекционное направление, диагональные и свободные (или висячие).



1. Разомкнутый ход

2. Замкнутый ход

3. Висячий ход

4. Диагональный ход

Рис. 9.4. Схемы теодолитных ходов

Висячие ходы ограничивают по протяженности или количеству сторон (не более двух). Такое ограничение введено для того, чтобы ограничить накопление ошибок измерений. В замкнутых и разомкнутых ходах накопление ошибок контролируется и устраняется

Порядок производства работ
при прокладке теодолитных ходов

Работы по проложению теодолитных ходов выполняются в следующей последовательности.

1. *Камеральная подготовка*.Состоит из изучения задания на съемку, подбора и изучения имеющегося картографического материала, плановой

и высотной основы, изучения географического описания района работ и составления проекта работ.

2. *Рекогносцировка.*Проводится на местности. Во время рекогносцировки отыскиваются существующие пункты плановой и высотной сети, выбираются места для закрепления точек хода, проверяется взаимная видимость между точками хода.

3. *Прокладка теодолитного хода*. Прокладка хода состоит из следующих этапов:

Закрепление точек (вершин) теодолитного хода колышками и сторожками. Колышек забивается вровень с землей, центр отмечается забитым гвоздем или нарисованным крестом. Сторожек лицевой стороной обращен на колышек.

Измерение горизонтальных углов при помощи теодолита. Для измерения углов используются теодолиты с точность измерения углов 30 секунд (Т30) и точнее (Т15, Т5). Перед началом работ теодолит поверяется. *В геодезии принято измерять правые по ходу движения углы*.

*Подготовка к измерениям.*Теодолит центрируют над точкой с помощью нитяного отвеса или оптического центрира с точностью **± 5 мм** и приводят в рабочее положение. На двух вешках отмечают вязками высоту инструмента над точкой и выставляют эти вешки на смежные точки хода. Вешку устанавливают по створу линии за колышком. Высоту инструмента измеряют карманной рулеткой с точностью до 1 см и записывают в полевой журнал.

Порядок измерения горизонтального угла.Измерения начинают при положении трубы КЛ (круг лево) и выполняют в следующей последовательности:

- вращая алидаду,наблюдатель устанавливает отсчет по горизонтальному кругу близкий к нулю и закрепляет винт алидады;

- открепив зажимной винт лимба, наводит поле зрительной трубы на переднюю по ходу движения точку и закрепляет лимб;

- вращая наводящий винт лимба совмещает перекрестие сетки нитей с визирной целью (вешкой),по возможности визируют на основание вехи, чтобы уменьшить погрешность в случае наклона вехи;

- наблюдатель берет отсчет по горизонтальному кругу и диктует его помощнику (записатору), который записывает отсчет в полевой журнал (А-передний);

- наблюдатель открепляет зажимной винт алидады горизонтального круга и визирует на заднюю точку – повторяет операцию наведения, работая винтами алидады;

- наблюдатель берет второй отсчет по горизонтальному кругу и диктует его помощнику (А-задний);

- помощник записывает отсчет в полевой журнал и приступает к вычислению горизонтального угла, измеренного одним полуприемом (КЛ):

;

- наблюдатель открепляет зажимной винт трубы и переводит её через зенит – устанавливает на теодолите круг право (КП);

- открепляет зажимной винт алидады и снова визирует на переднюю точку при КП,берет отчет по горизонтальному кругу,отсчет записывает в журнал (В-передний);

- открепляет зажимной винт алидады и визирует на заднюю точку при КП, берет отчет и записывает его в журнал (В- задний);

- помощник вычисляет горизонтальный угол, измеренный вторым полуприемом:

$$\beta_{кп} = В_{пер.} - В_{задн.};$$

- сравнивают углы, полученные из полуприёмов,если расхождение не превышает 1,0 минуту, то измеренные углы усредняют и записывают в журнал окончательный результат.

Если разность между измеренными углами превышает допустимое значение (1,0 мин.),то производится повторное измерение угла. При этом первое измерение в журнале аккуратно зачеркивается. *Исправления записей в журнале не допускаются!*

Измерение вертикальных углов.Измерение вертикальных углов производится с целью определения улов наклона линий на местности или сторон теодолитного хода, которые необходимо знать для того, чтобы привести измеренные длины сторон к горизонту (на плоскость) и вычислить превышения между точками теодолитного хода – с целью передачи высотных отметок.

Порядок измерения вертикальных углов:

- исходное положение теодолита – КЛ,наблюдатель визирует на переднюю точку и наводит среднюю горизонтальную нить на верхний край повязки, которой отметили высоту инструмента (примеры правильного наведения на визирную цель показаны на рис. 9.5);

- наблюдатель берёт отсчет по вертикальному кругу, помощник записывает его в полевой журнал (КЛ);

- наблюдатель открепляет зрительную трубу и переводит её через зенит, устанавливает на теодолите положение КП;

- наблюдатель снова визирует на переднюю точку и наводит горизонтальную нить на верхний край повязки, которой отметили высоту инструмента;

- наблюдатель берёт отсчет по вертикальному кругу, а помощник записывает его в полевой журнал (КП).

- помощник наблюдателя вычисляет место нуля вертикального круга (МО):

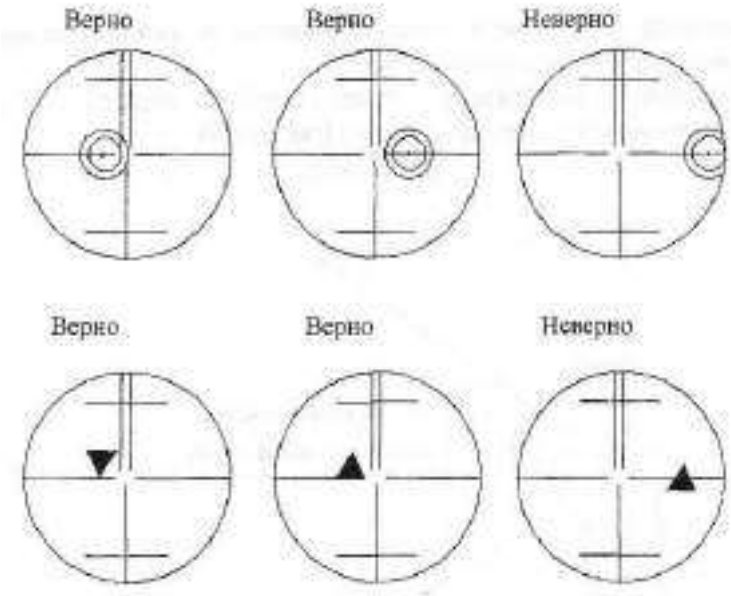


Рис. 9.5. Примеры наведения на цель

Если величина МО, полученная в результате измерения, отличается от МО, вычисленного при поверке теодолита, на более, чем на ± 2,0 минуты, то измерения удовлетворяют требованиям точности и можно вычислять вертикальный угол. *Постоянство МО при измерениях вертикальных углов является контролем качества измерений и исправности теодолита.*

Помощник вычисляет вертикальный угол:

$\nu = КЛ - Мо$

$\nu = МО - КП.$

По аналогичной схеме измеряют вертикальный угол на заднюю точку хода.

Точность измерения углов.На точность измерения горизонтальных углов влияют:

- ошибки теодолита (ошибки отсчетного устройства, погрешностьградуирования лимба и шкалы микроскопа, фокусировка трубы, эксцентриситет вращения прибора);

- точность центрирования прибора;

- точность установки визирных целей – вешек (по створу и вертикальность);

- точность взятия отсчетов (по микроскопу-оценщику).

Точность измерения углов теодолитом заложена в его отсчетное приспособление. Методика измерения угла может повысить точность измерения по отношению к точности отсчитывания. Например, точность измерения угла способом приемов $m\beta = t / 2$, где t– точность взятия отсчета.

Для теодолита типа Т30 цена деления микроскопа 10 минут, а точность отсчитывания – 01 минута (t = 01). Тогда $m\beta = \frac{01}{2} = \pm 0{,}5 = \pm 30$ (секунд).Если одну и ту же величину измерить n раз, то конечный результат будет точнее в $\sqrt{n}$ раз.

Измерение длин линий. Измерение производится стальной двадцатиметровой мерной лентой или рулеткой в прямом и обратном направлениях.

*Подготовка линии к измерению.*Перед началом измерения линия на концах линии выставляются визирные вехи. Если рельеф сложный и не обеспечивается прямая видимость, тогда для укладки меной ленты по створу по створу линии выставляют дополнительные вехи (рис. 9.6).

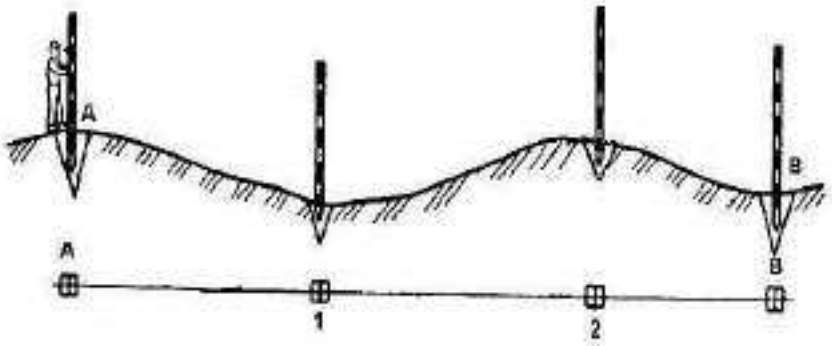


Рис. 9.6. Обозначение створа линий

*Процесс измерения.*Измерения длин линий мерной лентой выполняют два работника. Комплект шпилек – 6 штук. Работающийспереди берёт 5 шпилек. 1 шпилька остаётся у «заднего» работника. Работник сзади втыкает первую шпильку рядом с точкой*А*, зацепляет за неё конец ленты и направляет работника спереди с лентой по створу линии. Он встряхивает лену (в виде бегущей волны), натягивает её и, вставив шпильку в прорезь против переднего штриха, втыкает шпильку в землю (рис. 9.7).

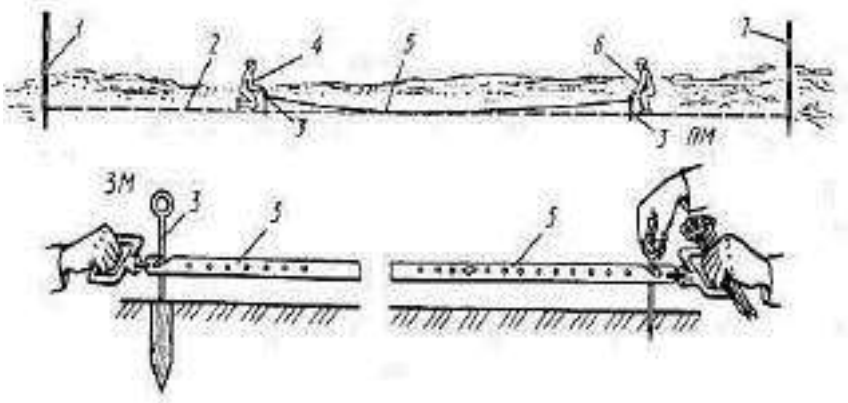


Рис. 9.7. Измерения длины линии мерной лентой

Затем работник, стоящий сзади,вынимает первую шпильку из земли и оба передвигаются вдоль линии до тех пор, пока «задний» не достигнет второй шпильки. После этого работающий сзади зацепляет ленту за вторую шпильку и действия повторяются. Когда лента достигнет точки*B*, количество шпилек у него покажет число целых лент, уложенных между точками *A* и *B*. Как правило, длина линии не соответствует целому числу лент. Отрезок между последней шпилькой и точкой*B* называют *остатком.* Остаток измеряется по ленте, уложенной от последней шпильки к концу линии (т. *B*). Отсчеты с точностью до сантиметров оценивают на глаз по дециметровому интервалу ленты.

Полная длина линии сложится из количества полных лент, умноженных на длину ленты, плюс длина остатка:

$$L = 20 \cdot n + \mathrm{c}\ ,$$

где *L*– длина лини;20 – паспортная длина ленты;n – число полных лент, *C* – длина остатка.

Для контроля линию измеряют в обратном направлении.

Линейные измерения, как и всякие другие, сопровождаются ошибками. На точность измерений и оказывают влияние характер местности, почвенный покров и точность укладки ленты по створу линии.

Точность измерений характеризуют относительной ошибкой. После того, как линия будет измерена в прямом и обратном направлениях, можно вычислить разность результатов: $\Delta L = \left(L_{\text{прямое}} - L_{\text{обратное}}\right)$. Отношение ΔL к длине линии $\left(\frac{\Delta L}{L}\right)$ называется *относительной ошибкой*. Для топографических съёмок и теодолитных ходов относительная ошибка линейных измерений не должна превышать 1/2000.

Краткие сведения из теории ошибок

Все измерения сопровождаются ошибками. Различают грубые, систематические и случайные.

Грубые ошибки – возникают в результате просчетов, сделанных наблюдателем (например – просчет на целую ленту при измерении длин). Эти ошибки выявляются контрольными или повторными измерениями.

*Систематическими*называют ошибки, входящие в результат измерений постоянно, по некоторому закону. Они могут происходить из-за несовершенства изготовления прибора, влияния внешней среды (температура, влажность), личные ошибки наблюдателя. Влияние этих ошибок снижается за счет правильной организации работ и выполнение измерений строго по методике.

Случайные ошибки неизбежны в процессе измерений. Их нельзя исключить.Изучением случайных ошибок занимается самостоятельная дисциплина – теория случайных ошибок.

Случайные ошибки обладают следующими свойствами:

- для данных условий измерений ошибки не могут превышать по абсолютной величине известного предела;
- малые по абсолютной величине ошибки появляются чаще, чем большие;
- положительные ошибки появляются так же часто, как и равные им по абсолютной величине отрицательные;
- среднее арифметическое из случайных ошибок при измерении одной и той же величины с одинаковой точностью неограниченно стремится к нулю с увеличением числа измерений.

Если взять отрезок (X) и измерить его длину несколько раз (L), то получим ряд случайных ошибок (Δ):

$$L_1 - X = \Delta_1$$
$$L_2 - X = \Delta_2$$
$$L_3 - X = \Delta_3$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$Ln - X = \Delta n.$$

Положительные ошибки будут компенсировать отрицательные, вследствие чего среднее арифметическое из случайных ошибок будет стремиться к нулю, если число измерений стремится к бесконечности:

$$\lim_{n\to\infty}\left(\frac{\Delta 1 + \Delta 2 + \Delta 3 + \dots . \Delta \mathbf{n}}{n}\right) = \mathbf{0}.$$

Среднее арифметическое из результатов измерений. Представим, что имеется несколько результатов измерений величины $(L_1, L_2, L_3, \dots Ln)$ истинное значение которой X. Тогда истинные ошибки можно записать:

$$\Delta_1 = L_1 - X$$
$$\Delta_2 = L_2 - X$$
$$\Delta_3 = L_3 - X$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$\Delta n = Ln - X.$$

Сложив эти равенства, получим:

$$\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta n = (L1 + L2 + L3 + \dots . + Ln) - nX,$$

или, используя обозначение знака сумм в виде квадратных скобок, предложенное Гауссом, можно записать:

$$[\Delta] = [L] - nX$$

$$X = \frac{[L]}{n} - \frac{[\Delta]}{n}.$$

$\frac{[L]}{n}$

Выражение – есть среднее арифметическое или арифметическая середина, которая при неограниченном увеличении n стремится к истинному значению измеряемой величины.

*Средняя квадратическая ошибка.*Для оценки точности ряда измерений необходимо найти среднее значение самих ошибок измерения. Среднее арифметическое из случайных ошибок не может объективно охарактеризовать точность ряда измерений.

Как отмечалось раньше, появление положительных и отрицательных ошибок равновероятно, поэтому, когда мы их будем складывать, чтобы найти среднее арифметическое, будет происходить компенсация и полученный результат не отразит среднего отклонения от истинного значения измеряемой величины.

Поэтому для оценки степени точности измерений, которые сопровождаются случайными ошибками, пользуются *средней квадратической ошибкой (СКО).*Отклонения измеренных величин от арифметической середины возводятся в квадрат и суммируются (при этом исчезают отрицательные знаки):

$$\Delta_i = L_i - \frac{[L]}{n}$$

$$m = \mp\sqrt{\frac{\Delta 1^2 + \Delta 2^{21} + \cdots + \Delta n^2}{n}}$$

$$m = \mp\sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}.$$

Средняя квадратическая ошибка измеренной величины не зависит от знаков случайных ошибок, отражает влияние больших ошибок и хорошо согласуется со средним значениям ряда случайных ошибок.

ЛЕКЦИЯ 10

Тема 10.1. Обработка результатов полевых измерений при теодолитной съемке. Уравнивание теодолитных ходов. Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода

Камеральная обработка теодолитной съемки включает:

- проверку записей и вычислений в полевых журналах;
- вычисление горизонтальных проложений линий (сторон хода);
- вычисление превышений между точками теодолитного хода и увязка превышений.
- подсчёт высотных отметок вершин теодолитного хода;
- вычисление невязок в суммах измеренных углов теодолитных ходов и приведение этих сумм к теоретическому значению;
- вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода;
- подсчитывание приращений координат;
- увязку (уравнивание) приращений координат;
- вычисление координат;
- построение плана.

Исходные данные для вычисления замкнутого теодолитного хода

Порядок вычисления координат и высот точек (вершин) теодолитного хода рассмотрим на примере замкнутого теодолитного хода. В замкнутом ходе более очевидны геометрические условия, которые позволяют контролировать вычисления и устранять невязки или уравнивать ход (рис. 10.1).

Для вычисления координат и высотных отметок вершин (точек) теодолитного хода необходимы следующие исходные данные:

- координаты ориентирного пункта (ПП) и первой точки хода, а также их высотные отметки (выбираются из каталога координат и высот);
- результаты полевых измерений длин сторон, горизонтальных и вертикальных углов. Длины сторон и вертикальные углы для каждой стороны измеряются в прямом и обратном направлениях;
- результат измерения примычного угла на первой точке теодолитного хода.

Обработку результатов полевых измерений начинают с обработки длин сторон и вертикальных углов, вычисления горизонтальных проложений измеренных длин.

Результаты измерения длин и углов наклона сторон теодолитного хода записываем в ведомость обработки (колонки № 2, 3, 5, 6).

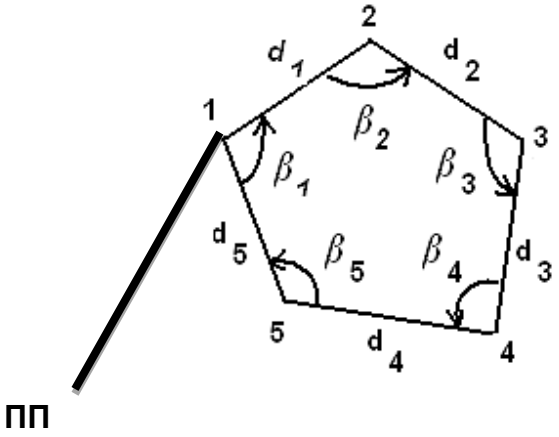


Рис. 10.1. Схема замкнутого теодолитного хода

Обработка результатов полевых измерений

Числа записываются в строки между номерами точек хода, так как указанные величины относятся к сторонам хода. Каждая сторона ограничена двумя точками хода (рис. 10.2).

Номера пунктов	Измеренные длины сторон, м			Измеренные вертикальные углы		
	$L_{прям.}$	$L_{обр.}$	$L_{средн.}$	$\delta_{прям.}$	$\delta_{обр.}$	$\delta_{средн.}$
1	2	3	4	5	6	7
Т-1						
	125,20	**124,26**		**+2 25 00**	**–2 26 00**	
Т-2						
	149,57	**149,50**		**+0 13 00**	**–0 15 00**	
Т-3						
	86,84	**88,88**		**–2 53 00**	**+2 57 00**	
Т-4						
	103,74	**103,70**		**+1 40 00**	**–1 44 00**	
Т-5						

Рис. 10.2. Образец записи измеренных величин (шаг № 1)

*Усреднение длин сторон и вертикальных углов.*Вычисляем средние значения длин сторон (колонка № 4) и вертикальных углов (колонка № 7), измеренных в прямом и обратном направлениях. Среднему значению вертикального угла присваиваем знак прямого направления(рис. 10.3).

Номера пунктов	Измеренные длины сторон, м			Измеренные вертикальные углы		
	$L_{прям.}$	$L_{обр.}$	$L_{средн.}$	$\delta_{прям.}$	$\delta_{обр.}$	$\delta_{средн.}$
1	2	3	4	5	6	7
Т-1						
	124,20	124,26	**124,23**	+1 38 00	–1 40 00	**+1 39 00**
Т-2						
	149,57	149,50	**149,54**	+0 13 00	–0 15 00	**+0 14 00**
Т-3						
	86,50	86,46	**86,48**	–2 53 00	+2 57 00	**–2 55 00**
Т-4						
	88,84	88,88	**88,86**	–1 51 00	+1 53 00	**–1 52 00**
Т-5						
	103,74	103,70	**103,72**	+1 40 00	–1 44 00	**+1 42 00**
Т-1						

Рис. 10.3. Образец записи измерений усредненных длин и вертикальныхуглов(шаг № 2)

Вычисление горизонтальных проложений сторон, превышений и высотной невязки.Используя средние значения длин сторон и вертикальных углов, вычисляем горизонтальные проложения сторон$d = L \cdot \cos\delta$(колонка № 8) и превышения между точками теодолитного хода$h = L \cdot \sin\delta$ (колонка № 9). Знак превышения ставим по знаку вертикального угла, измеренного в прямом направлении. В указанных колонках вычисляем сумму горизонтальных проложений– получаем периметр полигона (*P*) и алгебраическую сумму положительных и отрицательных превышений, которая дает высотную невязку замкнутого хода (f_h). Результаты записываем в нижние строки таблицы (рис. 10.4). Высотную невязку проверяем на допуск.

Проверка высотной невязки на допуск.Допустимую невязку определяем по формуле $f = \frac{0{,}04 \cdot P}{100 \cdot \sqrt{n}}$.

Для данного примера допустимая невязка составит

$$f_{h,\text{доп.}} = \frac{0{,}04 \cdot 552{,}57}{100 \cdot \sqrt{5}} = \frac{22{,}10}{223{,}60} = 0{,}0988 = 0{,}1 \text{ (м).}$$

В нашем примере фактическая невязка составляет плюс 0,06 м при допустимой ± 0,1 м. Данное условие записывается следующим выражением:

Номера пунктов	Измеренные длины сторон, м			Измеренные вертикальные углы			Горизонтальные проложения d, м	Превышения, м
	$L_{прям.}$	$L_{обр.}$	$L_{средн.}$	$\delta_{прям.}$	$\delta_{обр.}$	$\delta_{средн.}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Т-1								
	124,20	124,26	124,23	+1 38 00	–1 40 00	+1 39 00	**124,18**	**+3,58**
Т-2								
	149,57	149,50	149,54	+0 13 00	–0 15 00	+0 14 00	**149,53**	**+0,61**
Т-3								
	86,50	86,46	86,48	–2 53 00	+2 57 00	–2 55 00	**86,37**	**–4,40**
Т-4								
	88,84	88,88	88,86	–1 51 00	+1 53 00	–1 52 00	**88,82**	**–2,89**
Т-5								
	103,74	103,70	103,72	+1 40 00	–1 44 00	+1 42 00	**103,67**	**+3,16**
Т-1								
						Периметр (Р)=	**552,57**	**7,35**
								–7,29
						Высотная невязка (fh)=		**+0,06**

Рис. 10.4.Образец записи вычислений горизонтальных проложений и превышений(шаг № 3)

Если фактическая невязка больше допустимой, то ищут источник погрешности.Сначала проверяют вычисления. Если ошибка не выявлена, то повторно измеряют вертикальные углы и длины сторон.

Уравнивание превышений.Если фактическая невязка меньше допустимой, то её распределяют в вычисленные превышения с обратным знаком. Для этого поправки выписывают в строки над превышениями и выполняют контроль поправок: поправки складывают и полученную сумму

сравнивают с невязкой. Очевидно, что сумма поправок должна быть равна величине невязки с обратным знаком.

Поправки алгебраически складывают с превышениями и вычисляют исправленные превышения, которые записывают в колонку № 10 (рис. 10.5).

После исправления превышений сумма положительных превышений должна равняться сумме отрицательных, так как ход замкнутый.

Выполнение данного условия является контролем исправления превышений.

Номера пунктов	Измеренные длины сторон, м			Измеренные вертикальные углы			Горизонтальное проложение, м	Превышения, м	
	$L_{прям.}$	$L_{обр.}$	$L_{средн.}$	$\delta_{прям.}$	$\delta_{обр.}$	$\delta_{средн.}$		Вычисленные	Исправленные
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Т-1								**–0,01**	
	124,20	124,26	124,23	+1 38 00	–1 40 00	+1 39 00	124,18	+3,58	**+3,57**
Т-2								**–0,01**	
	149,57	149,50	149,54	+0 13 00	–0 15 00	+0 14 00	149,53	+0,61	**+0,60**
Т-3								**–0,02**	
	86,50	86,46	86,48	–2 53 00	+2 57 00	–2 55 00	86,37	–4,40	**–4,42**
Т-4								**–0,01**	
	88,84	88,88	88,86	– 1 51 00	+1 53 00	–1 52 00	88,82	–2,89	**–2,90**
Т-5								**–0,01**	
	103,74	103,70	103,72	+1 40 00	–1 44 00	+1 42 00	103,67	+ 3,16	**+3,15**
Т-1									
						Сумма поправок =		–0,06	
						Периметр (Р)=	**552,57**	7,35	**7,32**
								–7,29	**–7,32**
						Высотная невязка (fh)=		+0,06	**+0,00**

Рис. 10.5. Исправление превышений(шаг № 4)

Вычисление высотных отметок. Используя исправленные превышения, вычисляют высотные отметки вершин (точек) теодолитного хода, колонка № 11 (рис.10.6). Для этого к исходной высотной отметке (отметка Т-1) последовательно прибавляют исправленные превышения со своим знаком.

Контроль: *в конце вычислений должна получиться отметка исходной точки (Т-1*), см. темное полев колонке № 11.

Ведомость обработки результатов полевых измерений теодолитного хода

Номера пунктов	Измеренные длины сторон, м			Измеренные вертикальные углы, ° ′ ″			Горизонтальныепроложенияd, м	Превышения, м		Абсолютные отметки,м
	$L_{прям.}$	$L_{обр.}$	$L_{средн.}$	$\delta_{прям.}$	$\delta_{обр.}$	$\delta_{средн.}$		Вычисленные $h_{выч.}$	Исправленные $h_{испр.}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Т-1								**–0,01**		**345,74**
	124,20	124,26	124,23	+1 38 00	–1 40 00	+1 39 00	124,18	+3,58	+3,57	
Т-2								**–0,01**		**349,31**
	149,57	149,50	149,54	+0 13 00	–0 15 00	+0 14 00	149,53	+0,61	+0,60	
Т-3								**–0,02**		**349,91**
	86,50	86,46	86,48	–2 53 00	+2 57 00	–2 55 00	86,37	–4,40	–4,42	
Т-4								**–0,01**		**345,49**
	88,84	88,88	88,86	–1 51 00	+1 53 00	–1 52 00	88,82	–2,89	–2,90	
Т-5								**–0,01**		**342,59**
	103,74	103,70	103,72	+1 40 00	–1 44 00	+1 42 00	103,67	+ 3,16	+3,15	
Т-1									Контроль:	**345,74**
						Периметр (Р)=	552,57	7,35	7,32	
								–7,29	–7,32	
						Высотная невязка (f_h)=		+0,06	+0,00	

Рис. 10.6.Образец ведомости вычисления высотных отметок точек теодолитного хода (шаг № 5)

Вычисление координат замкнутого теодолитного хода

Вычисление координат теодолитного хода ведут в «Ведомости вычисления координат вершин замкнутого теодолитного хода» (рис.10.7).

В эту ведомость переписывают из полевого журнала значения измеренных горизонтальных углов (колонка № 2). Углы вписывают против номеров точек (колонка № 1), оставляя между ними пустые строки. Положения вписывают между точек (в пропущенные строки), т.к. сторона фиксируется двумя точками (колонка № 5).Также записывают известные координаты исходных точек (ПП и Т-1). Координаты записывают в колонки № 10 и № 11 против номеров точек.Затем приступают к вычислениям.

Сначала вычисляют сумму измеренных углов (внутренних) полигона и определяют угловую невязку. Пока измеренные углы не уравнены вычисление приращений координат и самих координат не имеет смысла.

Определение угловой невязки и её устранение.Замкнутая форма полигона позволяет определить теоретическую сумму внутренних углов многоугольника $\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 180\ (n - 2)$,где n – число вершин хода.

В результате полевых измерений нам известны внутренние углы теодолитного хода. Мы можем вычислить сумму измеренных углов и сравнить её с теоретической. В результате мы получим угловую невязку хода:

$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{факт.}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}}$

Схема вычисления невязки – жесткая. Вычисления всегда производятся по принципу: «*то, что есть» минус «то, что должно быть».*

Иначе можно сказать, что из суммы фактически измеренных углов необходимо вычесть теоретическую сумму углов. Такая схема определяет знак невязки и далее – знак поправок в измеренные величины. Полученная невязка не должна превышать допустимого значения, которое зависит от точности угломерного прибора (теодолита): ,где t – точность отсчетного приспособления, n – количество измеренных углов.

Например, для теодолитного хода из пяти вершин, угловые измерения в котором выполнялись теодолитом 2Т30,допустимая невязка составит

$$f\beta_{\text{доп.}} = 1{,}5 \cdot 1\text{мин.}\sqrt{5} = 3{,}35\ \text{мин.} = 3\ \text{мин}\ 21\ \text{сек}$$

Суммы углов (фактическую и теоретическую), а также невязку записывают в нижних строках таблицы, в колонке № 2.Полученная невязка равными долями распределяется в измеренные углы с обратным знаком. Поправки записываются в свободные строки над измеренными углами. Перед исправлением углов вычисляют сумму поправок и сравнивают её с величиной невязки. Сумма поправок должна быть равна невязке с обратным знаком – контроль поправок.

Вычисление исправленных горизонтальных углов.Следующим шагом является вычисление исправленных углов теодолитного хода. Для этого измеренные углы алгебраически складывают поправками и получают

исправленные горизонтальные углы (колонка № 3).После вычисления исправленных углов снова находят сумму внутренних углов полигона, которую записывают в нижней строке колонки. Сумма исправленных углов должна быть равна теоретической сумме (540 градусов в приведенном примере). Затем приступают к вычислению дирекционных углов сторон теодолитного хода (колонка № 4).

Вычисление дирекционных углов.Сначала необходимо вычислить дирекционный угол исходного направления (ПП – Т-1). Исходное направление заключено между двумя точками, координаты которых известны. Поэтому дирекционный угол находим из решения обратной геодезической задачи (см. лекцию № 3). Вычисленный дирекционный угол записывают в колонку № 3 между строками ПП и Т-1, т.к. дирекционные углы ориентируют стороны хода.Используя примычныйугол ($154^0 03' 00''$) и дирекционный угол $\alpha_{ПП\text{-}Т1}$, равный $338^0 25' 14''$,последовательно вычисляем дирекционные углы сторон хода. В геодезии измеряются правые по ходу углы. Для правых углов используется следующая формула:

$$\alpha_{Т2-Т3} = \alpha_{Т1-Т2} + 180 - \beta_2;$$
$$\alpha_{Т3-Т4} = \alpha_{Т2-Т3} + 180 - \beta_3;$$
$$\alpha_{Т4-Т5} = \alpha_{Т3-Т4} + 180 - \beta_4;$$
$$\alpha_{Т5-Т1} = \alpha_{Т4-Т5} + 180 - \beta_5.$$

В заключении снова вычисляем дирекционный угол первой стороны хода, используя внутренний угол полигона, измеренный на первой точке (Т-1):

$$\alpha_{Т1-Т2} = \alpha_{Т5-Т1} + 180 - \beta_1.$$

Поскольку измеренные углы были предварительно уравнены (исправлены), то *дирекционный угол* $\alpha_{Т1\text{-}Т2}$ *не может измениться*. Данное условие служит промежуточным контролем вычислений.

Вычисление приращений координат.Имея в распоряжении дирекционные углы и горизонтальные проложения сторон теодолитного хода можно приступать к решению прямой геодезической задачи – вычислению приращений координат по сторонам хода (колонки № 6 и№ 7):

$$\Delta X = d \cdot \cos\alpha$$
$$\Delta Y = d \cdot \sin\alpha.$$

Знаки приращениям координат присваивают в зависимости от того, в какой четверти лежит дирекционное направление. При вычислении приращений координат на инженерном калькуляторе знак приращения определяется автоматически, в зависимости от величины дирекционного угла. Поскольку ход замкнутый, то сумма приращений координат по каждой из осей должна быть равна нулю ($\sum\Delta X=0$; $\sum\Delta Y=0$).

Определение невязки в приращениях координат.Фактически, сумма положительных и сумма отрицательных приращений координат не будут равны. Указанные суммы вычисляют и записывают внизу колонок

№ 6 и № 7. Невязку вычисляют как алгебраическую сумму приращений по каждой из осей:

$$f_{\Delta Y} = \left(\sum \square + \Delta Y\right) + \left(\sum \square - \Delta Y\right).$$

На основе невязок, вычисленных по осям координат,определяют абсолютную невязку хода:**.**

От абсолютной невязки переходим к относительной. Относительная невязка не должна превышать допустимую, а именно 1/2000: ,где Р – периметр полигона (м).

Качество полевых измерений в теодолитном ходе оценивается именно по относительной невязке.

Уравнивание приращений координат. Если относительная невязка меньше или равна допустимой, то невязки по осям координат распределяют пропорционально длинам сторон с обратным знаком в приращения координат. Для этого над приращениями координат сначала выписывают поправки. Для контроля вычисляют сумму поправок по каждой из осей и сравнивают с величинами невязок. Сумма поправок должна быть равна невязке с обратным знаком (колонки № 6 и 7).

Исправление приращений координат.Приращения координат складывают с поправками с учетом их знаков и находят исправленные приращения (колонки № 8 и № 9). Исправленные приращения снова проверяют. Для этого вычисляют суммы положительных и отрицательных приращений по осям. Если невязки устранены правильно, то суммы положительных и отрицательных приращений:

$$\sum \square + \Delta x = \sum \square - \Delta x;$$

$$\sum \square + \Delta Y = \sum \square - \Delta Y.$$

Контрольные суммы исправленных приращений записывают в нижних строках колонок. Затем снова определяют невязку приращений координат, которая после исправления должна быть равна нулю.

Вычисление координат точек хода.Если условие выполняется, то приступают к вычислению координат точек теодолитного хода (колонки № 10 и № 11). Вычисления выполняют последовательно (по цепочке):

.

Вычисления заканчиваются подсчетом координат первой точки хода. *Если приращения координат исправлены верно, то в конце получаем неизменные координаты точки* ***Т-1****– это является контролем вычислений.*

Ведомость вычислений координат вершин замкнутого теодолитного хода

Номера точек	Углы (градусы, минуты, секунды)			Гори-зонт.длины сторон, м	Приращения координат, м				Координаты, м		Высотные отмкткин, м	Точки
	измеренные	исправленные	дирекц.		вычисленные		уравненные		x	y		
					Δx	Δy	Δx	Δy				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
пп									**4 215,26**	**2 729,76**		пп
			338 25 14									
т-1	154 03 00	- примычный			+63 (мм)	–06(мм)			**4562,50**	**2592,50**	**345,74**	т-1
	–00 30		04 22 54	124,18	+123,817	+9,487	123,880	9,481				
т-2	91 41 30	91 41 00			+19	–24			**4686,38**	**2601,98**	**345,74**	т-2
	–00 30		92 41 54	149,53	–7,039	+149,364	–7,020	149,340				
т-3	85 16 30	85 16 00			+44	00			**4679,36**	**2751,32**	**345,74**	т-3
	–00 30		187 25 54	86,37	–85,644	–11,171	–85,600	–11,171				
т-4	151 26 30	151 26 00			+38	–15			**4593,76**	**2740,15**	**345,74**	т-4
			215 59 54	88,82	–71,858	–52,205	–71,820	–52,220				
т-5	102 59 00	102 59 00			+28	–12			**4521,94**	**2687,93**	**345,74**	т-5
			293 00 54	103,67	+40,532	–95,418	40,560	–95,430				
т-1	108 38 00	108 38 00							**4562,50**	**2592,50**	**345,74**	т-1
			04 22 54									
т-2												т-2
			периметр полигона=	**552,57**								
∑βфакт =	**540 01 30**	**540 00 00**		∑+	+164,349	+158,851	164,44	158,82				
∑βтеор.=	**540 00 00**	**540 00 00**		∑-	–164,541	–158,794	–164,44	–158,82				
угловая					**fx**	**fy**	**fx**	**fy**				
невязка f_β	+01 30	00 00 00			–0,192	+0,057	0,00	0,00				
		Абсолютная невязка **fx,y=**			**0,200**							
Относительная невязка (fотн. = fx,y / p) 1/2760 < 1/2000												

Рис. 10.7. Пример ведомости вычислений координат замкнутого теодолитного хода, состоящего из пяти точек

В заключение в ведомость переписывают высотные отметки точек теодолитного хода (колонка № 12) из «Ведомости обработки результатов полевых измерений теодолитного хода».

На этом вычисления координат точек теодолитного хода можно считать завершенными. Вычисленные координаты заносятся в *каталог координат*, который ведется маркшейдерской службой предприятия или организации.

ЛЕКЦИЯ 11

Тема 11.1. Способы топографических съемок. Тахеометрическая съемка. Порядок выполнения тахеометрической съемки (работа на станции)

Основное назначение топографической съемки – это составление плана местности в заданном масштабе.

В результате съемки получают план, на котором с установленной точностью изображается ситуация и рельеф местности. Рельеф изображается в виде горизонталей (рассматривали ранее), ситуация – условными знаками.

Существуют три способа топографической съемки:

1) тахеометрическая;

2) мензульная;

3) фототопографическая, которая подразделяется на:

- фототеодолитную;
- аэрофотосъемку.

Независимо от метода выполнение съемки состоит из трех основных этапов:

1) создание геодезического обоснования;

2) выполнение собственно съемки;

3) камеральные работы (вычислительные и графические).

Наиболее распространена тахеометрическая съемка. *Тахеометрия* – дословно означает «скороизмерение». В тахеометрической съемке положение точки на плане определяется полярными координатами (горизонтальный угол и расстояние). Это означает, что, что для получения полярных координат необходимо иметь на местности:

- некую точку – «полюс»;
- ориентирное направление;
- горизонтальный угол, измеренный относительно ориентирного направления;
- расстояние от полюса до интересующей нас точки местности.

В качестве плюсов обычно используют точки теодолитного хода, координаты которых известны к моменту выполнения съемки.

В качестве ориентирных направлений используют стороны теодолитного хода.

Горизонтальные углы измеряют при помощи теодолита.

Наиболее трудоемкий процесс – это измерение расстояний на местности. Если расстояния измерять с помощью мерных лент или рулеток, *скороизмерения* не получится. Автоматизация измерения расстояний достигается за счет использования нитяного дальномера (лекция № 7). Нитяной дальномер имеется в любом теодолите. Поэтому практически каждый теодолит пригоден для тахеометрической съемки. Схема нитяного дальномера приведена нарис. 11.1.

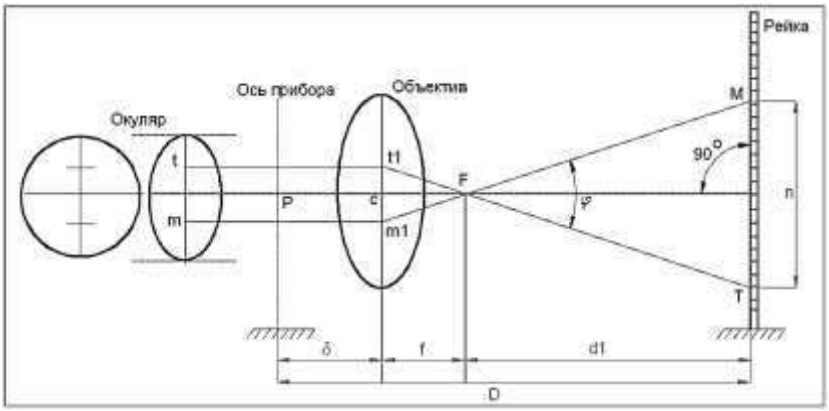


Рис. 11.1. Принципиальная схема нитяного дальномера

Расстояние вычисляют по формуле $D = k \cdot (\mathrm{MT})$ или $D = k \cdot n$,
где k – коэффициент дальномера (k=100); n–разность отсчетов по дальномерным нитям.

Нитяной дальномер позволяет определять расстояния с относительными ошибками от 1/300 до 1/200, что достаточно для съемки ситуации и рельефа. Абсолютная погрешностьопределения расстояния составит примерно 0,3–0,5 м на 100 м. При графических построениях на плане полярных координат точность нанесения точек на план составит около 0,5 мм (это 0,25–0,5 м, в зависимости от масштаба).

Определение горизонтальных расстояний ипревышений до реечных точек

В условиях реальной съемки визирование производится наклонным лучом. Рейку стараются держать вертикально, чтобы её положение соответствовало той точке, на которую она установлена. Поэтому визирный луч и рейка не будут перпендикулярны. Это приводит к искажению отчетов, которые берутся по дальномерным нитям. На схеме (рис. 11.2) показано, что лучи от дальномерных нитей пересекают рейку в точках Q и P, следовательно, фактический отчет по рейке составит n = QP.

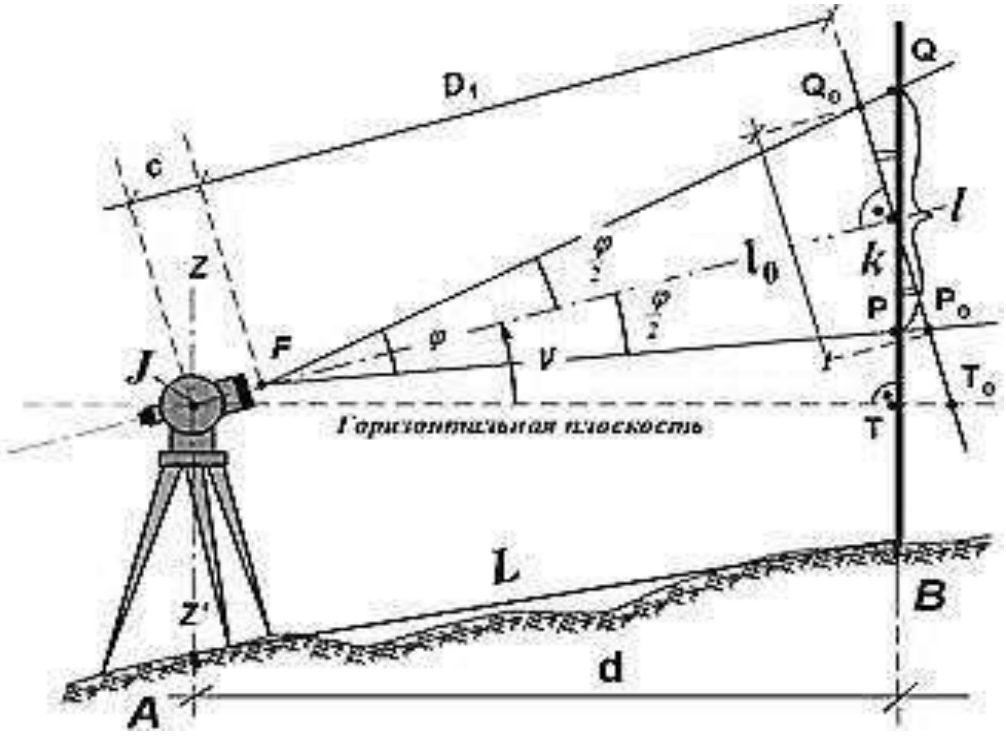


Рис. 11.2. Схема измерения расстояний нитяным дальномером

Если рейку расположить перпендикулярно визирному лучу, то отсчеты спроектируются на неё в точки Q_0 и P_0,значит, отсчет n следует привести к отсчету $n' = Q_0P_0$. Данное преобразование можно выполнить исходя из прямоугольных треугольников QkQ_0 и PkP_0. В этих треугольниках острые углы при точке k будут равны измеренному вертикальному углу $\boldsymbol{\delta}$ (см. треугольник FTk), как углы со взаимно перпендикулярными сторонами.

$$\mathbf{kQ_0} = \mathbf{kQ} \cdot \cos\delta$$

Тогда , а в целом для отчета n можно записать $Q_0P_0 = QP \cdot \cos\delta = n \cdot \cos\delta$. Тогда наклонное расстояние будет равно $L = k \cdot n \cdot \cos\delta + C$. Слагаемым С –пренебрегаем, тогда: $L = k \cdot n \cdot \cos\delta$. От наклонного расстояния переходим к горизонтальному проложению. Для этого последнее выражение необходимо умножить на cosδ:

$$d = k \cdot n \cdot \cos\delta \cdot \cos\delta .$$

После преобразования запишем: $d = L \cdot \cos^2\delta$.При углах наклона визирного луча до 2° разница между наклонным расстоянием и горизонтальным проложением незначительна, поэтому её можно не учитывать, то есть горизонтальное проложение не вычисляют.Кроме горизонтальных расстояний при съемке местности необходимо определять высотные отметки ре-

ечных точек, а значит необходимо определять превышения. Превышения определяют методом тригонометрического нивелирования, из решения треугольника FkT (см. рис. 11.2). В этом треугольнике нам известны вертикальный угол $\boldsymbol{\delta}$ и горизонтальный катет FT = d. Тогда второй катет или превышение вычисляем как $h = d\,tg\delta$.

Подставив значение $d = L\,cos^2\delta$, получим $h = L \cdot cos^2\delta \cdot tg\delta$.После тригонометрических преобразований окончательно получим $h = \frac{1}{2}L \cdot sin2\delta$.

Последняя формула справедлива в том случае, если визирный луч идет параллельно земной поверхности, то есть высота инструмента (i)равна высоте визирования (v). В общем случае, кода необходимо учитывать высоту инструмента и высоту визирования формула примет вид:

$$h = \frac{1}{2}L \cdot sin2\delta + i - v \quad .$$

Порядок выполнения тахеометрической съемки (работа на станции)

При выполнении тахеометрической съемки работа на станции сводится к следующим действиям:

1. Устанавливают теодолит над точкой и центрируют с точностью ± 5 см.

2. Приводят прибор в рабочее положение.

3. Выполняют контрольное определение места нуля(МО).

4. На смежную точку теодолитного хода выставляется вешка.

5. Совмещают нули лимба и алидады горизонтального круга(устанавливают нулевой отсчет – для теодолитов типа Т30).

6. Ориентируют теодолит по исходной стороне – наводят вертикальную нить зрительной трубы на основание вехи. При этом на горизонтальном круге должен сохраниться нулевой отсчет. Для этого наведение прибора выполняют с помощью винтов лимба.

7. Открепляют зажимной винт алидады (чтобы при дальнейших действиях не сбилась ориентация лимба).

8. Отмечают на рейке высоту инструмента (повязывают ленточку). Высоту инструмента (i) записывают в журнал. Также в журнал записывают номер станции (или номер точки, на которой установлен теодолит) и номер точки, на которую ориентирован ноль лимба. Пример заполнения полевого журнала показан на рис. 11.3.

9. Приступают к съемке местности. Для этого рейка перемещается по местности и устанавливается в характерных точках рельефа, на контуры

ситуации (кромка леса, край поля, берег озера, ось дороги) и возле углов строений. Съемка выполняется при одном положении круга – КЛ.

10. После установки рейки на характерную точку на неё наводят зрительную трубу (работают винтами алидады) и берут отсчеты. Отсчеты записывают в журнал.

Отсчеты берут в следующей последовательности:

- *Взятие отсчетов по дальномерным нитям*.

Наводят одной дальномерной нитью (нижней) на отчет «10», а по второй берут отсчет с точностью 0,5 шашки. Разность отсчетов умножают на коэффициент дальномера (k= 100) и записывают расстояние в метрах в журнал тахеометрической съемки (в колонку № 2). В колонке № 1 записывают номер реечной точки (или реечного пикета).Нумерация пикетов – сквозная, по всем станциям. Пример заполнения журнала –на рис. 11.3.

- *Взятие отсчета по горизонтальному кругу.*

Проверяют наведение вертикальной нити – она наводится на середину по ширине рейки – и берут отсчет по горизонтальному кругу с точностью до 5 минут. Отсчет записывают в журнал, в колонки № 3 (градусы)и№ 4 (минуты).

- В*зятие отсчета по вертикальному кругу.*

Наводят горизонтальную нить на высоту инструмента, отмеченную на рейке, и берут отсчет по вертикальному кругу с точностью до 1 минуты. Отсчет записывают в колонки № 5и № 6, при этом ставят знак угла наклона. Если видимость не позволяет визировать на высоту инструмента, то визируют на любой удобный отсчет по рейке, берут отсчет по вертикальному кругу и в колонке № 10 записывают высоту визирования (v).

11. После того, как взяты и записаны все отсчеты, реечнику подают сигнал (дают отмашку) и он переходит на следующую точку. В журнал записывается характеристика точки (колонка № 15). Также составляется абрис съемки.

12. *Контроль*. Для того, чтобы убедиться, что ориентация лимба не изменилась («лимб не сбился»), в процессе съемки периодически, через 15–20 пикетов, а в конце съемки обязательно, визируют на вешку, установленную по исходному направлению и берут отсчет по горизонтальному кругу. Допустимое отклонение от нулевого отсчета $\pm 02'$.

Действия реечника. Реечник перемещается по местности и ставит рейку на контурные точки и рельеф.

Рейка ставится пяткой на грунт. Расстояние между точками зависит от масштаба съемки и может изменяться от 15 до 40 м (табл. 11.1).

Реечник может двигаться по круговому или прямолинейному маршруту. Круговой маршрут – реечник описывает круги на удалении 20, 40, 60, 80, 100 м от станции.

Прямолинейный маршрут – движение по прямолинейным отрезкам, отстоящим друг от друга на расстоянии 20 или 40 м.

Журнал тахеометрической съемки

Дата*03.04.2008 г.* Дата_____

Наблюдатель *Петров В.П.* Инструмент *2Т30П* Вычислитель _____

Номер реечной точки	Измеренное расстояние (по дальномеру)	Отсчеты				Место нуля МО	Угол наклона		Высота визирования	Горизонтальное проложение	Превышения		Высотные отметки точек	Примечания (характеристика точек)
		по гор. кругу		по верт. кругу			+ -	градусы иминуты			h'	h		
	м	град.	мин.	град.	мин.	мин.			м	м	м	м	м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Станция № 1	*Точка ориентирования № 2*						*I = 1,45*		Н*ст1* =	248,90			
1	45,0	111	40	+0	24	2,0			1,45					Граница леса (ближняя)
2	94,0	127	00	–0	30	2,0			- " -					Граница леса (дальняя)
3	86,0	167	50	–1	41	2,0			- " -					Граница леса (ближняя)
4	129,0	155	30	–1	55	2,0			- " -					Граница леса, берег озера (урез воды)
5	110,0	184	10	–2	15	2,0			- " -					Берег озера «Глубокое», урез воды
6	105,0	205	45	–2	22	2,0			- " -					Берег озера, урез воды
7	47,0	212	50	–1	55	2,0			- " -					Точка рельефа
8	38,0	300	15	–1	01	2,0			- " -					Точка рельефа
9	62,0	346	30	+0	51	2,0			1,45					Точка рельефа

Рис. 11.3. Пример заполнения полевого журнала тахеометрической съемки

Таблица 11.1

Нормативная плотность реечных пикетов

Масштаб съемки	Расстояние межу реечными пикетами, м
1:500	15–20
1:1000	30–40
1:2000	40–60

Для съемки рельефа рейку ставят в точках перегиба. Если характерных точек нет, то пикеты набирают равномерно по площади.

Съемку ведут так, чтобы было перекрытие с соседней станцией.

В процессе съемки составляется абрис(рис. 11.4).

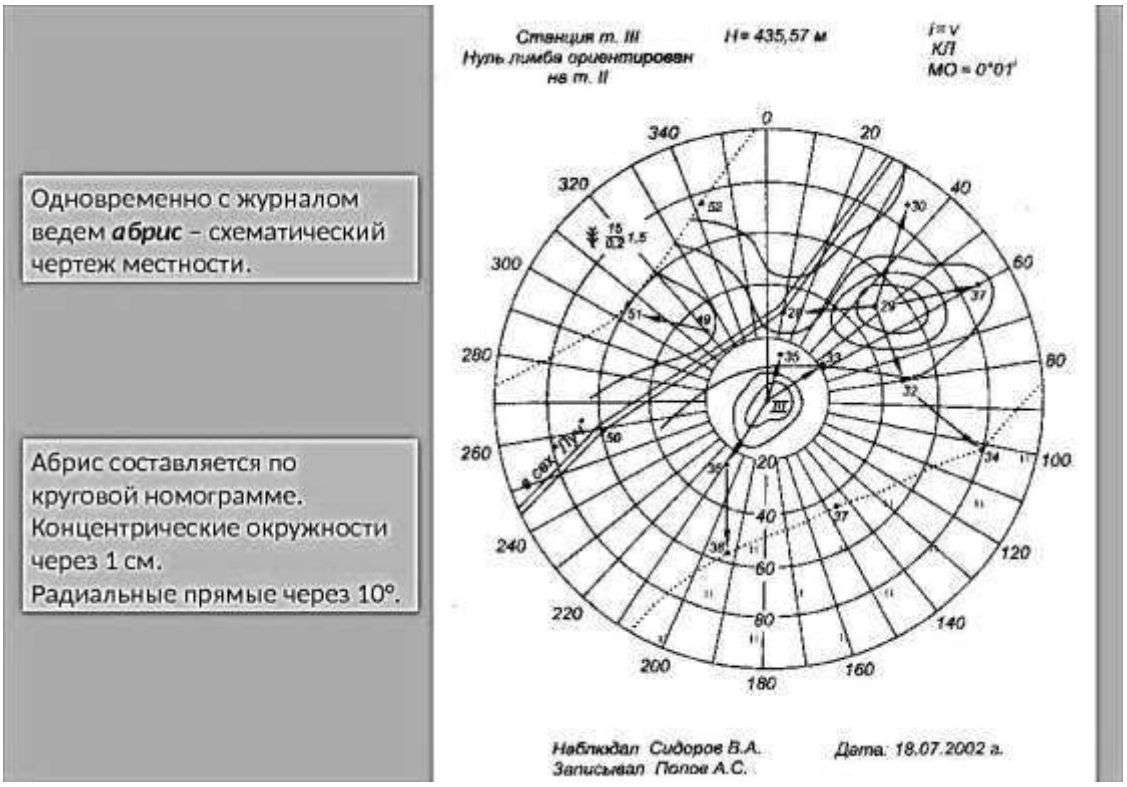


Рис. 11.4. Пример абриса съемки

Абрис представляет собой эскиз или схематичный чертеж местности, составленный от руки, который отражает маршрут реечника и основные элементы ситуации. Для удобства и соблюдения масштаба чертежа абрис рекомендуется составлять на круговой диаграмме.

ЛЕКЦИЯ 12

Тема 12.1. Камеральная обработка журнала тахеометрической съемки. Построение топографического плана

Камеральная обработка журнала тахеометрической съемки

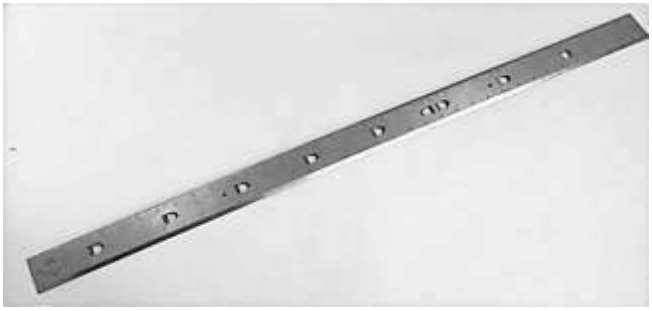
Обработка журнала тахеометрической съемки заключается в вычислении:

- вертикальных углов на реечные пикеты ($\boldsymbol{\delta}$=*КЛ* −*МО*);
- горизонтальныхпроложений$(d = L \cdot cos\delta)$ - если угол $\boldsymbol{\delta} > 2$ градусов;
- превышений на реечные пикеты($h = \frac{1}{2} L \cdot sin2\delta + i - v$);
- высотных отметок реечных пикетов ().

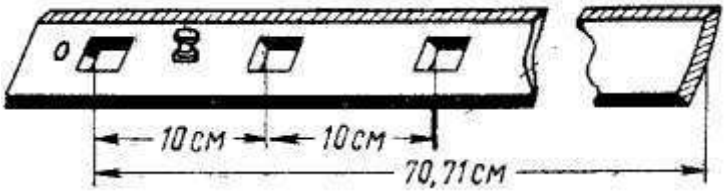
Подготовка планшета для построения топографического плана

Для построения топографического плана предварительно разбивается сетка координат. Сетка координат строится в виде планшета размером 50х50 см, который делится на квадраты со стороной равной 10 см. Построение выполняется с помощью линейки Дробышева (рис. 12.1).

Линейка представляет собой металлическую пластину шириной 50 мм и толщиной 5 мм. Один край и торцовая часть скошены. Линейка имеет шесть прямоугольных отверстий, которые позволяют откладывать отрезки по 10 см (100 мм). Скошенные края отверстий и торцовая часть пластины имеют форму дуги.



а



б

Рис. 12.1. Линейка Дробышева для построения сетки координат:а – общий вид линейки; б – основные размеры для разбивки сетки координат

Последовательность действий по построению сетки координат показано на рис. 12.2.

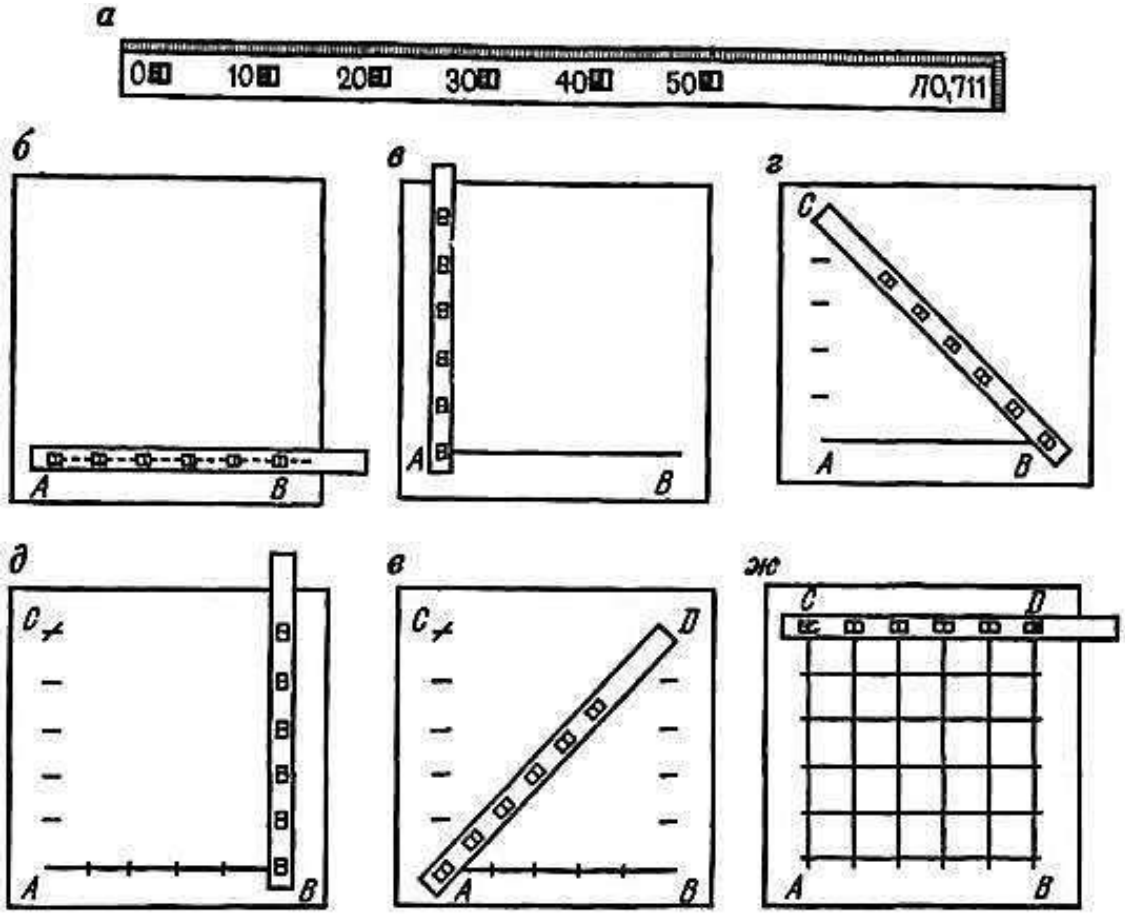


Рис. 12.2. Последовательность построения сетки координат

Расстояние от риски первого отверстия до скошенного торца равно диагонали квадрата со стороной 50 см. На этом свойстве линейки основано восстановления перпендикуляра к линии АВ.

Качество построения сетки проверяют путем сравнения длины диагоналей квадратов сетки координат с помощью циркуля-измерителя.

Расчет оцифровки сетки координат

Чтобы теодолитный ход и топографический план вписались в поле чертежа необходимо правильно оцифровать сетку координат. Для этого выполняют расчет оцифровки.

Из «Ведомости вычисления координат замкнутого теодолитного хода» выбирают максимальные и минимальные значения координат по каждой оси. Рассмотрим расчет оцифровки сетки координат на примере замкнутого теодолитного хода (см. лекцию№ 10).

Координаты точек теодолитного хода приведены в табл.12.1.

Таблица 12.1

Каталог координат точек теодолитного хода

Номера точек	Координаты, м	
	X	У
Т-1	4562,50	2592,50
Т-2	4686,38	2601,98
Т-3	4679,36	2751,32
Т-4	4593,76	2740,15
Т-5	4521,94	2687,93
Т-1	4562,50	2592,50

Для приведенного примера это будет:

Выполним расчет для масштаба 1:1000. Сторона квадрата сетки равна 10 см, следовательно, в масштабе плана это будет 100 м. Значит, оцифровка сетки должна быть кратной 100 м (4000, 4100, 4200 и т.д.)

Вычислим разность координат:

$\Delta X = 157{,}42; \Delta Y = 158{,}82.$

Следовательно, для размещения полигона на плане необходимо создать поле 2х2 квадрата. Для оцифровки сетки отступаем от минимальной координаты в сторону уменьшения значений до цифры, кратной 100, а от максимальной координаты – поднимаемся до цифры, кратной 100:

$$X_{max} = 4686{,}38 \rightarrow 4700; \quad Y_{max} = 2751{,}32 \rightarrow 280\mathbf{0};$$
$$X_{min} = 4521{,}94 \rightarrow 4500; \quad Y_{min} = 2592{,}50 \rightarrow 2500.$$

В данном примере площадь участка съемки небольшая. Чтобы поле съемки разместить в центре планшета необходимо с каждой стороны добавить по квадрату. Окончательно:

по оси (м);

по оси $Y = 2400 - 290\mathbf{0}$ (м).

После расчета оцифровки подписывают координаты линий сетки. Против первой и последней линий по оси подписывают полные значения координат, а напротив промежуточных – только сотни метров (рис. 12.3).

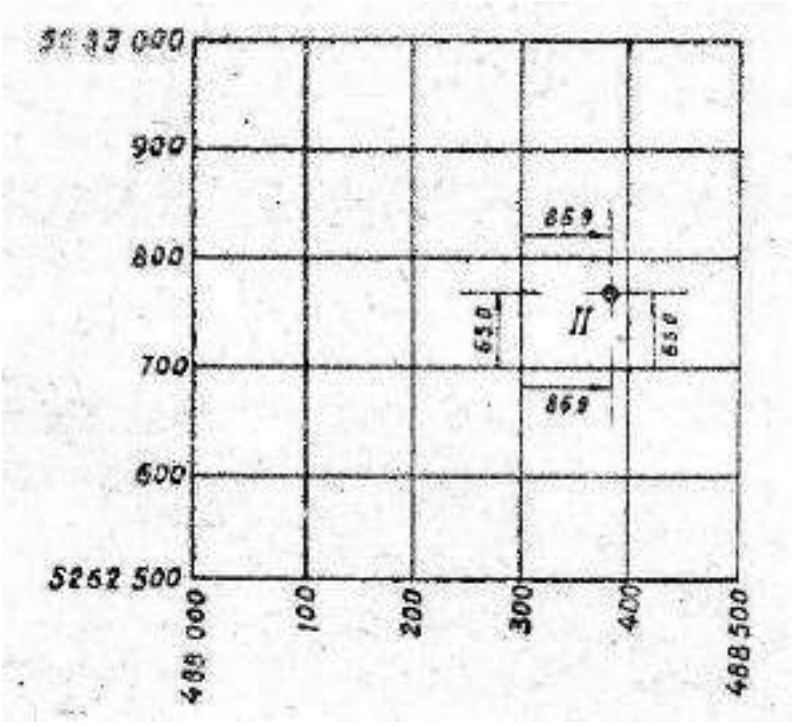


Рис. 12.3. Пример оцифровки линий сетки

Нанесение на план точек теодолитного хода

Затем приступают к нанесению на план точек теодолитного хода. Для этого находят квадрат в котором будет располагаться точка. От координат точки отнимают координаты юго-западного (левого нижнего) угла квадрата. Полученные разности в виде отрезков линий откладывают в масштабе плана от соответствующих линий сетки с помощью поперечного масштаба и циркуля-измерителя. Например, для точки Т-1 угол сетки будет иметь координаты $X = 4500;\ Y = 250$. От указанных линий сетки откладываем отрезки, равные: $-\Delta X = 62{,}50; \Delta Y = 92{,}5$. Построенную на плане точку отмечают карандашом (в виде точки), обводят кружком диаметром 2 мм и подписывают. Справа от кружка, напротив его горизонтального диаметра, проводят черту длиной 8–12 мм. В числителе записывают номер точки, а в знаменателе – высотную отметку.

<u>Контроль.</u>После нанесения на план первых двух точек (первой стороны хода) сравниваем построенную сторону с горизонтальнымположением этой стороны. Для этого откладываем на плане горизонтальную длину с помощью поперечного масштаба и циркуля-измерителя. Повторяем эту операцию контроля для каждой стороны хода.

Построение топографического плана

После нанесения всех точек теодолитного хода приступают к нанесению тахеометрической съемки и составлению плана. Точки наносят на план по полярным координатам, откладывая относительно сторон хода горизонтальные углы и расстояния. Для этого используют геодезический транспортир и металлическую линейку. Для автоматизации этой работы был создан тахеограф, в котором круговой транспортир и линейка совмещены на прозрачной основе (рис. 12.4).

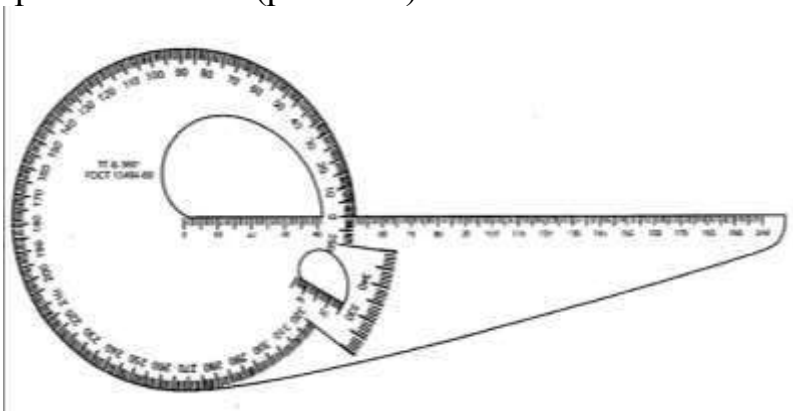


Рис. 12.4. Тахеограф

Центр круга совмещается с точкой теодолитного хода и фиксируется иголкой. Круг поворачивается вокруг иглы до установки необходимого горизонтального угла относительно исходного направления на станции. Затем по линейке откладывают расстояние и карандашом ставят точку (рис. 12.5). Возле точки записывают номер и высотную отметку.

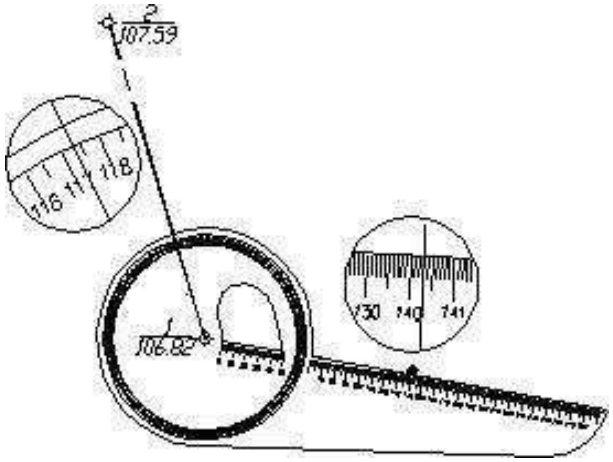


Рис. 12.5. Работа с тахеографом. Откладывание горизонтального угла и расстояния

Точность графического построения угла составляет 5–10 минут. Расстояния откладывают с точностью 0,2 мм. Соединяя точки, принадлежащие одному контуру или объекту отрисовывают ситуацию. По высотным отметкам строят горизонтали методом интерполяции. Метод интерполяции

подробно рассматривается на лабораторных занятиях.При построении плана (рис. 12.6)сверяются с абрисом съемки.

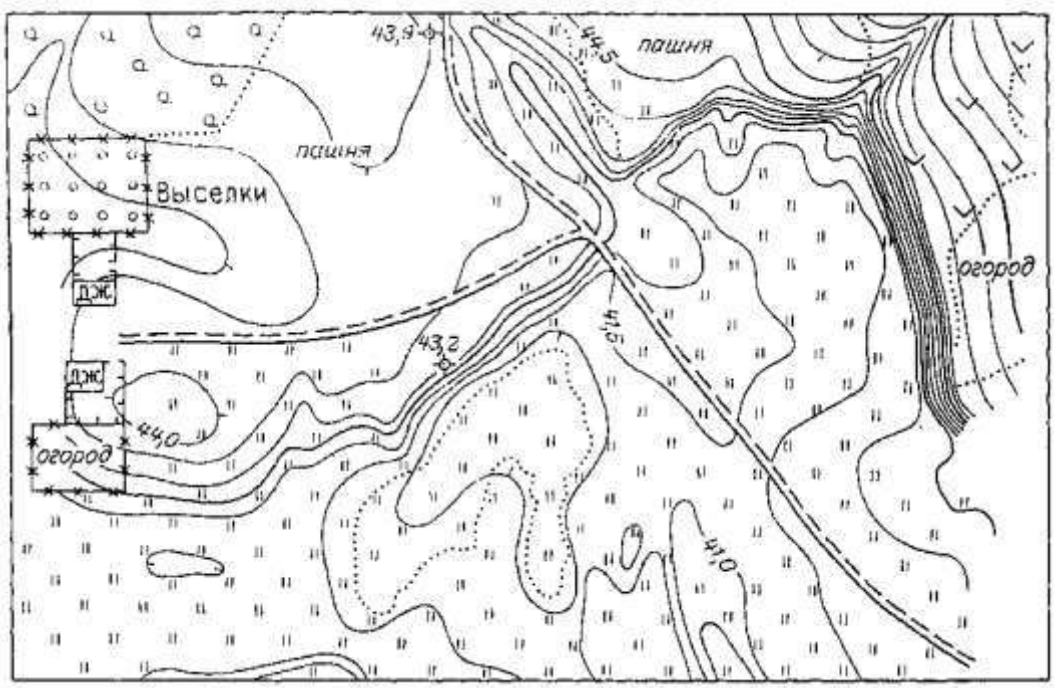


Рис. 12.6. Пример топографического плана

После нанесения на план ситуации по результатам тахеометрической съемки план оформляют в условных знаках и выполняют оформление рамки. Сначала план полностью вычерчивается в карандаше, проверяется, а затем производят закрепление тушью.

ЛЕКЦИЯ 13

Тема 13.1.Нивелирование. Назначение и виды нивелирования. Приборы для нивелирования. Устройство иповерки нивелира

Нивелирование–*процесс геодезических измерений для определения превышения точек одной над другой и высот точек над уровнем моря.*

Назначение– для определения высот точек при топографической съемке, составлении карт, планов, профилей, для установки строительных конструкций, для наблюдения за осадкой и деформациями зданий.

Существуют следующие виды нивелирования:

- геометрическое;
- тригонометрическом (геодезическое);
- барометрическое (физическое);
- гидронивелирование.

Геометрическое нивелированиесостоит в непосредственном измерении разности высот (превышений) точек с помощью горизонтального луча зрения.

Геометрическое нивелированиевыполняют с помощью нивелира, задающего горизонтальную линию визирования.*Нивелир*– это геодезический прибор для определения превышений между точками местности с помощью горизонтального визирного луча.

Нивелир устанавливают примерно посередине между двумя точками. Приводят зрительную трубу в горизонтальное положение и по рейкам с делениями, стоящими на точках А и В, определяют превышение – берут отсчеты *a* и *b* (рис. 13.1). По направлению движения один отсчет будет называться «задним» (*a*), а другой «передним» (*b*). Превышение (*h*) вычисляют как разность между отрезками З и П:

$$h = a - b \ ,$$

где а – отсчет на заднюю рейку; b– отсчет на переднюю рейку.

Данный способ нивелирования называется *нивелированием из середины*.

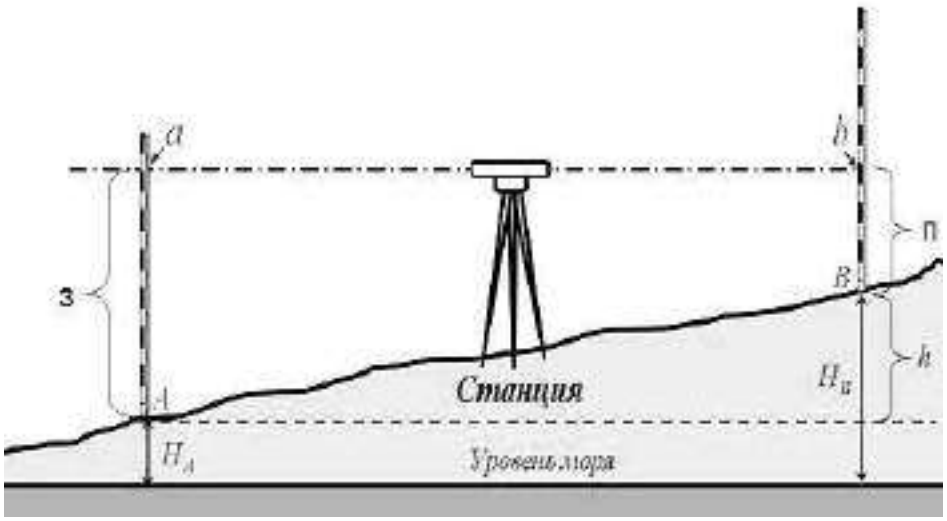


Рис. 13.1. Схема нивелирования из середины

Если известна высотная отметка в точка А, то высотная отметка точки В вычисляется как

.

Нивелирование вперед выполняют аналогично нивелированию из середины. В этом случае нивелир устанавливается на заднюю точку. Поэтому

отсчет на заднюю рейку (а) становится равным высоте инструмента (i), *в* – отсчет на переднюю рейку. Недостатком данного способа является то, что отклонение визирного луча от горизонта создаёт погрешность в отсчёте ***в*** (рис. 13.2).

При нивелировании из середины погрешности отсчитывания по рейкам компенсируются за счет равенства плеч (расстояний от нивелира до рейки).

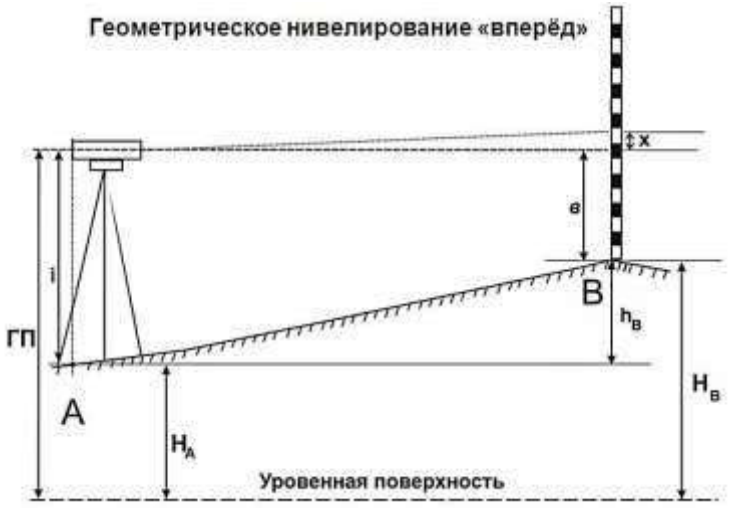


Рис. 13.2. Схема нивелирования вперёд

Тригонометрическое нивелирование – способ нивелирования (рис. 13.3), в котором разность высот точек определяется вычислением по формулам тригонометрии, по измеренному углу наклона визирного луча (δ) и горизонтальному расстоянию между точками (d): $h = d * tg\delta.$

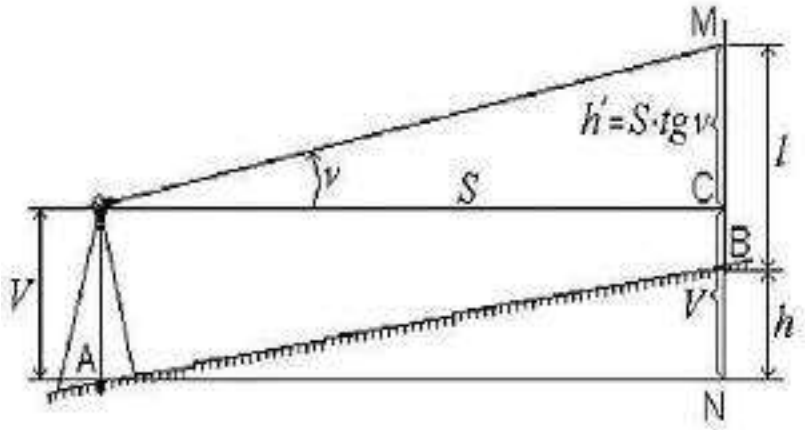


Рис. 13.3. Схема тригонометрического нивелирования

Если известно наклонное расстояние, то превышение вычисляют по формуле $h = \frac{1}{2}L \cdot sin2\delta$.

Если высота инструмента равна высоте визирования$(i = v)$, то визирный луч идет параллельно земной поверхности. В общем случае, кода необходимо учитывать высоту инструмента и высоту визирования, формула примет вид: $h = \frac{1}{2} L \cdot sin2\delta + i - v$.

Барометрическое нивелирование заключается в определении превышений между точками по разности атмосферного давления. Атмосферное давление определяется по показаниям барометра (рис. 13.4).

Установлено, что изменение высоты на 10 м соответствует изменению атмосферного давления примерно на 1 мм ртутного столба. Этот метод наименее точный из перечисленных. Используется при обследовании местности и на стадии предварительных изысканий.Превышение между точками взятия отсчетов вычисляют по формуле ,м.

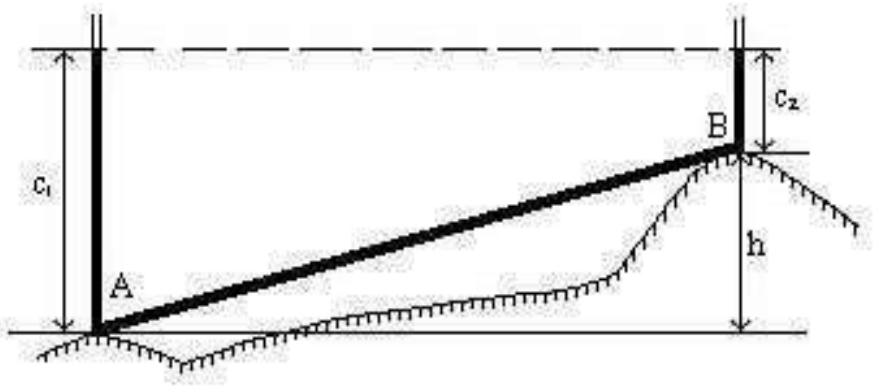


Рис. 13.4. Принцип барометрического нивелирования:С1 – отсчет по барометру (атм. давление) в т. А;С2 – отсчет по барометру (атм. давление) в т. В

Гидронивелирование *с*остоит в определении разности высот точек с помощью жидкости и сообщающихся сосудов (рис. 13.5, 13.6).



Рис. 13.5. Современный гидростатический нивелир

Этот метод весьма точный и применяется:

- при монтаже оборудования;
- для передачи отметок в труднодоступные места;
- в строительстве для вынесения горизонта на стены помещений и конструкции.

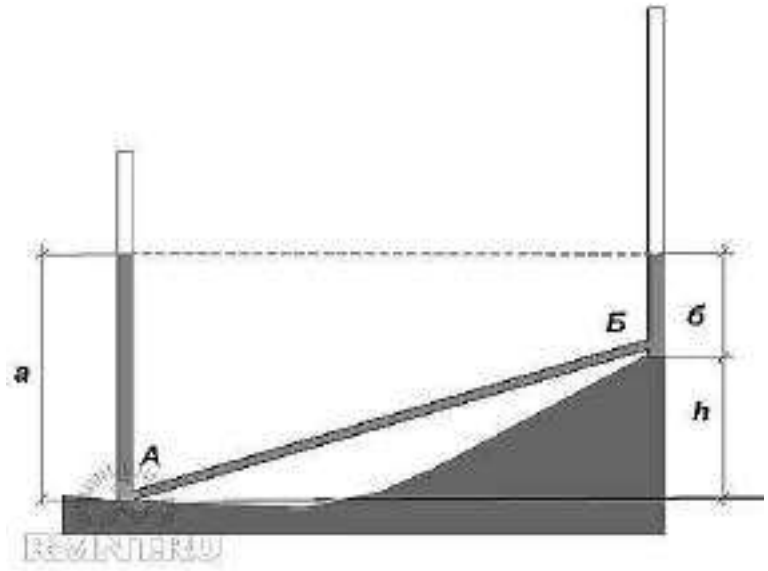


Рис. 13.6. Принцип действия гидростатического нивелира

Виды геометрического нивелирования

Различают простое и сложное нивелирование. Нивелирование с одной стоянки (станции) прибора называют простым. Если для определения превышения требуется несколько последовательных установок нивелира,

то есть необходимо проложить нивелирный ход, то такое нивелирование называют сложным (рис. 13.7).

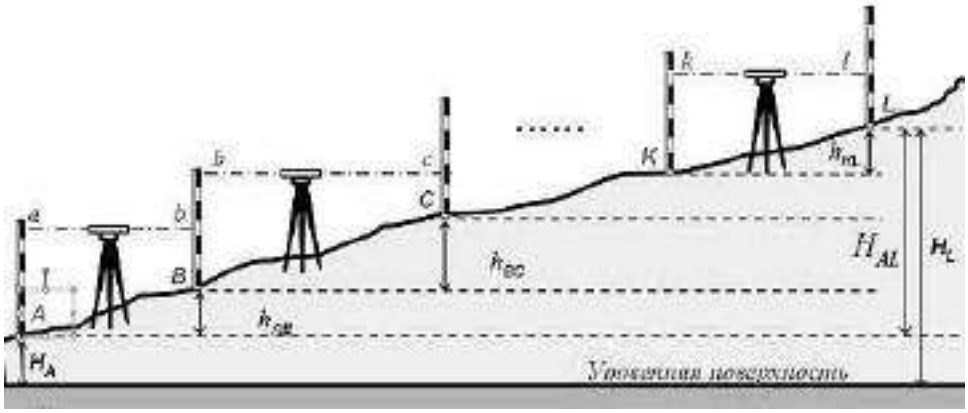


Рис. 13.7. Схема сложного нивелирования

Общие точки для двух смежных станций называют связующими (точки В, С. ….. К). Превышение между точками А и L сложится из суммы превышений: .

Приборы для геометрического нивелирования.

Классификация нивелиров

Нивелиры различаются по двум основным признакам: по точности и по способу приведения визирной оси в горизонтальное положение.

По точности нивелиры делятся на три типа:

1) высокоточные Н-05– для нивелирования I и II классов;

2) точные Н-3 – для нивелирования III и IV классов;

3) технические Н-5, Н-10 – для обоснования топографических съёмок, определения высот точек при инженерно-геодезических изысканиях и строительстве.

По способу установки визирной оси в горизонтальное положение различают два типа нивелиров:

1) нивелиры с уровнем при зрительной трубе (Н-05, Н-3, Н-10);

2) нивелиры с компенсаторами (Н-05К, Н-3К, Н-10К).

Цифры в шифре каждого типа нивелира означают среднюю квадратическую погрешность определения превышения (мм) на 1 км двойного хода. У нивелиров первого типа зрительная труба и цилиндрический уровень скреплены вместе и могут наклоняться на небольшой угол относительно подставки прибора с помощью*элевационноговинта*.

У нивелиров «с уровнем при трубе» зрительная труба и цилиндрический уровень скреплены вместе и могут наклоняться на небольшой угол относительно подставки прибора с помощью элевационного винта, что облегчает приведение визирной оси в горизонтальное положение по цилиндрическому уровню.

Главное условие, предъявляемое к таким нивелирам – взаимная параллельность визирной оси V–V и оси цилиндрического уровня U–U(рис.13.9). При соблюдении этого условия визирная ось зрительной трубы 1 займет горизонтальное положение после установки пузырька цилиндрического уровня 2 в нуль-пункт.

У нивелиров с компенсаторами (с самоустанавливающейся линией визирования) приближённая установка оси вращения прибора производится по круглому уровню; после этого в работу включается компенсатор, который автоматически приводит визирную ось в горизонтальное положение.

Главное условие, предъявляемое к нивелирам данного типа – горизонтальность визирной оси в пределах углов стабилизации компенсатора (±8-25"). Нивелиры с компенсаторами в последние годы получили широкое распространение в инженерно-геодезической практике, так как обеспечивают более высокую производительность труда, особенно при работе на неустойчивых грунтах.

Точные и технические нивелиры могут изготавливаться также с лимбами для измерения горизонтальных углов; при этом в шифре нивелира добавляется буква «Л» (например, 3Н-5Л).

Устройство нивелира

Рассмотрим устройство нивелира на примере нивелира с уровнем при трубе Н-3 (рис. 13.8).

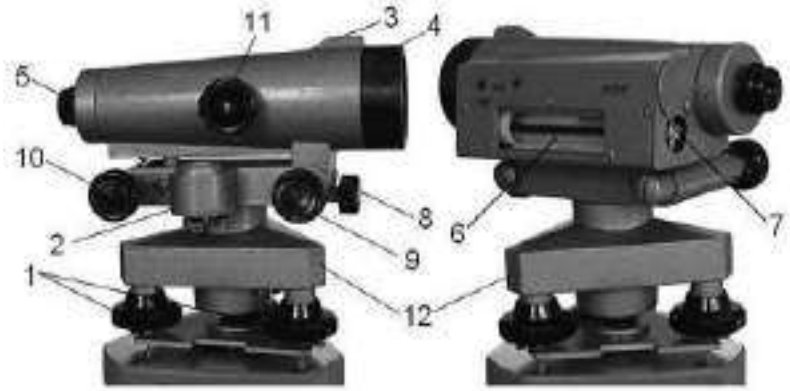


Рис. 13.8. Устройство нивелира: 1 – подъёмные винты;2 – круглый уровень; 3 – визир;4 – объектив зрительной трубы;5 – окуляр зрительной трубы с диоптрийным кольцом;6 – контактный цилиндрический уровень;7 – юстировочные винты цилиндрического уровня;8 – закрепительный винт;9 – наводящий винт; 10 – элевационный винт;11 – кремальера (наведение на резкость);12 – подставка

Геометрическая схема нивелира

Геометрическая схема нивелира должна обеспечивать возможность установки визирного луча зрительной трубы в горизонтальное положение. В нивелире имеет следующие оси (рис. 13.9):

- ZZ – ось вращения нивелира;
- WW –визирная ось зрительной трубы;
- HH – ось цилиндрического уровня;
- UU – ось круглого уровня.

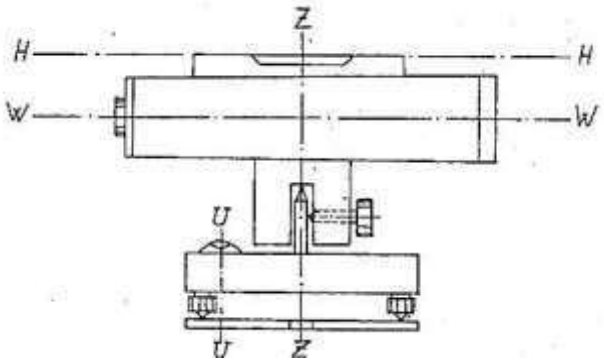


Рис. 13.9. Геометрическая схема нивелира

Геометрические условия, которые обеспечивают работу нивелира:

- ось круглого уровня и ось вращения нивелира должны быть параллельны;
- визирная ось зрительной трубы и ось цилиндрического уровня должны быть параллельны;
- ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента.

Поверки нивелира

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. Выполнение поверки производят по схеме, изображенной на рис. 13.10.

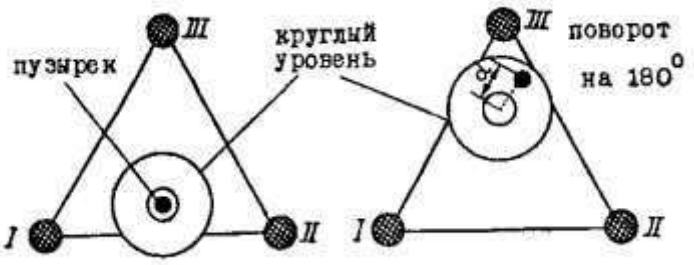


Рис. 13.10. Схема выполнения поверки круглого уровня

Горизонтальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен оси вращения прибора. Выполнение поверки производят по схеме, изображенной на рис. 13.11. Поверку можно выполнить, наблюдая за перемеще-

нием удаленной точки вдоль горизонтальной нити путем поворота трубы наводящим винтом.

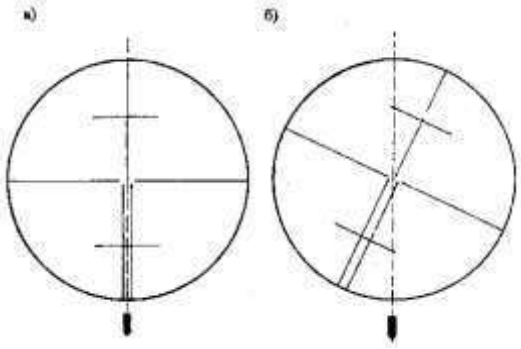


Рис. 13.11. Схема выполнения поверки сетки нитей

*Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы (главная поверка).*Наиболее простой и надежный способ выполнения этой поверки – нивелирование из середины. Суть метода заключается в том, что сначала выполняется нивелирование строго из середины – определяется безошибочное превышение, а затем выполняется нивелирование вперёд – определяется превышение с ошибкой, причем вся ошибка будет сосредоточена в отчете по рейке на переднюю точку. Тогда, зная безошибочное превышение, можно вычислить отчет на переднюю рейку, свободный от ошибки, и исправить цилиндрический уровень.

Порядок выполнения поверки (рис. 13.12):

1. С помощью рулетки разбиваем на местности два равных интервала длиной по 40 – 70 и закрепляем точки*A* и *B* колышками.

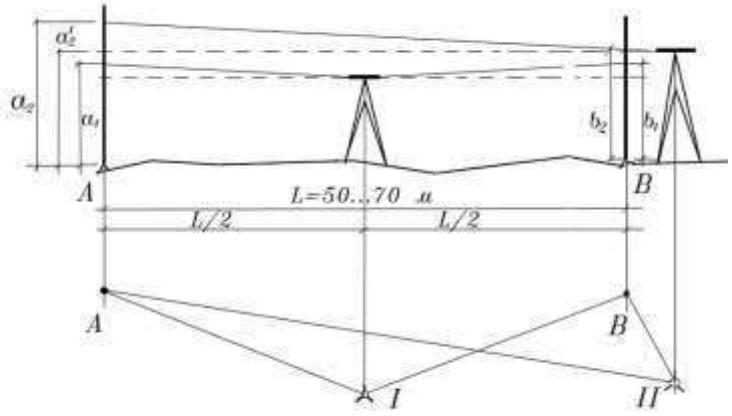


Рис. 13.12. Схема выполнения главной поверкинивелированием из середины

2. Устанавливаем нивелир посередине, берем отсчеты по рейкам, установленным на колышки в точках*A* и *B (*отсчеты a_1 и b_1). Перед взятием

отсчетов приводим пузырек цилиндрического уровня на середину элевационным винтом. Вычисляем безошибочное превышение:.

3. Перемещаем нивелир на одну из точек (т. *B*) и выполняем нивелирование вперед.

Отсчет b_2:

1. Берем наблюдая рейку через объектив трубы (рис. 13.13). Для этого помощник устанавливает рейку на колышек в т. *B* и наклоняет её к окуляру нивелира. Затем он перемещает карандаш вдоль рейки, а наблюдатель определяет момент, кода карандаш разделит пополам поле зрения окуляра. В этот момент на рейке делается отметка и снимается отсчет (b_2). Отсчет b_2 будет свободен от ошибки, так как плечо (расстояние до рейки) равно нулю. Величина b_2– это высота инструмента.

2. Наводим нивелир на переднюю точку*A* и берем отсчет a_2 (не забываем привести пузырек на середину). Вычисляем превышение: $h_2 = b_2 - a_2$.Сравниваем превышения:, мм.

Если Δ меньше или равно 4 мм, считается,что условие поверки выполняется. Если Δ больше 4 мм, производится исправление уровня.

3. Исправление уровня. Для этого вычисляют безошибочный отчет на переднюю точку ($a_{2.\,б.о.}$), используя безошибочное превышение:

$$h_{б.о} = b_2 - a_{2.б.о.}$$

4. Исправление уровня. Элевационным винтом наводим горизонтальную нить на безошибочный отчет ($a_{2.б.о}$). При этом пузырек уровня сместится с середины.



Рис. 13.13. Взятие отсчета через объектив нивелира

5. Юстировочными винтами уровня приводим его на середину (рис. 13.14).

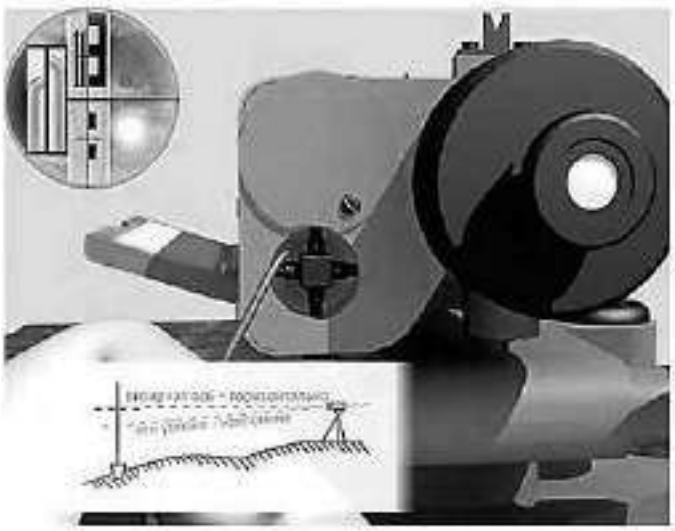


Рис. 13.14. Юстировочные винты дляисправление цилиндрического уровня

6. После исправления уровня поверка повторяется.

ЛЕКЦИЯ 14

Тема 14.1.Нивелирные рейки. Точность нивелирования. Источники погрешностей при нивелировании. Подготовка трассы книвелированию

Нивелирные рейки

Для технического нивелирования применяют деревянные двухсторонние складные нивелирные рейки. Длина рейки составляет 3 метра в сложенном состоянии – 1,5 м) – рис. 14.1. На одной стороне нанесены сантиметровые деления черной краской, на другой – красной. Низ рейки называется «пяткой» (рис. 14.1). На пятке закрепляется металлическая пластина, предохраняющая рейку от изнашивания.

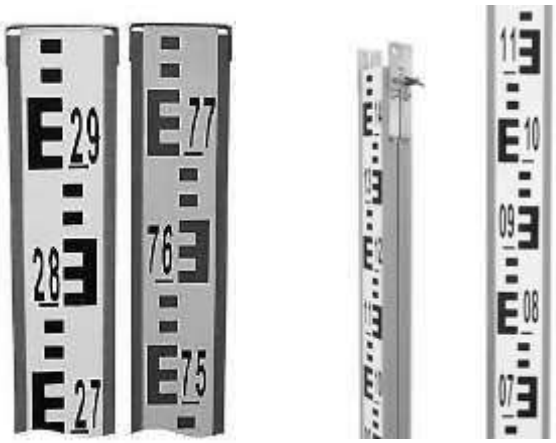


Рис. 14.1. Двухсторонняя деревянная складная нивелирная рейка

Черная сторона рейки – основная. На ней нуль рейки совмещен с пяткой. Красная сторона – контрольная. На красной стороне начальный отсчет сбит на какое-то целое число. Например, 4687 или 4787.Цифры на рейке перевернутые, а в трубе они будут видны прямыми.Для нивелиров с прямым изображение выпускаются рейки с прямым изображением цифр.

Взятие отсчета по рейке

Рейка разделяется горизонтальными линиями на дециметровые отрезки. Первые пять сантиметровых делений объединены в блок (форма буквы Е). Цифра стоит вначале дециметрового деления и обозначает его порядковый номер (например – 11, 12, 13) или длину отрезка рейки от её нуля в дециметрах.

От начала дециметрового деления по средней нити отсчитывают количество целых сантиметровых делений и долю того деления, которое пересекает нить. Долю сантиметрового деления оценивают на глаз. Таким образом, отчет по рейке состоит из четырех цифр (1233 – рис. 14.2).

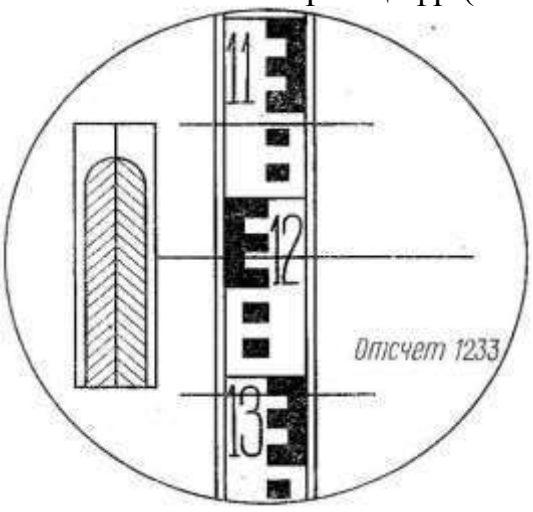


Рис. 14.2. Взятие отсчета по рейке

Первые две – обозначают номер дециметрового деления (**12)**. Вторые две – сантиметры и миллиметры от начала деления (**33**). В итоге отсчет **1233**равен длине отрезка от пятки, выраженный в миллиметрах.

Перед взятием отсчета цилиндрический уровень должен быть приведен в нуль-пункт. Контролируем по изображению уровня в боковом окне поля зрения трубы (рис. 14.2).

Перед началом работ рейки проверяют. Для этого на рейку укладывают контрольный метр и измеряют отдельные дециметры и метры. Случайные ошибки в дециметрах не должны превышать ± 1 мм, ошибка всей длины рейки – не более ± 2 мм.

Нивелирование ведется по двум рейкам. Поэтому для работы подбирают пару реек, у которых начальные отсчеты по красной (контрольной) стороне одинаковые.

Источники погрешностей при нивелировании

При нивелировании систематические ошибки возникают по следующим причинам:

- за счет отклонения визирного луча от горизонта (рис. 14.3);
- за счет отклонения рейки от вертикали;
- за счет ошибок дециметровых делений рейки.

На точность также влияют кривизна земли, рефракция атмосферы, другие внешние условия(освещенность рейки, влажность), индивидуальные особенности наблюдателя. Совокупно перечисленные факторы позволяют определять превышение на станции с точностью± 4–5 мм (для технического нивелирования).

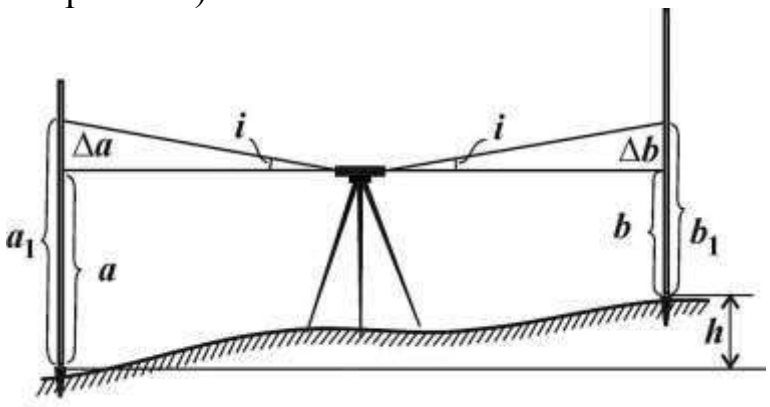


Рис. 14.3. Ошибка от отклонения визирного луча от горизонта

Для уменьшения влияния погрешностей нивелир стараются устанавливать посередине между пикетами (связующими точками) – соблюдают равенство плеч. При взятии отсчета рейку плавно покачивают по направлению к нивелиру. Вертикальному положению рейки будет соответствовать минимальный отсчет.

Точность нивелирования оценивается по двойному ходу. Предельная погрешность на 1 км двойного хода для технического нивелирования допускается 50 мм. Следовательно, для хода длиной *L* км предельная ошибка не должна превышать:, мм.Для гористой местности, когда число станций на 1 км хода превышает 25, допустимую погрешность определяют по формуле$f < 10\text{мм}\sqrt{n}$, мм,где n – число станций.

Подготовка трассы к нивелированию

Техническое нивелирование выполняется для создания высотной основы при топографических съемках М 1:500 – 1:5000, а также при инже-

нерных изысканиях, строительстве и для обеспечения проектирования исходной информацией ситуации и уклонах земной поверхности.

Для создания высотного обоснования и передачи высотных отметок на геодезические пункты прокладывают нивелирные ходы.

Для составления проекта линейных сооружений (дорог, трубопроводов и т.д.) производят нивелирование трассы.

Сначала ось трассы намечают в камеральных условиях – по карте. Затем приступают к полевым работам. Полевые работы включают рекогносцировку местности, разбивку пикетажа, поперечников и кривых, съемку полосы местности вдоль трассы, нивелирование трассы и поперечников.

В процессе рекогносцировки уточняют проектное положение трассы на местности и закрепляют столбами углы поворота трассы.

Разбивка пикетажа. Трасса начинается с начальной точки и разделяется отрезки длиной 100 м. Концы отрезков закрепляют колышками и обозначают сторожками (как в теодолитном ходе). На строжке указывается номер пикета. Начало трассы отмечается пикетом с номером «0». Тогда номер любого пикета отражает расстояние от начала трассы до данного пикета в сотнях метров.

Для того чтобы профиль трассы достоверно отражал профиль и уклоны местности на перегибах рельефа в створе между пикетами закрепляют промежуточные точки.

Промежуточные точки привязывают по расстоянию, которое измеряют от младшего или заднего пикета. Например, между пикетами 7 и 8 закрепили промежуточную точку, её положение на трассе определяют какПК7+35 м. Отсюда промежуточные точки получили название плюсовых точек. Плюсовые точки закрепляют сторожком, на котором подписывают: ПК7+35. Расстояние этой точки от начала трассы будет 735 м (рис. 14.4). При нивелировании рейку ставят пяткой на грунт рядом со сторожком.

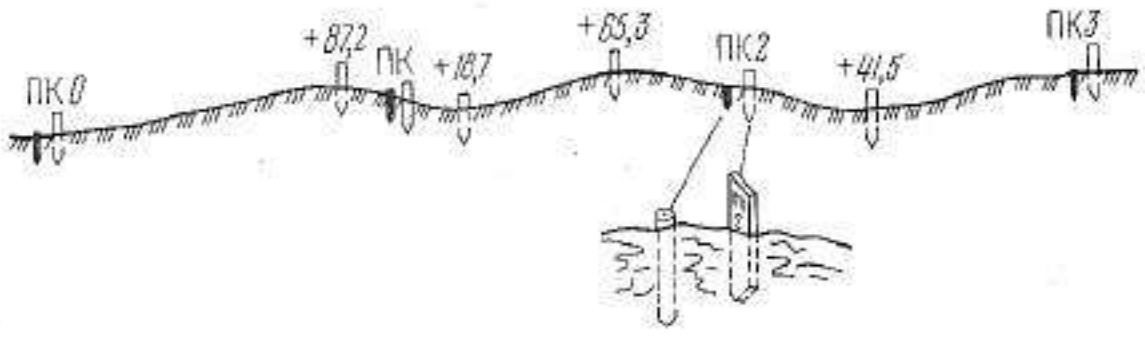


Рис. 14.4. Закрепление пикетов и плюсовых точек

В вершинах углов поворота трассы закапывают столбы. В верхней части столба делают полочку, которая должна быть обращена внутрь угла.

Разбивка поперечников.Одновременно с разбивкой пикетажа разбивают и закрепляют поперечники.

Поперечник – это линия перпендикулярная оси трассы, на которой сторожками закрепляют точки перегиба рельефа. Положение поперечника определяется как плюсовая точка. Положение точек на поперечнике определяется по расстоянию от оси трассы влево (Л10, Л25) или вправо (П12, П25) – рис. 14.5.

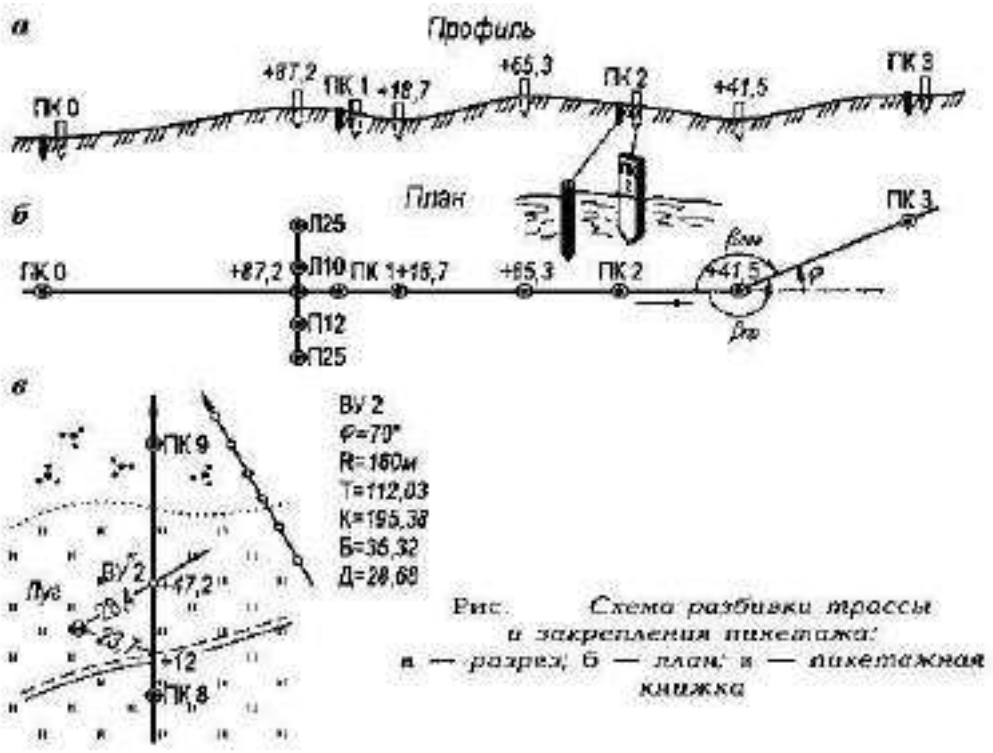


Рис. *Схема разбивки трассы и закрепления пикетажа: а — разрез; б — план; в — пикетажная книжка*

Рис. 14.5. Разбивка поперечников

Поперечники намечаются в местах, где трасса проходит вдоль косогоров и имеются резкие колебания рельефа (рис.14.6).

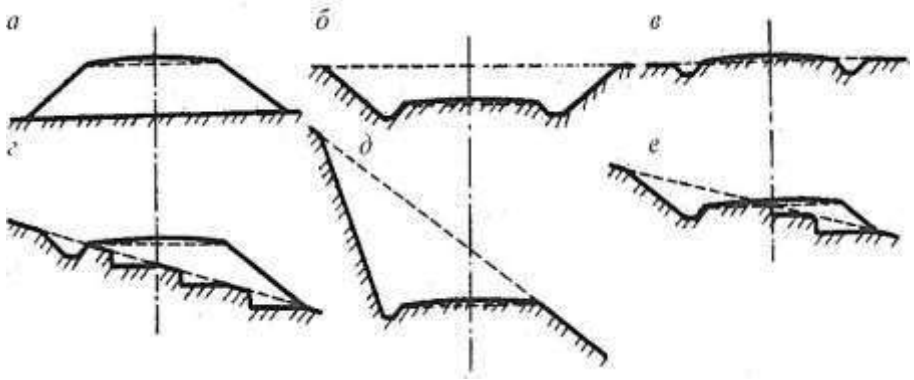


Рис. 14.6. Примеры мест для разбивки поперечников

Пикетажный журнал.Попутно с разбивкой пикетажа ведется съемка местности в полосе шириной 50 м в каждую сторону от оси трассы. В пределах 25 м в обе стороны производится инструментальная съемка, а от 25 до 50 м – глазомерная. Теодолитом измеряются углы поворота трассы.Одновременно с разбивкой пикетажа и съемкой полосы трассы составляется абрис в пикетажной книжке или ведется пикетажный журнал.

Журнал состоит из листов миллиметровой бумаги, скрепленной в блокнот размером 12х20 см. Вдоль листа посередине проводят линию – ось трассы, и на ней отмечают положение пикетов, плюсовых точек, поперечников, углов поворота. Также показывают результаты съемки, пересечение трассы с препятствиями (ручьи, дороги, ЛЭП, овраги и т.д.) – рис. 14.7. Построения в журнале выполняются с соблюдением масштаба, обычно 1:2000.

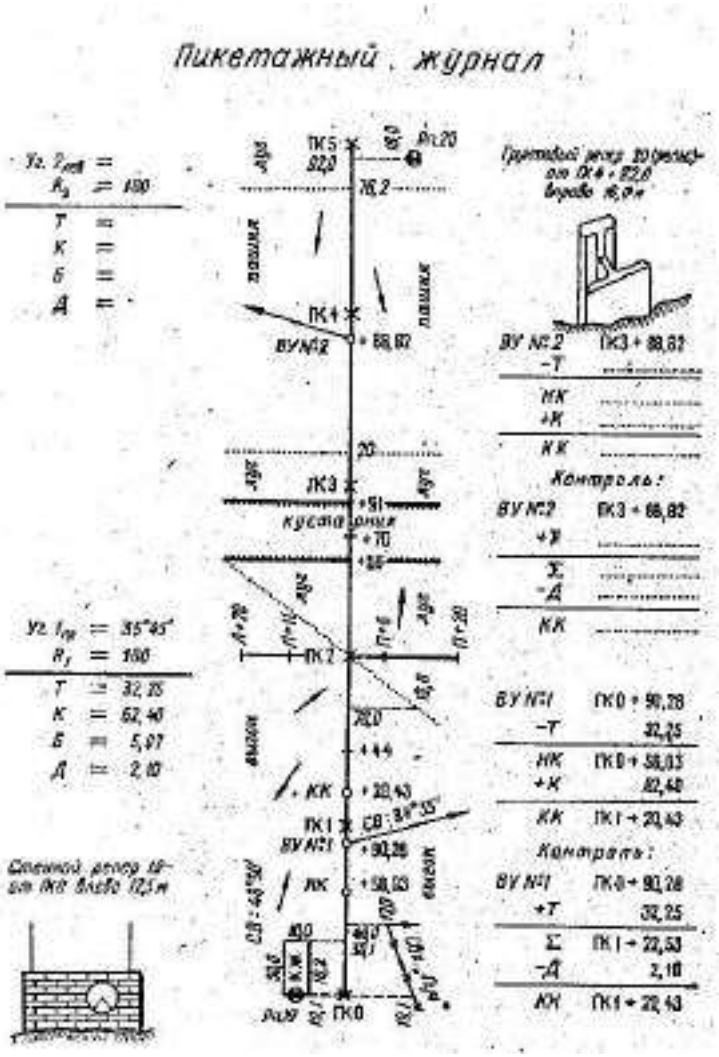


Рис. 14.7. Пример пикетажного журнала

В пикетажной книжке стрелками показывают направления углов поворота трассы и подписывают значения углов. При переходе на следующую страницу её начинают с того пикета, которым была закончена предыдущая страница.

Разбивка закруглений.Одновременно с разбивкой пикетажа разбивают главные точки кривых или закруглений. *Закругление* – это дуга окружности, вписанная в угол. Поэтому для разбивки главных точек кривой необходимо знать следующие элементы кривой (рис. 14.8):

- угол поворота трассы (***φ***);
- радиус кривой (*R*);
- длину касательной или тангенс (*T*);
- длину дуги кривой (*K*);
- биссектрису (Б);
- домер (*Д*): $Д = 2Т - К$.

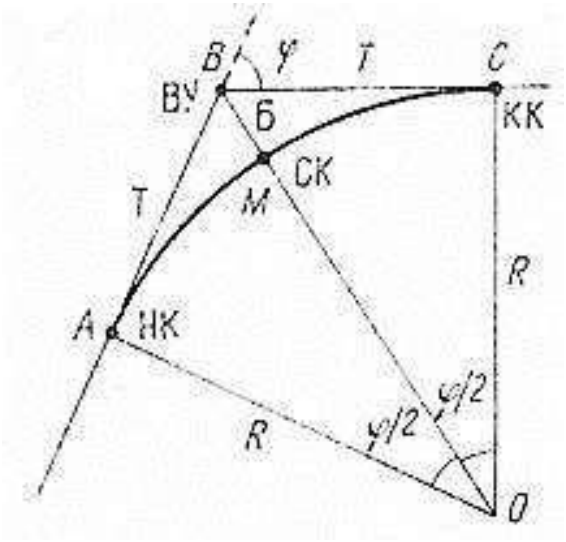


Рис. 14.8. Главные точки кривой

На трассе разбиваются и закрепляются точки:
- начало кривой (НК);
- вершина угла поворота (ВУ);
- конец кривой (КК);
- середина кривой (СК).

Расчет основных элементов кривых

Элементы кривой находят по углу поворота и радиусу закругления. Угол поворота $\boldsymbol{\varphi}$ измеряется теодолитом непосредственно или вычисляется (рис. 14.9):

$$\varphi = 180 - \beta_2$$

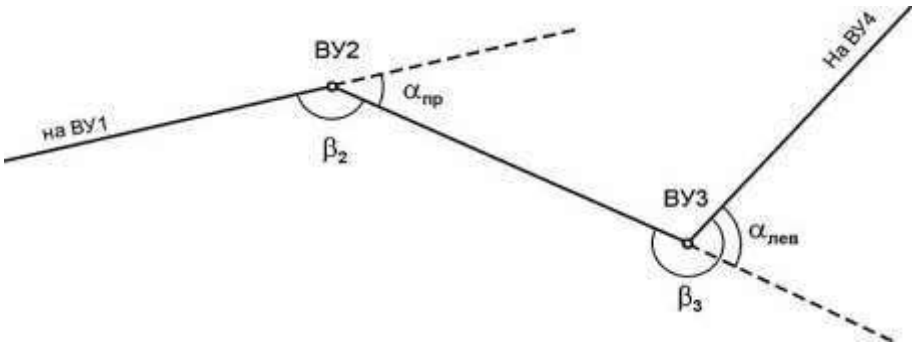


Рис. 14.9. Определение угла поворота трассы

Радиус задается техническими условиями автодороги или инженерного сооружения. Элементы кривой выбираются из таблиц или вычисляются по формулам (рис. 14.9):

- тангенс кривой: ;

$$К = \pi R \cdot \frac{\varphi}{180}$$

- длина кривой (НК-СК-КК): ;
- биссектриса (ВУ-СК): $Б = (ВУ - О) - R$ или

после преобразования получим $Б = \frac{\left(2R \cdot sin\left(\frac{\varphi}{4}\right)\right)}{\square} cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)$;

- .

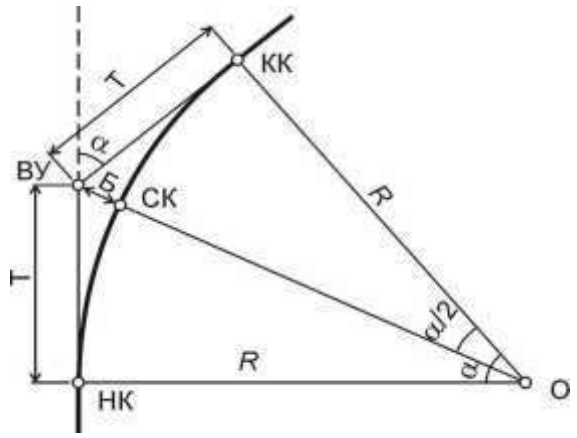


Рис. 14.10. Расчет элементов кривой

За счет того, что длина кривой меньше чем касательные образующие угол, в который вписывается кривая, пикт, лежащий за вершиной угла поворота должен сместиться. В самом деле, сначала при разбивке пикетажа расстояние между пикетами 7 и 8 (рис. 14.11) состояло из двух отрезков ПК7-УП и УП-ПК8. Их сумма равна 100 м – стандартное расстояние между пикетами.

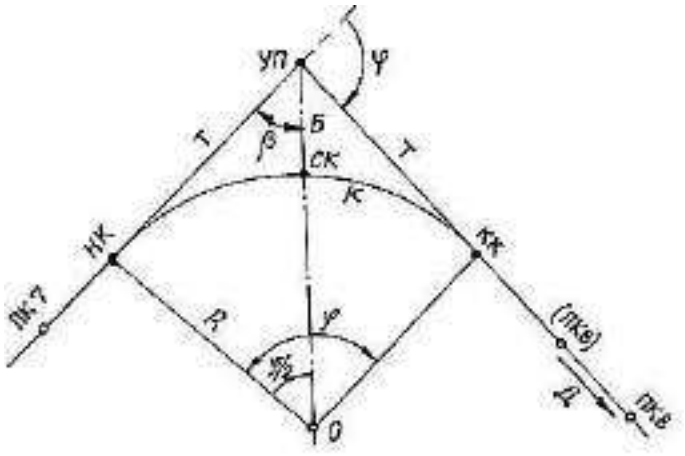


Рис. 14.11. Смещение пикета № 8 на величину домера

На каждом из отрезков находится тангенс (***Т***). После разбивки кривой ось трассы между точками НК и КК пойдет по дуге, которая короче двух тангенсов на величину домера (***Д***). Следовательно, чтобы расстояние между пикетами не изменилось необходимо сместить пикет №8 вперёд по оси трассы на величину ***Д***.

Перенос пикетов на кривую. Если пикет попадает на тангенс, то его необходимо перенести на кривую с учетом изменения расстояния по дуге. Задачу решают методом прямоугольных координат.

Рассмотрим пример на рис. 14.12. Пикет № 1 находится на тангенсе. Точка *НК* (*НКК* – на рисунке) отстоит на 72,33 м от *ПК0*. За начало условных координат принимают точку начала кривой или начала круговой кривой. Ось ***X*** направляется по тангенсу в сторону вершины угла (**ВУ**).

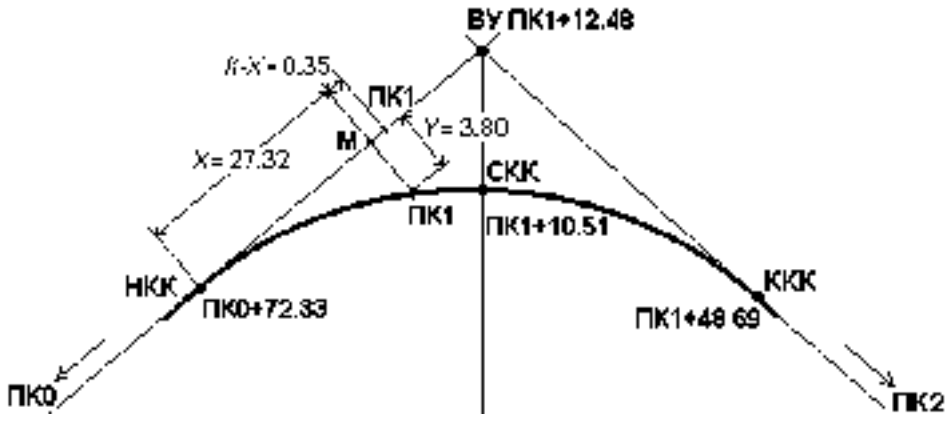


Рис. 14.12. Схема переноса пикета с тангенса на кривую

Ось *Y* направлена от *НКК* по радиусу к центру окружности (т. *О* – см. рис. 14.11). Определяют расстояние от точки *НКК* до пике-

$$x_{пк} = 100 - 72{,}33 = 27{,}67$$

та(координата $X_{пк}$): .

Затем вычисляют центральный угол, который будет стягивать дугу, равную вычисленному расстоянию (*X*):

Вычисляем прямоугольные координаты пикета на кривойx=R· sinε

$$y = R - R \cdot \cos\varepsilon = 2R \cdot \frac{\sin^2\varepsilon}{2}.$$

По вычисленным координатам перенося пикет на кривую. Для этого от точки *НК* откладывают по тангенсу величину x. В полученной точке (*М*) восстанавливают перпендикуляр (с помощью экера или теодолита) и по этому направлению откладывают величину у.

На схеме это величины x = 27.32 м и у = 3.80 м. Полученную точку на кривой закрепляют как пикет (*ПК1*). Точку *М* можно также получить, если вычислить разность:, м, и отложить это расстояние от *ПК1* в сторону начала кривой. Эту величину называют «кривая без абсциссы». При нивелировании трассы нивелируются пикеты, расположенные на кривых.

Тема 14.2. Нивелирование трассы. Полевые работы. Камеральная обработка нивелирования

Полевые работы

Нивелирование трассы производят способом из середины. Пикеты являются связующими точками, через которые передаются отметки от пикета к пикету. Поэтому нивелирование пикетов выполняют по двум сторонам рейки: черной – основной и красной – контрольной. Плюсовые точки и поперечники являются промежуточными точками – их нивелируют только по черной стороне рейки.

Порядок работы на станции:

1. Нивелир устанавливают примерно посередине между пикетами и приводят в рабочее положение по круглому уровню. При этом нивелир не требуется ставить в створе между пикетами, а достаточно соблюсти равенство плеч, то есть расстояние от нивелира до пикетов (рис. 14.13,б, станция 1).

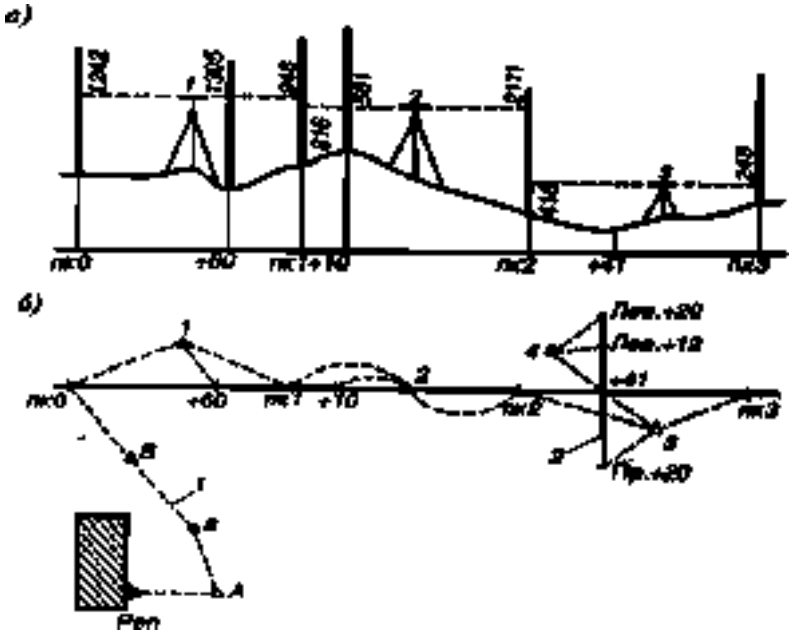


Рис. 14.13. Нивелирование трассы

2. Рейки ставятся на пикеты. На пикете пятка рейки ставится на колышек и разворачивается черной стороной в сторону нивелира. Помощник наблюдателя заполняет «Журнал нивелирования». Пример заполнения журнала приведен на рис. 14.14. В колонку № 1 записывают номер станции, в колонку № 2 – номера пикетов и промежуточных точек.

3. Зрительную трубу нивелира наводят на заднюю по ходу движения рейку (ПК 0), фокусируют, элевационным винтом приводят пузырек цилиндрического уровня на середину и берут отсчет по черной рейке ($a_ч$). Отсчет записывают в журнал в колонку № 3 «Задний отсчет». По команде наблюдателя реечник поворачивает рейку красной стороной к нивелиру. Наблюдатель проверяет положение цилиндрического уровня и берет отсчет по красной стороне рейки ($a_{кр}$). Отчет записывают в колонку № 3, в строку под отсчетом по чёрной стороне рейки.

Во время взятия отсчетов реечник плавно покачивает рейку в сторону нивелира, а наблюдатель улавливает момент минимального отсчета который соответствует отвесному положению рейки.

4. Поворачивают нивелир и визируют на переднюю рейку (ПК1). Аналогично берут отсчеты на переднюю рейку по черной ($b_ч$) и красной ($b_{кр}$) сторонам. Отсчеты записывают в журнал в графу № 4 «Передний отсчет».

5. Прежде чем дать разрешение задней рейке покинуть пикет выполняют полевой контроль.Для этого вычисляют превышения между пикетами по черной и красной сторонам рейки:

$$h_ч = a_ч - b_ч;$$

Превышения вычисляют строго по схеме: «задний» минус «передний». Эта схема определяет знак превышения. Превышение будет положительным, если двигаемся «в гору», и отрицательным – если двигаемся «с горы».Превышения записывают в колонку № 6, в графу «вычисленные», и сравнивают между собой. Допустимое расхождение красного и черного превышений на станции – не более 4 мм:

мм.

Если превышения укладываются в допуск, то вычисляют среднее превышение с округлением до 1 мм и записывают в колонку № 7, в графу «средние».

Дополнительным контролем взятия отсчетов на пикеты служит вычисление пяточной разности (ПР).

Пяточная разность – это разность между красным и черным отсчетами, взятыми на одной точке. Пяточная разность должна соответствовать начальному отчету, с которого начинается красная сторона рейки с точностью ± 2 мм:

мм.

Журнал нивелирования

Дата *15.07.2004 г.* Дата _____

Наблюдатель *Петров А.Н.* Вычислитель _____

Инструмент *2Н3Л*

Номер станции	Номер пикета	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, ГИ, м	Абсолютные отметки, Н, м
		задний	передний	промежуточный	вычисленные	средние	исправленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ПК 0	999	($a_ч$)						
		5684	($a_{кр}$)						
		(4685)	(ПР)						
	+60			418					
	П+9			300	546	546			
	П+20			2092	546				
	Л+14			305					
	Л+20			2850					
	ПК1		453	($b_ч$)					
			5138	($b_{кр}$)					
			(4685)	(ПР)					
2	ПК 1	1736							
		6422							
		(4686)			1350	1351			
	ПК 2		386		1351				
			5071						
			(4685)						

Рис. 14.14. Пример заполнения журнала нивелирования

7. После выполнения полевого контроля на станции заднему реечнику подают сигнал и он начинает движение по трассе в сторону переднего пикета (ПК1). По ходу движения рейка устанавливается на плюсовые точки (ПК0+60, см. рис. 14.13) и поперечники. Эти точки являются промежуточными и нивелируются только черной стороне рейки. Рейка ставится пяткой на грунт. Отсчеты записываются в журнал в колонку № 5, в графу «промежуточный». Передняя рейка в это время остается на месте.

8. После того, как будут отнивелированы все промежуточные (плюсовые) точки между пикетами (ПК0 и ПК1),задняя рейка уходит на следующий пикет (ПК2). Нивелир снимается со станции № 1 и переходит на вторую станцию между пикетами ПК1 и ПК2. На второй станции передняя рейка, которая осталась на ПК1, становится задней.

Важно!Нивелир снимается со станции только после того, как будут проверены:

- правильность взятия отсчетов (по пяточной разности;

- правильность вычисления превышений между пикетами или пикетом и связующей точкой (черное и красное превышения).

Если ошибка обнаружится после того, как нивелир снят со станции – интервал между пикетами нивелируют заново со всеми плюсовыми точками.На второй станции все операции повторяются.

Иксовые точки.При нивелировании на крутых скатах может оказаться так, что превышение между пикетами настолько велико, что с одной установки нивелира не могу быть измерены. В таких случаях вводятся дополнительные связующие точки (рис. 14.15).

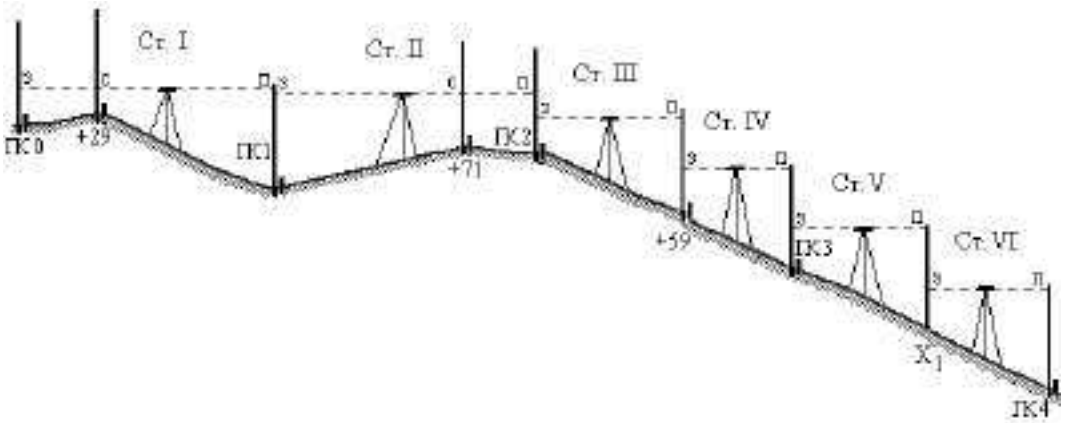


Рис. 14.15. Иксовые связующие точки

Эти точки не являются характерными с точки зрения рельефа. Они предназначены для осуществления высотной геометрической связи между пикетами. Их положение на трассе заранее не определяется. Они выбираются по ходу нивелирования. Обычно такие точки называют *иксовыми*. Иксовые точки ($x1$) нивелируются по двум сторонам рейки (как пикеты).

В журнал их записывают как x_1, x_2, x_3. Сколько иксовых точек будет по ходу нивелирования – заранее неизвестно.

Поскольку иксовая точка является связующей, для нее выбирают либо твердое естественное основание (камень, угол бордюра и т.п.), либо забивают временный кол. Иксовые точки нивелируются по двум сторонам рейки (как пикеты).

При наличии иксовой точки между пикетами (ПК3 и ПК4, см. рис. 14.15) превышение сложится из двух превышений: от пикета № 3 до точки X_1 и от точки X_1 до пикета № 4.

Для передачи высотной отметки на нулевой пикет трассы прокладывают нивелирный ход от ближайшего репера, отметка которого известна. Нивелирные ходы могут быть замкнутые, проложенные между твердыми высотными точками (реперами) или свободные (вытянутый ход, который опирается на одну твердую точку).

Двойное нивелирование. Под двойным нивелированием понимают нивелирование в прямом и обратном направлениях. Обратный ход является контрольным – поэтому нивелируются только связующие точки (пикеты и иксовые точки). Иксовые точки в обратном ходе будут располагаться в новых местах, так как их положение не фиксируют.

Для нивелирования произвольных связующих точек удобно использовать нивелирный башмак или костыль (рис. 14.16).

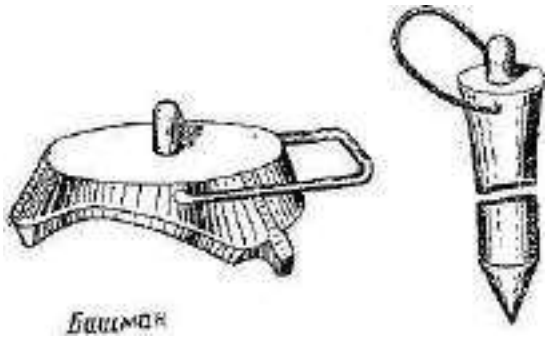


Рис. 14.16. Башмак и костыль для временной фиксации точек при нивелировании

Башмак переносит реечник. Для установки он утаптывает его ногой. Костыль забивается в грунт кувалдой. Ручки необходимы для переноски и вытаскивания приспособлений из грунта.

Камеральная обработка нивелирования

Постраничный контроль. Камеральная обработка начинается с проверки полевых записей и вычислений.Полевые вычисления проверяются методом постраничного контроля. Постраничный контроль заключается в том, что на каждой странице полевого журнала подсчитывают:

- сумму всех задних отчетов (по черной и красной сторонам рейки);
- сумму всех передних отчетов (по черной и красной сторонам рейки);

- алгебраическую сумму всех превышений (черных и красных – учетом их знаков);

- алгебраическую сумму всех средних превышений (учетом их знаков).

Затем вычисляют разность:сумма всех «задних отчетов»минуссумма всех «передних отчетов».

Полученную разность сравнивают с алгебраической суммой всех вычисленных превышений – они должны быть равны.

Затем разность делят пополам и сравнивают с алгебраической суммой всех средних превышений – они также должны быть равны.

Для удобства выполнения постраничного контроля журнал ведут так, чтобы записи на странице заканчивались пикетом или связующей (иксовой) точкой.

Вычисление высотной невязки хода. После выполнения постраничного контроля вычисляют невязку нивелирного хода и сравнивают её с предельно допустимой. Для этого вычисляют алгебраическую сумму всех средних превышений по ходу ($\sum h_{ср}$.). Полученную сумму сравнивают с теоретическим превышением. Теоретическое превышение будет зависеть от вида хода:

1) замкнутый ход,теоретическая сумма превышений равна *нулю*;

2) если ход проложен между двумя твердыми реперами – теоретическая сумма превышений будет равна разности отметок начального и конечного реперов;

3) вытянутый свободный ход – контроль выполняется двойным нивелированием,в этом случае сумма превышений прямого хода должна быть равнв сумме превышений обратного хода.

Невязку вычисляют по известной схеме: «Фактическое превышение минус Теоретическое».В техническом нивелировании невязка надолжна превышать величину $\pm 50\sqrt{L}$ (мм), где L – длина хода в километрах.

Прежде чем приступить к уравниванию превышений, необходимо определить невязку нивелирного хода и сравнить её с допустимым значением.

Уравнивание превышений.Если невязка не превышает допустимого значения, то приступают к уравниванию превышений. Для этого вычисляют поправки в превышения – полученную невязку с обратным знаком делят на количество станций. Поправки с учетом знаков суммируют с превышениями – вычисляют исправленные превышения, округляя их до 1 мм.

Исправленные превышения суммируют и полученную сумму сравнивают с теоретическим превышением по ходу. Убедившись, что превышения уравнены верно, вычисляют высотные отметки пикетов и связующих точек.

ЛЕКЦИЯ 15

Тема 15.1. Составление продольного профиля трассы. Решение задач при проектировании профиля

Итоговым документом нивелирования трассы является продольный профиль трассы. Он предназначен для проектирования линейных инженерных сооружений (автодороги, железные дороги, трубопроводные системы и пр.). Задача профиля – отобразить в заданном масштабе профиль местности по оси трассы и поперечникам, также естественные препятствия, которые пересекает трасса.

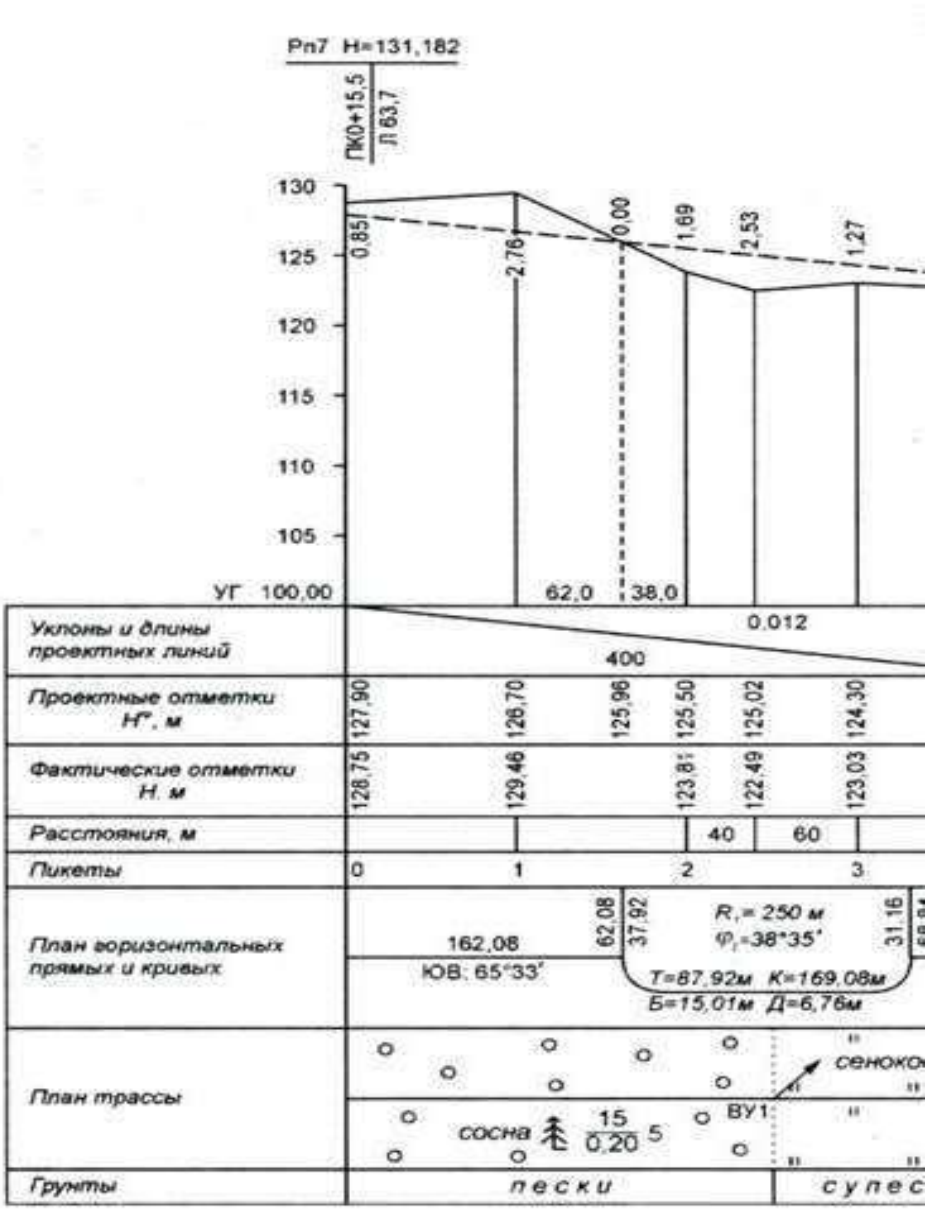


Рис. 15.1. Черный и красный профили трассы

Фактический профиль строится по отметкам, полученным в ходе нивелирования, вычерчивается четной тушью или показывается черной ломаной линией в графических программах (напримерAutocad). Этот профиль называется черным профилем. Все линии и подписи выполняются черным цветом. На профиль также наносится проектный профиль оси трассы, который должен отвечать техническим требованиям сооружения. Этот профиль показывается красной линией и называется красным профилем(рис. 15.1). Все линии и подписи, относящиеся к нему, выполняются красным цветом.

Составление черного профиля. Построение черного профиля начинается с выбора горизонтального и вертикального масштабов, в которых будет строиться профиль, и условного горизонта. Горизонтальный масштаб выбирается исходя требуемой точности и детальности проектирования. Обычно это масштабы 1:10000, 1:5000, 1:2000. Вертикальный масштаб принимается в 10 раз крупнее горизонтального, чтобы отчетливо были видны уклоны местности.

Черный профиль отражает следующие элементы (рис. 15.2):

- план в полосе трассы;
- номера пикетов и плюсовых точек;
- расстояния между пикетами и плюсовыми точками;
- отметки земли;
- условный горизонт относительно которого строится профиль.

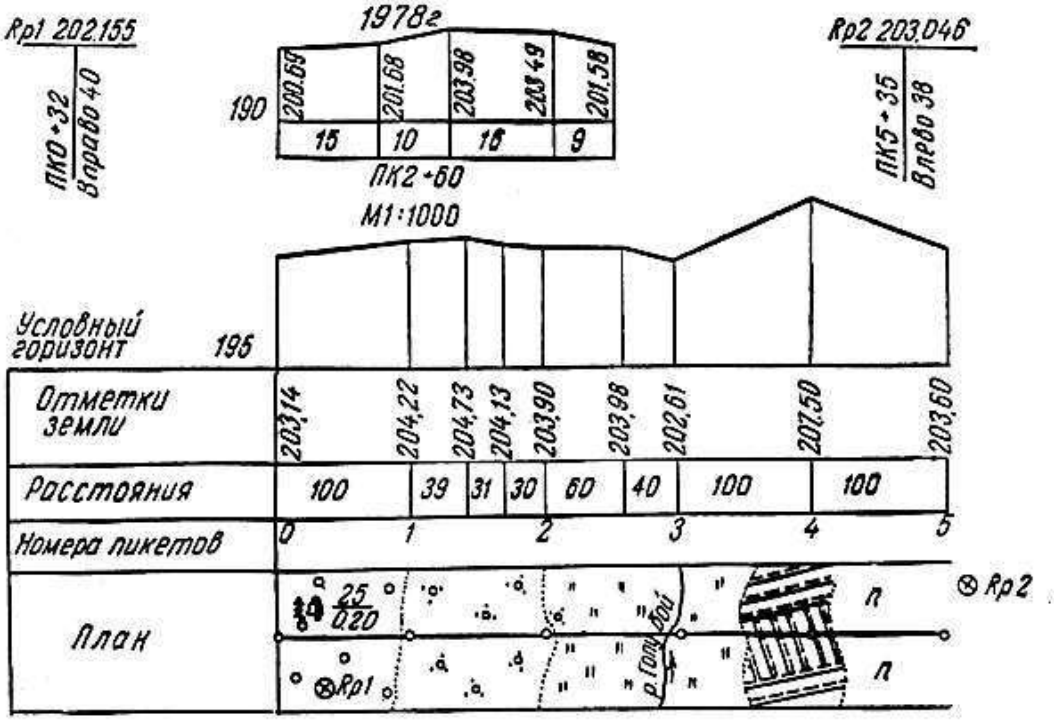


Рис. 15.2. Основные элементы фактического профиля трассы

Условный горизонт выбирается так, чтобы профиль был выше условного горизонта (УГ) на 8–10 см и профиль его не пересекал.Отметка УГ принимается кратной 10 или 5 м.

Профиль вычерчивают на миллиметровой бумаге. Линию условного горизонта проводят так, чтобы под ней можно было разместить сетку профиля. Сетка профиля содержит полосы или графы, куда записывают числовые характеристики. Пример профиля приведен на рис. 15.3. На рисунке показана сетка профиля, размеры граф и порядок их расположения. По высоте сетка занимает примерно 110–130 мм.

Порядок составления профиля.

1. На листе бумаги проводят линию условного горизонта и строят сетку профиля;

2. Обозначают начальную точку трассы (ПК-0) и в масштабе откладывают пикеты (графа № 6);

3. В графе № 5 «Расстояния» выписывают расстояния от заднего и переднего пикетов до плюсовой точки. Если между пикетами содержится несколько плюсовых точек, то также выписываются расстояния между плюсовыми точками. Важно: сумма расстояний между плюсовыми точками и пикетами должны равняться 100 м.

4. Выписывают отметки земли (черные отметки – графа № 4) пикетов и плюсовых точек.

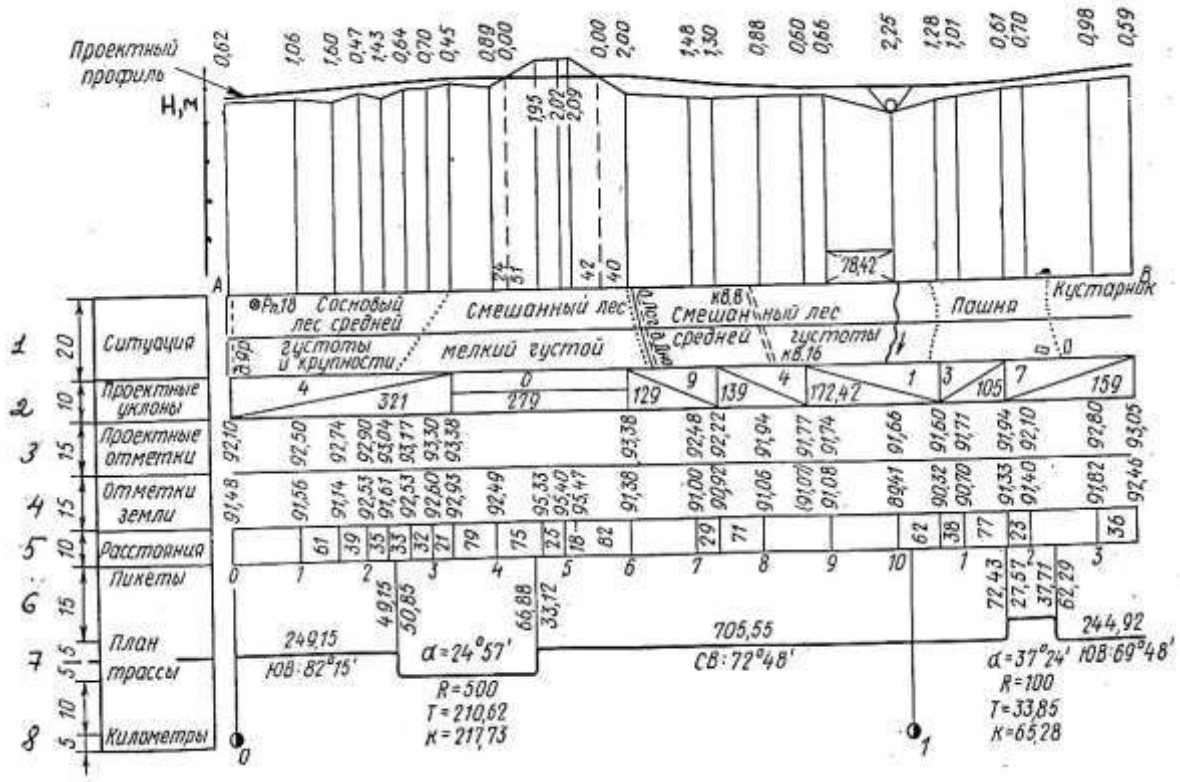


Рис. 15.3. Пример построения продольного профиля трассы

5. Высотные отметки, а точнее – отрезки в выбранном вертикальном масштабе, равные разности фактической отметки и условного горизонта.

6.Концы отрезков на перпендикулярах соединяют прямыми черными линиями. Образованная ломаная линия будет черным профилем трассы.

6. В графе № 1 составляется план трассы в соответствии с пикетажной книжкой. Ситуация отображается условными знаками. Ось трассы показывают прямой красной линией и направления углов поворота. Пикеты и плюсовые точки на плане не показывают.

Построенный фактический профиль закрепляют черной тушью.

Построение проектного (красного) профиля:

1. На профиле проводят красным цветом проектную линию профиля, которая должна соответствовать техническим требованиям (уклонам) проектируемого объекта. Поскольку обычно рассматривают несколько проектных вариантов, то проектирование ведется карандашом. После выбора окончательного варианта профиль закрепляют красным цветом (тушью).

2. При проектировании красной линии на профиле решают следующие задачи:

- определение проектных уклонов;
- определение проектных отметок;
- определение точек нулевых работ, их отметок и расстояний до них;
- определение рабочих отметок.

Решение задач при проектировании профиля

Определение уклона красной линии.Красная линия, как правило, состоит из отрезков, которые строятся между характерными точками черного профиля. Каждому отрезку будет соответствовать свой уклон. Для вычисления уклонов по профилю графически определяют отметки концов отрезков (точек перелома). Затем находят разность отметок – превышение между двумя точками (h) и горизонтальное расстояние между ними (d). Вычисляют уклон:i = h / d.В графе № 2 проводят диагональные линии меду точками перелома или горизонтальную линию посередине – если участок горизонтальный. Над линией красным цветом записывают значение уклона в процентах или промилях, под линией – длину участка.

Вычисление красных отметок.Красные отметки вычисляются для каждого пикета и плюсовых точек и записываются в графу № 3 (рис. 15.3). Красные отметки рассчитываются по расстояниям и проектным уклонам относительно точек перелома проектного профиля, где H_o – красная отметка начальной точки участка;H_n – красная отметка определяемой точки; $h = i \cdot d$ – превышение.

Вычисление рабочих отметок.Рабочими отметками называют разности черных и красных отметок одной и той же точки (это пикеты и плюсовые точки). Рабочие отметки показываю высоту насыпи или глубину вы-

емки грунта. Они подписываются с точностью до 1 см над профилем (для участков с насыпью) и под профилем (на участках с выемкой).

*Вычисление синих отметок.*Пересечения красной линии счерной называют точками нулевых работ (точка *М* на рис. 15.4). В этих точках рабочие отметки равны нулю. Положение этих точек на трассе вычисляют с точностью до десятых долей метра из пропорции: $h = i * d$ *–превышение*

$$\frac{a}{b} = \frac{x}{d - x},$$

откуда.

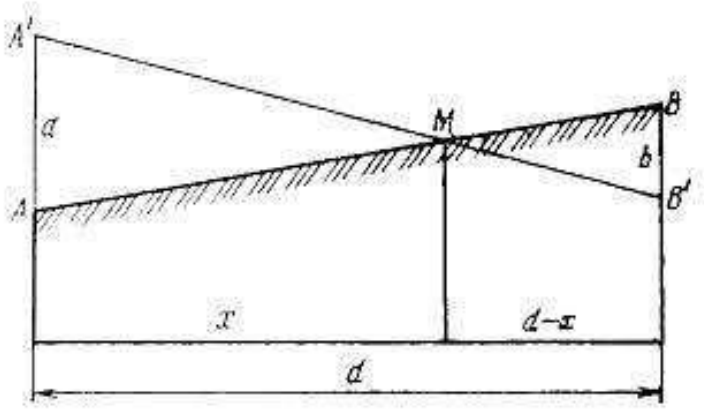


Рис. 15.4. Схема к расчету расстояния до точки нулевых работ

Отметка точки нулевых работ (*М*) вычисляем по расстоянию и проектному уклону: .Отметки нулевых работ записываются синим цветом и называются *синими отметками*. В графе № 7 проводят ось трассы, на которой показывают участки кривых и выписывают характеристики элементов кривой (угол поворота, радиус и длину кривой, тангенс).Кривая изображается дугой, выпуклая часть которой обращена вниз – при повороте налево, вверх – при повороте направо. Начало и конец кривой показывают перпендикулярами, построенными до графы № 5, на которых подписывают расстояния до начала и конца кривой от ближайших пикетов.

ЛЕКЦИЯ 16

Тема 16.1. Нивелирование поверхности. Подготовка площадки для нивелирования. Способы нивелирования. Составление топографического плана площадки

Нивелирование поверхности производят для детального изображения рельефа участка местности, на котором предполагается создание каких-либо инженерных сооружений (промышленное и гражданское строительство и эксплуатация карьеров, промышленных площадок шах и т.д.).

В зависимости от характера рельефа и ситуации местности, а также от величины площади нивелируемой поверхности могут быть применены следующие способы нивелирования: по квадратам, параллельных линий и магистралей.

Нивелирование по квадратам.Этот способ применяют в тех случаях, когда съёмке подлежат небольшие открытые участки местности со спокойным рельефом. Нивелирование производится по сетке квадратов, разбиваемой в пределах снимаемой площади. Для этого через точку, находящуюся в середине участка, проводят две взаимно перпендикулярные линии X и Y. Обычно линию X направляют параллельно изображению осевого меридиана. Иногда же эти линии располагают по основным осям будущего сооружения.

Подготовка площадки для нивелирования

По осям X и Y откладывают равные отрезки величиной от 10 до 100 метров. Величины сторон квадратов выбираются в зависимости от характера рельефа и степени необходимой подробности его изображения. Чем мельче формы рельефа, тем короче должны быть стороны квадратов. Вершины квадратов закрепляются на местности колышками. Обычно сторону квадрата принимают равной 20 м.Номера колышков представляют собой дроби, в числителе которых стоит номер линии, параллельный оси Y, а в знаменателе номер линии, параллельной оси X (например, а1, а2, в1, в2, рис. 16.1).

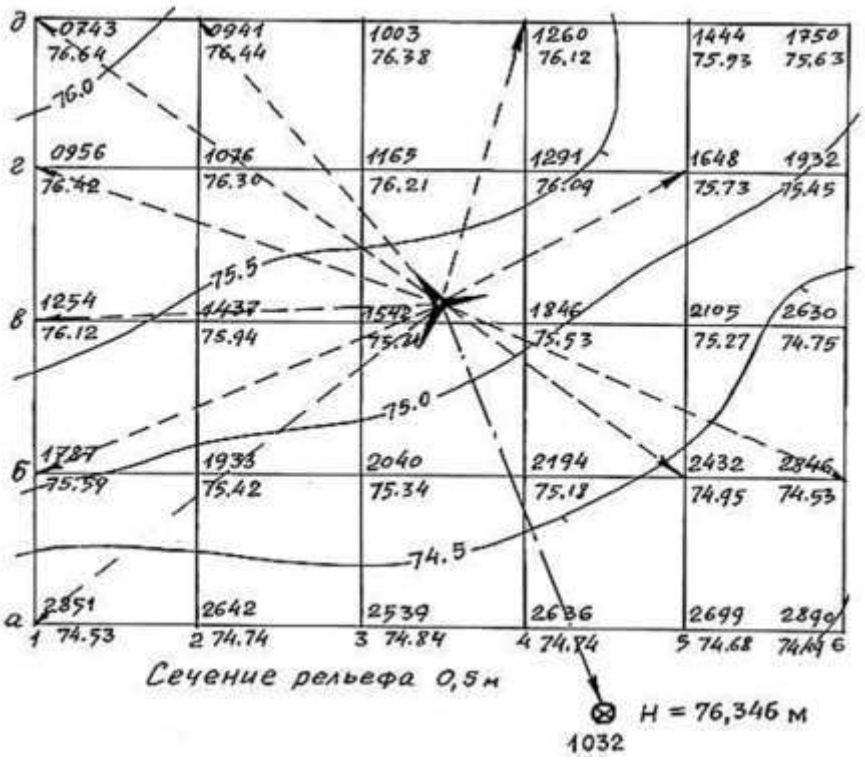


Рис. 16.1. Нивелирование по квадратам с одной станции

Одновременно с разбивкой сети квадратов определяются все пересечения сторон квадратов с контурами, что позволяет легко наносить эти контуры на план. При этом ведется абрис съёмки, на который наносят все контуры.

Нивелирование проложением хода

Если размер сторон квадрата меньше 50 м, то нивелировку нескольких квадратов можно вести с одной станции. Что бы обеспечить возможность вычисления отметок в одной системе и контроль измерений, в первую очередь нивелируют замкнутый ход (рис. 16.2). Нивелирование ведётся так же, как и нивелирование связующих точек в продольном нивелировании. Одновременно с нивелированием замкнутого хода с тех же станций производят нивелирование вершин квадратов, как промежуточных точек.

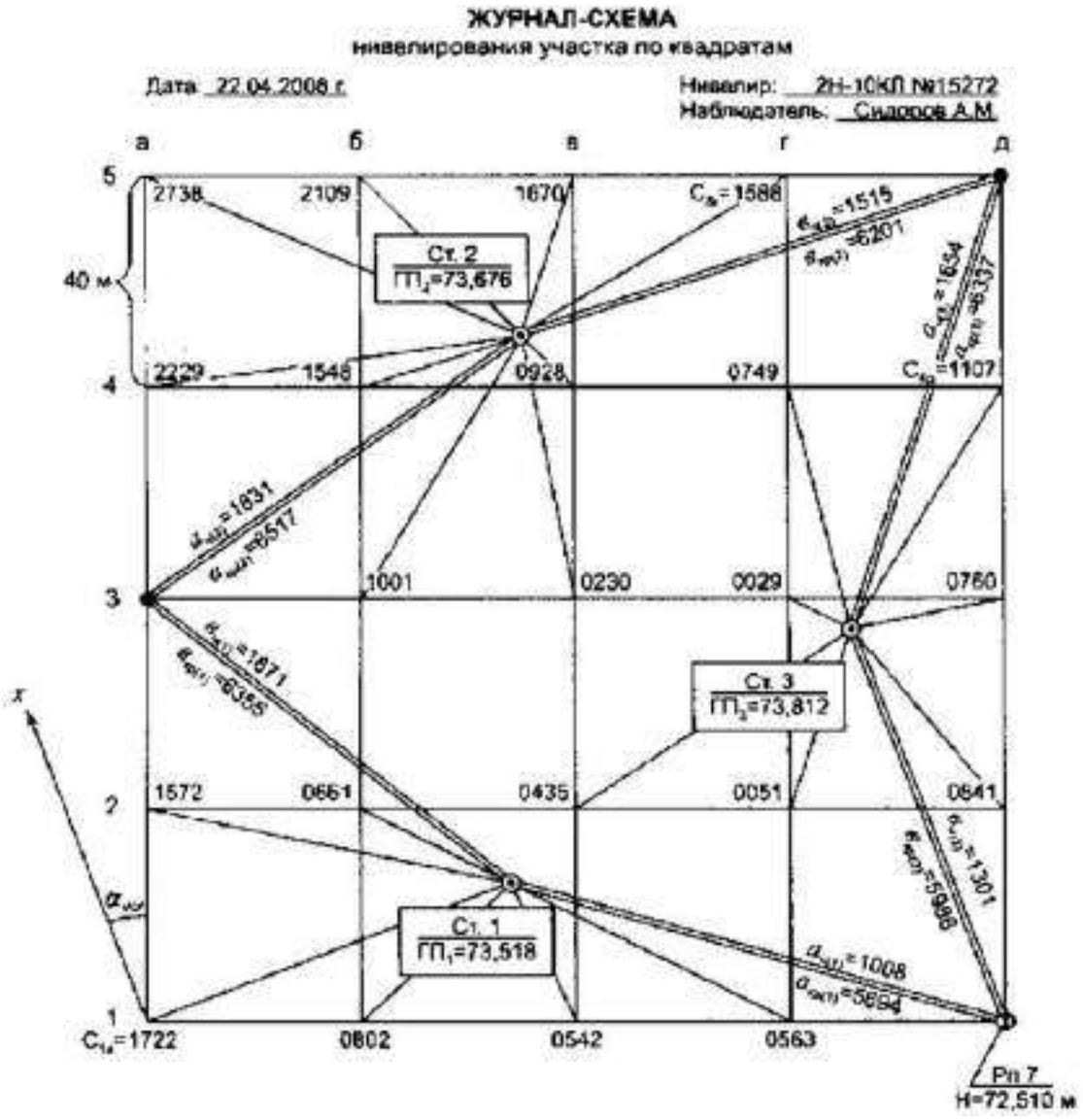


Рис. 16.2. Схема нивелирования по квадратам с проложением замкнутого нивелирного хода

Увязав замкнутый ход и вычислив на каждой станции горизонт инструмента, приступают к вычислению отметок вершин квадратов, которые ведётся по формуле$H_i = ГИ - a_i$,где H_i – отметка вершины квадрата с номером i; a_i – отчёт по чёрной стороне рейки, установленной на вершине этого же квадрата.

Составление плана

Составление плана производится в следующем порядке. На листе плотной бумаги в заданном масштабе строится сеть квадратов. На основании абриса съёмки на план наносятся заснятые контуры, все пикеты и плюсовые точки.Около этих точек выписывают их номера и абсолютные отметки, округлённые до 1 см. После этого приступают к рисовке рельефа (рис. 16.3).При помощи интерполирования, зная расстояние между двумя

точками и их отметки, легко найти расстояние до ближайших к ним горизонталей, расположенных между этими точками.

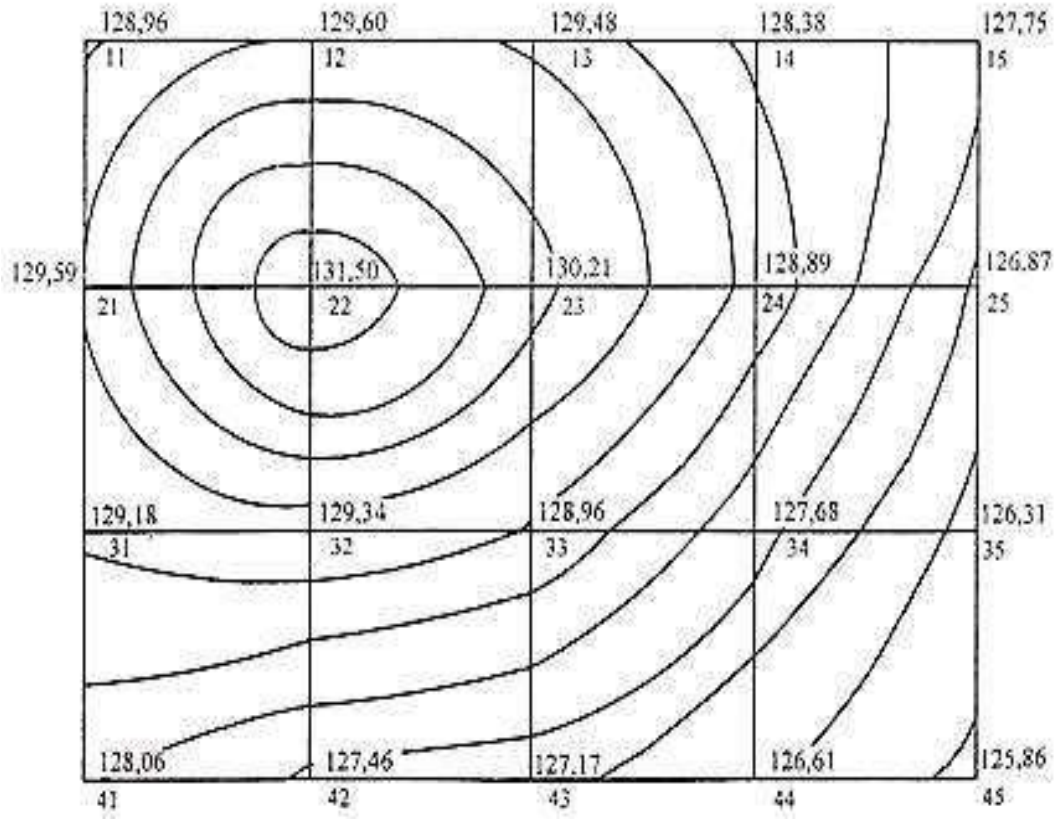


Рис. 16.3. Фрагмент плана нивелирования поверхности

Составление топографического плана строительной площадки. Вычисленные через горизонт прибора (ГП) отметки промежуточных точек, как и отметки точек опорного хода, с точностью до 0,01 м, выписываются на топографический план (рис. 16.4). Для данного примера расчётно-графической работы высота сечения рельефа принята равной 0,25 м.

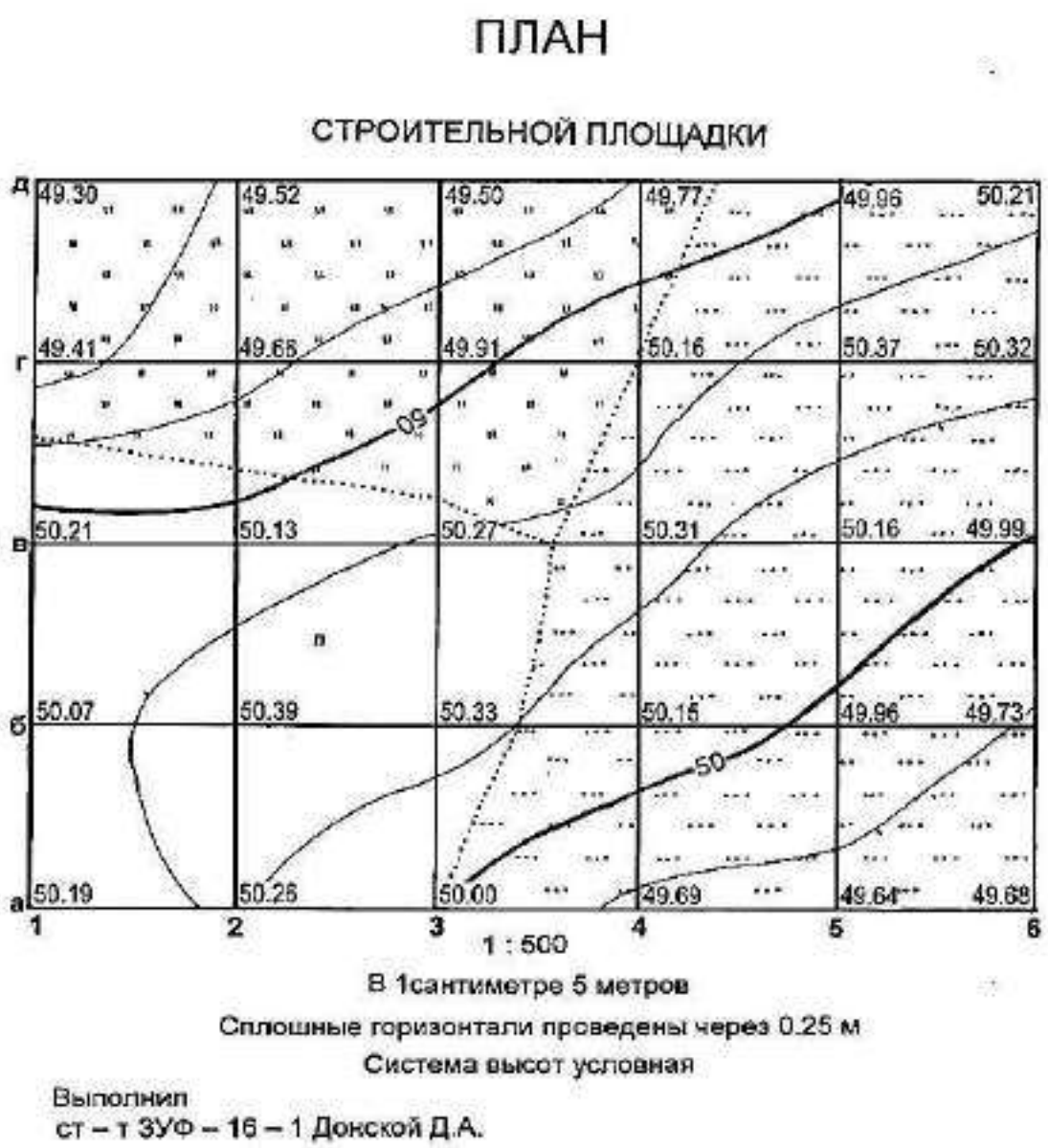


Рис. 16.4. Пример оформления плана

Поскольку нивелирование по квадратам производится для площадей с небольшими уклонами, то определение положения точек с отметками кратными высоте сечения рельефа, осуществляется только по сторонам квадратов. Определение положения таких точек по известным отметкам называется интерполированием. Интерполирование допустимо выполнять только между точками с ровным однородным скатом. Затем полученные точки с одинаковыми высотами соединяют плавными линиями – горизонталями.Интерполировать можно *аналитическим и графическим способом*, а при некотором опыте интерполирование с допустимой точностью выполняется на глаз.

При аналитическом способе определяются расстояния между точками вершин квадратов и горизонталями (рис.16.5).

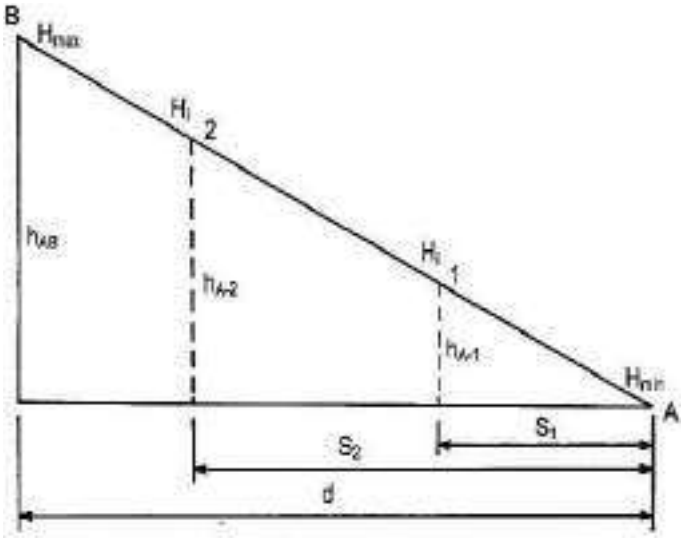


Рис. 16.5. Пример интерполяции аналитическим способом:d – расстояние между точками с известными отметками (длина стороны квадрата), м

Допустим, между точками*A* и *B* при данном сечении рельефа проходят две горизонтали 1 и 2.Расстояния S_1 и S_2 находятся из подобия треугольников:

$$\frac{h_{A-1}}{h_{A-B}} = \frac{S_1}{d},$$

где h_{A-1} –превышение между минимальной отметкой и отметкой искомой первой горизонтали, м;

h_{A-B}– превышение между минимальной и максимальной известными отметками, м;

S_1– расстояние между точкой с минимальной отметкой и искомой первой горизонталью, м.

В общем случае, расстояние *S* до любой горизонтали от точки с минимальной отметкой может быть определено из зависимости:

$$S_i = \frac{H_i - H_{min}}{H_{max} - H_{\min}} \cdot d,$$

где H_i – высота определяемой горизонтали, м;

H_{min}– высота точки с минимальной отметкой от которой необходимо отложить определяемое расстояние, м;

H_{max}– высота точки с максимальной отметкой, в направлении которой откладывается определяемое расстояние, м;

d– длина стороны квадрата, см.

Полученное расстояние S_1 и S_2, в сантиметрах, откладывается от точки*A* в направлении точки *B*. Таким образом определяется положение горизонталей 1 и 2.

Интерполяция палеткой.Палетка представляет собой кальку с прочерченными через одинаковое произвольное расстояние параллельными линиями. Эти линии, для удобства пользования, оцифровываются справа и слева, отминимальной до максимальной отметки плана, согласно высоте сечения рельефа.

Расстояние между линиями можно выбрать следующим образом. Находится сторона квадрата, которую пересекает наибольшее количество горизонталей. Длину стороны делят на количество горизонталей плюс одна дополнительно, и эта величина будет расстоянием, через которое необходимо проводить линии. При малых расстояниях между линиями сложнее добиться требуемой точности построения горизонталей. Поэтому палетки чаще всего строят через 2–5 миллиметров. Для планов со сложным рельефом можно изготовить различные палетки, на пологие и крутые скаты.

Определение положения горизонталей при использовании параллельной палетки показано на рис.16.6.

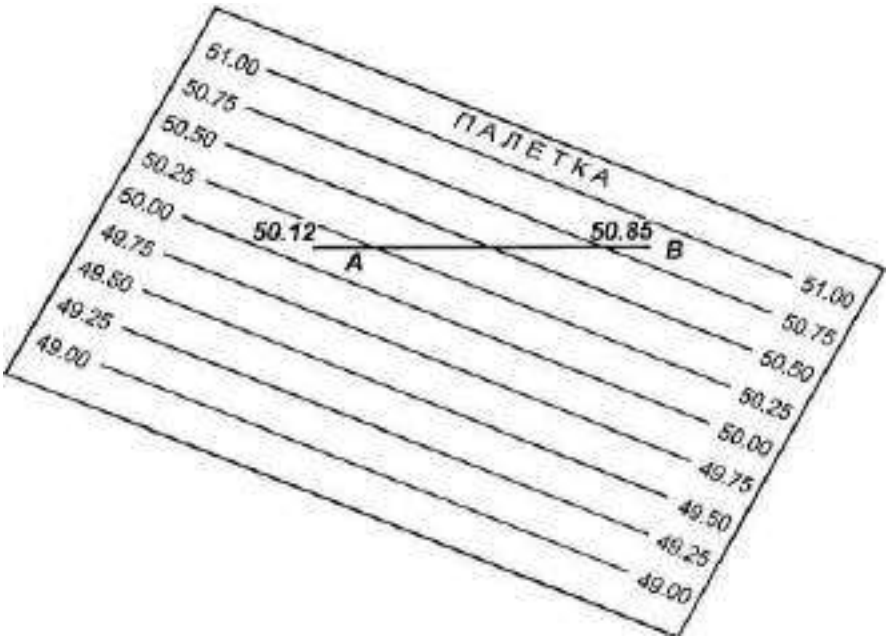


Рис. 16.6. Пример интерполяции при помощи палетки

Сечение рельефа на вычерчиваемом плане (см. рис. 16.4) составляет 0.25 м, соответственно и горизонтали палетки оцифрованы через 0.25 м, от минимальной отметки плана до максимальной. Накладываем палетку на отрезок между точками*A* и *B* с отметками 50.12 м и 50.85 м. Палетку поворачивают таким образом, чтобы точки *A* и *B* заняли места между соответствующими горизонталями палетки, согласно их отметкам. Тогда горизонтали палетки 50.25, 50.50, 50.75 м пересекут отрезок *AB* в точках, отметки которых будут соответственно 50.25, 50.50, 50.75 м.

Точки пересечения накалывают карандашом или измерителем, а их следы отмечают на плане. Высоты полученных точек предварительно подписывают карандашом.

Выполнив интерполирование на сторонах двух–трёх квадратов, через точки с одинаковыми отметками проводят горизонтали. При этом следят за ходом соседних горизонталей.После вычерчивания всех горизонталей, выполняют их окончательную укладку,то есть согласуют их между собой в соответствии с рельефом местности.

Оформление плана строительной площадки. Чертёж оформляется тушью на листе не менее А4. Допустимо сетку квадратов, отметки вершин, ситуацию, все надписи выполнить чёрным цветом, а горизонтали и отметки горизонталей коричневым цветом (сиеной жжёной). Нормальным шрифтом, выше плана, подписывается название чертежа: «ПЛАН СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ».

Слово «ПЛАН» пишется прямым шрифтом 10 посередине, чуть ниже «СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ» шрифтом 5(см. рис. 16.4).Ниже плана, по центру, нормальным шрифтом 3.5 подписывается масштаб численный «1:500», масштаб именованный «В 1 сантиметре 5 метров», высота сечения рельефа – «Сплошные горизонтали проведены через 0.25м», принятая система высот – «Система высот условная».

Вычерчивают горизонтали, утолщая каждую кратную 1 м, и подписывают её отметку. Наносят бергштрихи. Согласно абрису вычерчивается ситуация, в соответствии с требованиями условных знаков.

Тема 16.2.Вертикальная планировка площадок. Проектирование горизонтальной площадки. Составление картограммы земляных работ. Расчет баланса земляных масс

В процессе подготовки площадки к строительству или рекультивации возникает необходимость изменения рельефа. Преобразование существующего на площадке рельефа в проектный, в соответствии с техническими требованиями, называется *вертикальной планировкой*. Планировка заключается в создании горизонтальных или наклонных плоскостей вместо естественной поверхности.

Вертикальная планировка может быть:

- под площадочный объект (под насосную станцию, орошаемый участок и др.);

- под линейное сооружение (канал, дорогу).

Планировка выполняется мелиоративными и строительными машинами с образованием выемок и насыпей в соответствии с проектом. Максимальный экономический эффект получают при условии *нулевого балан-*

са земляных работ. Объём выемки примерно должен быть равен объёму насыпей. Тогда весь объём разрабатываемого грунта перемещается внутри площадки.

Графической основой проекта планировки является топографический план, полученный в результате нивелирования поверхности. Исходными данными служат фактические отметки вершин квадратов.

Условие нулевого баланса земляных работ обеспечивается при создании горизонтальной плоскости на определённой высоте. Проектную отметку горизонтальной плоскости можно вычислить по фактическим отметкам:

$$H_{\text{пр.}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n},$$

где $\sum H_1$– сумма фактических отметок вершин, входящих только в один квадрат, м;

$\sum H_2$, $\sum H_3$, $\sum H_4$– соответственно, суммы фактических отметок вершин, общих для двух, трёх, четырёх квадратов, м;

n–число квадратов.

Пример:

.

Для упрощения расчётов проектную отметку можно определить через условные отметки. Для чего строится сетка квадратов. Около вершин выписываются фактические отметки. Под ними выписывают условную отметку, которая определяется как разность фактической отметки для данной вершины и минимальной для данной площадки (рис. 16.7):

$$h_{\text{усл.}} = H_i - H_{\min},$$

гдеH_i - фактическая отметка для данной вершины, м;

H_{min} – минимальная отметка для данной площадки, м.

Так для вершины *a1* при H_{min}=49.30 м и H_{a1}=50.19 м условная отметка составит: $h_{a1\ усл.}$ = 50.19 – 49.30 = 0.89 м.

Тогда проектная отметка определится по формуле

$$H_{\text{пр.}} = H_{min} + \frac{\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4}{4n}.$$

Пример:

$$H_{\text{пр.}} = 49{,}30 + \frac{2{,}18 + 2 \cdot 7{,}87 + 4 \cdot 10{,}20}{4 \cdot 20} = 50{,}03 \text{ м}.$$

Как видно из приведенного примера, два способа вычислений дали одну и ту же проектную отметку.

Вычисление рабочих отметок. После определения проектной отметки горизонтальной площадки приступают к вычислению рабочих отметок. Рабочие отметки вычисляются для каждой вершины квадрата по формуле$h_{раб} = H_{пр} - H_{факт.}$

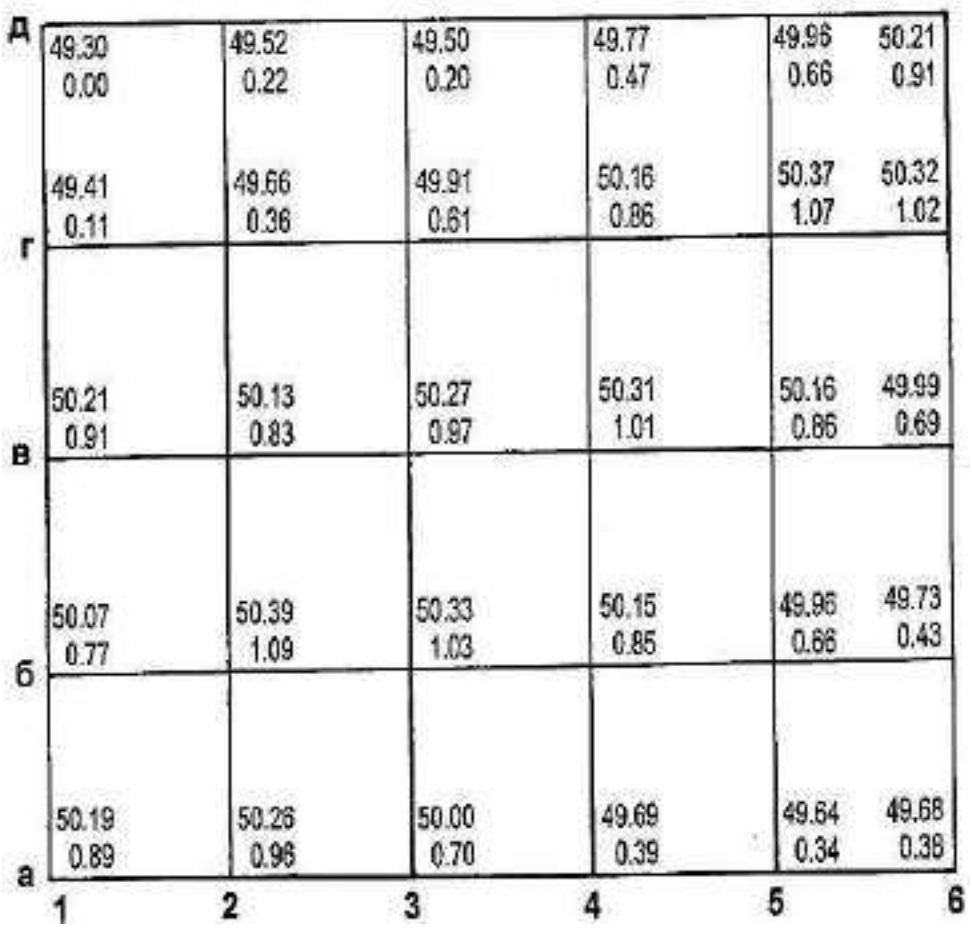


Рис. 16.7. Схема вычисления условных отметок

Рабочие отметки могут быть положительными и отрицательными. Рабочие отметки подписываются синим цветом возле вершин квадратов. Потому за цвет их еще называют «*синими отметками*». Знак «+» показывает, что необходимо произвести подсыпку грунта. Знак «-» говорит о том, что необходимо срезать грунт. Срезанный грунт перемещается в пределах площадки и укладывается в насыпь. При правильном расчете проектной отметки объем срезанного грунта компенсирует объем насыпи.

Между зоной срезки и зоной насыпи возникает линия нулевых работ, отметка которой соответствует проектной. Положение этой линии рассчитывается для всех сторон квадратов, где происходит переход от положительных рабочих отметок к отрицательным. Положение точки нулевых работ на стороне квадрата определяется из подобия треугольников (рис.16.8).

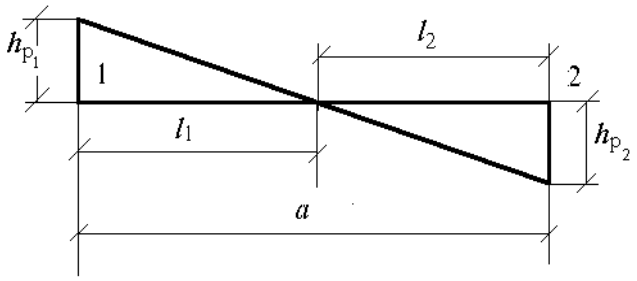


Рис. 16.8. Схема определения точки нулевых работ на стороне квадрата

Расстояние от точки 1 до точки нулевых работ вычисляют поформуле

$$l_{1.} = \frac{h_{p1}}{h_{p1} + h_{p2}} a \ ,$$

где h_{p1} – высота срезки; h_{p2} – высота насыпи;a– длина стороны квадрата.

Полученные точки отмечают на сторонах квадратов, соединяют отрезками и получают ломаную линию – *линию нулевых работ*. Эта линия делит квадраты, которые она пересекает на фигуры. План площадки разделенной на квадраты, на котором подписаны рабочие отметки, показана линия нулевых работ, зоны выемки и насыпи называется *картограммой земляных работ*. Пример картограммы земляных работ показан на рис. 16.9.

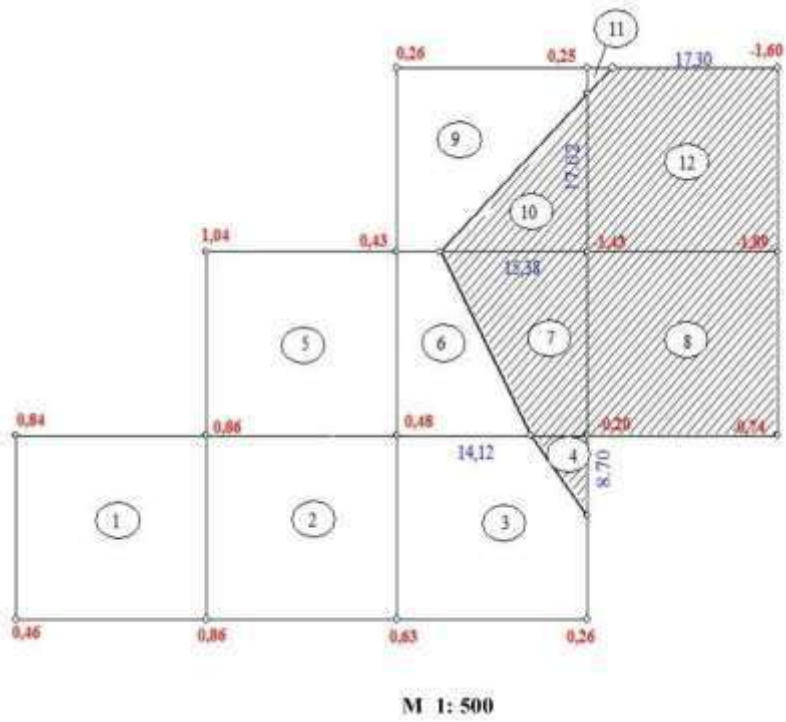


Рис. 16.9. Картограмма земляных работ

Затем все квадраты и фигуры нумеруются и для каждого участка подсчитывают объем земляных масс. Для этого определяются площадь фигуры(S_i)и средняя рабочая отметка в контуре фигуры ($h_{раб.\ ср}$).

Площадь фигуры вычисляется исходя из её геометрической формы. Рабочая отметка рассчитывается как среднее арифметическое рабочих отметок всех её вершин, включая вершины с нулевыми отметками (которые попадают на линию нулевых работ).

Объем отдельной фигуры вычисляется по формуле

$V_i = S_i \cdot h_{раб.\ ср.}$Суммарный объем выемки должен примерно равняться суммарному объему насыпи, что обеспечивает баланс земляных масс. Вычисление баланса земляных масс сводят в таблицу.Образец таблицы дан на рис. 16.10.

Номер фигуры	Площадь фигуры,м^2	Средняя рабочая отметка, м	Объем,V м^3	
	S	$h_{раб.ср.,}$	выемки	насыпи
1	400	+0,76		304,00
2	400	+0,71		284,00
3	374	+0,27		100,98
4	26	–0,07	1,82	
5	400	+070		280,00
6	187	+0,23		43,01
7	213	–0,41	87,33	
8	400	–1,06	424,00	
9	268	+0,19		50,92
10	132	–0,48	63,36	
11	4	+0,08		3,20
12	396	–0,98	388,08	
	$S_{общ.}$=3200 м^2		Vв=964,59	Vн= 1066,11

Рис. 16.9. Вычисление баланса земляных масс

Вычисление баланса земляных масс заканчивается определением погрешности вычисленного баланса:

$$\frac{V_В - V_н}{V_В + V_н} \text{ x } 100\% < 5\%.$$

Если погрешность составляет менее 5%, то качество выполненной работы считается удовлетворительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геодезия : учебник / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. - Москва : Академический Проект, 2007. - 592 с.

2. Геодезия : учебник / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков ; Международная ассоциация "Агрообразование". - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва :КолосС, 2006. - 598 с.

3. Геодезия : курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2017. - 149 с.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

Шмонин А. Б.

ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе
по дисциплине для студентов специальности
21.05.04 «Горное дело»

Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

Екатеринбург – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента	6
2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения	7
3. Расчётно-графические работы	12
3.1. Расчётно-графическая работа №1. Построение топографического плана по результатам топографических работ.	12
3.2. Расчетно-графическая работа №2. Построение продольного профиля по результатам нивелирования трассы автодороги	16
Рекомендуемая литература	19

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента по дисциплине «Геодезия» составляет 252 часа или 7 зачетных единиц. Из них 129 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Геодезия» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита плановых практических работ; подготовка к тестированию; подготовка к экзамену.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Геодезия». Она содержит названия разделов с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов на экзамен. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины «Геодезия» в данном учебно-методическом пособии приведены контрольные вопросы по темам и образцы тестовых заданий.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения и тестовые задания. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

7. Для самоконтроля используйте тестовые задания.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема 1. Общие сведения о форме и размерах Земли

Геодезия. Основные научные и научно-технические задачи геодезии. Роль геодезических определений при разработке месторождений полезных ископаемых. Современные представления о форме и размерах земли. Уровенная поверхность. Геоид. Референц - эллипсоид Красовского. Системы координат: географическая, плоская прямоугольная, полярная. Зональные прямоугольные координаты в проекции Гаусса. Система высот. Абсолютные и относительные высоты.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные научные и научно-технические задачи геодезии.
2. Какие геометрические измерения выполняются в геодезии.
3. Назовите участников процесса измерений?
4. Какие показатели заложены в классификацию теодолитов по точности?
5. Что такое процесс измерения ?
6. Назовите виды ошибок измерений.
7. Опишите современные воззрения на форму и фигуру Земли?
8. Чем отличается референц-эллипсоид от общеземного эллипсоида.
9. Назовите референц-эллипсоид принятый в России.
10. Как на инженерном калькуляторе перевести угол, выраженный в градусах, минутах и секундах, в градусы с десятичными долями градуса?
11. Для чего применяют проекции наклонных линий на плоскость?
12. Назовите источники ошибок при геодезических измерениях?.
13. Какие вы знаете способы выражения масштаба топокарты?
14. Как исключить грубые ошибки при измерениях ?
15. Как на инженерном калькуляторе перевести значение угла, выраженное в градусах с десятичными долями градуса в значение, выраженное в градусах, минутах и секундах?
16. Роль геодезических измерений при разработке месторождений полезных ископаемых.
17. Система географических координат.
18. Система плоских прямоугольных координ
19. Полярные координаты в геодезии.
20. Зональные прямоугольные координаты в проекции Гаусса-Крюгера.
21. Система высот в геодезии.
22. Абсолютные и относительные высоты в геодезии.
23. Что такое уровенная поверхность в геодезии.
24. Чем отличается квазигеоид от геоида.

Тема 2. Топографические карты и планы

Назначение и классификация топографических карт. Масштабы: численный, линейный, поперечный. Точность масштаба. Классификация условных знаков при изображении содержания карт. Зарамочное оформление топокарт. Ориентирование направлений. Истинный и магнитный азимуты. Дирекционный угол. Сближение меридианов. Изображение рельефа на топографических картах горизонталями. Номенклатура топографических карт. номенклатура планов в прямоугольной разграфке. Способы измерения площадей по топографическим картам и планам. Полярный планиметр. Топографические задачи, решаемые по топографическому плану и карте: определение координат и высот точек, площадей, ориентирование направлений

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Для каких целей используются картографические проекции?
2. Какая картографическая проекция используется в России для топографических карт?
3. Чем различаются топографические план и карта?
4. Перечислите достоинства и недостатки равноугольной картографической проекции Гаусса-Крюгера.
5. Что такое разграфка топографической карты?.
6. . Что такое номенклатура топографической карты?
7. Какие условные знаки на карте называют внемасштабными?
8. Какие линии на топографической карте называют горизонталями?
9. Как устроен линейный масштаб на топографической карте?
10. Как устроен масштаб заложений?
11. Какая система высот используется на топографической карте в России?
12. Для чего служит осевой меридиан в 6° зоне.
13. Как определить долготу осевого меридиана, зная № 6° зоны?
14. Какой масштаб имеет топографическая карта с номенклатурой N-38-Б.
15. Перечислите свойства горизонталей на топографической карте.

Задания для тестирования:

1. Что принято в Геодезии за математическую модель фигуры Земли?

A. шар
B. геоид
C. эллипсоид
D. конус

2. Какой референц-эллипсоид принят в России для картографирования?

A. Хейвода
B. Красовского
C. Бесселя
D. WGS-84

3. От уровенной поверхности какого моря в России ведётся счёт высот точек рельефа земной поверхности на топокартах и топпланах?

A. Каспийского
B. Чёрного
C. Охотского
D. Балтийского

4. Каков масштаб топографической карты, если её номенклатура N-41-А .

A. 1:1 000 000
B. 1:500 000
C. 1:200 000
D. 1:100 000

5. Какой масштаб является нестандартным для топографической карты?

A. 1:100 000 мм
B. 1:25 000
C. 1:20 000
D. 1:10 000

6. Для графического интерполирования высотных отметок при построении горизонталей на топографических планах применяется:

A. курвиметр
B. планиметр
C. транспортир
D. линейная палетка

7. На топографической карте обозначен масштаб 1:25000. Как называется такой вид обозначения масштаба?

A. именованный
B. линейный
C. численный
D. цифровой

8. На топографической карте масштаб заложений используется для определения:

A. длин прямолинейных отрезков
B. высотных отметок точек
C. углов наклона линий

D. площадей фигур

9. В системе прямоугольных плоских геодезических координат ось У совпадает с:

A. географическим меридианом точки
B. осевым меридианом 6° или 3° зоны
C. линией перемены дат
D. линией экватора

10. В системе прямоугольных плоских геодезических координат ось X совпадает с:

A. географическим меридианом точки
B. осевым меридианом 6° или 3° зоны
C. магнитным меридианом точки
D. линией экватора

Тема 3. Геодезические измерения

Угловые измерения. Теодолит, его устройство Поверки теодолита. Измерение горизонтальных и вертикальных углов. Линейные измерения. Измерение линий нитяным дальномером, мерной лентой. Принцип измерения расстояний светодальномерами. Классификация ошибок. Средние квадратические ошибки. Относительные ошибки. Невязки. Математическая обработка ряда равноточных независимых измерений одной и той же величины. Математическая обработка ряда неравноточных независимых измерений одной и той же величины. Поправки, вводимые в измеренные расстояния. Измерения неприступных расстояний Измерение превышений Методы определения превышений: геометрическое, тригонометрическое и др. нивелирования Нивелир, его устройство и поверки. Нивелирные рейки.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что понимается под точностью измерения?
2. Какие допуски на точность измерения углов теодолитом 2Т30 устанавливает Инструкция?
3. Какие допуски на точность измерения превышений при геометрическом нивелировании технической точности устанавливает Инструкция?
4. Перечислите поверки теодолита 2Т30?
5. Перечислите поверки теодолита нивелира Н-3?
6. Как возникает коллимационная ошибка у теодолита?
7. Что такое «место нуля» у теодолита и как оно вычисляется?
8. Какая методика нивелирования даёт более точный результат: «из середины линии» или «с конца линии»?
9. Какая последовательность операций при приведении теодолита в рабочее положение перед измерениями?

10. Какую роль при примыкании соединительным четырехугольником играют погрешности линейных измерений?
11. Какой допуск по точности устанавливает Инструкция при измерении длин сторон теодолитного хода.
12. Как назначаются допуски при технической точности измерений?
13. Какова методика измерения горизонтального угла одним приёмом?
14. Какова методика измерения угла наклона одним приёмом?
15. Какова методика измерения превышения нивелиром Н-3 на станции?

Задания для тестирования:

1. Вычислить относительную невязку теодолитного хода длиной P=500 м. если общая абсолютная невязка f=0.20 м.

A. 1:1000

B. 1:2500

C. 1:3000

D. 1:1500

2. Горизонт прибора это высота горизонтального визирного луча над:

A. земной поверхностью

B. плоскостью горизонта

C. уровнем моря

D. колышком пикета

3. Определить площадь участка на топокарте в гектарах, если при обмере его планиметром получены отсчёты: начальный А 2150, конечный В 2750, и цена деления С 0,1 кв.600 га

A. 60 га
B. 6 га
C. 100 га
D. 10 га

4. Чтобы исключить грубые ошибки при измерении стороны теодолитного хода мерной лентой необходимо:использовать более точный мерный прибор

A. измерить сторону шагами
B. измерить лентой дважды и сравнить результаты
C. измерить светодальномером
D. измерить радиодальномером

5. Длина нивелирного хода технической точности 9 км. Найти предельную допустимую невязку.

A. 150 мм
B. 60 мм
C. 15 мм
D. 90 мм

6. Румб линии равен 35°Ю3, определить ее дирекционный угол.35°

A. 145°
B 215°
C. 325°
D. 305°

7. Дирекционный угол может изменяться в пределах:

A. 0°-360°
B. 0°-180°
C. 0°-90°
D. 180°-270°

8. Найти угол наклона, если отсчёт по вертикальному кругу теодолита равен

КЛ 3°06' и место нуля МО -0°02'.

A. 3 °04'
B. 3 °08'
C. 1 °06'
D. 5 °06'

9. Геодезический прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов называется:

A. нивелир
B. теодолит
C. кипрегель
D. буссоль

10. Найти коллимационную ошибку теодолита, если отсчеты по его горизонтальному кругу, при визировании на одну точку, равны КЛ=0°06' и КП=180°08'

A. 0° 02'
B. 0° 07'
C. -0° 01'
D. 0° 01'

Тема 4. Геодезические сети

Назначение и классификация геодезической сети. Плановые сети, высотные сети. Способы построения плановой геодезической сети: триангуляция, трилатерация, полигонометрия, спутниковые определения. Схема построения высотной геодезической сети. Съемочные геодезические сети. Теодолитные ходы, геодезические засечки. Геодезические сети специального назначения.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое геодезические сети и пункт геодезической сети?
2. Перечислите виды государственных геодезических сетей.
3. Какие виды геодезических сетей используются на горных предприятиях?
4. Что такое «центр» и «знак» у геодезического пункта?
5. Что такое теодолитный ход и для чего он используется?
6. Что такое геодезические засечки и для чего они используются?
7. Нарисуйте схему двукратной обратной угловой засечки.
8. Чем отличаются угловые и линейные засечки?
9. Что такое полигонометрический ход и для чего он используется?
10. Какова точность теодолитного хода и теодолитного хода повышенной точности?
11. Какова точность полигонометрии 1-го разряда?
12. . Какова точность полигонометрии 2-го разряда?
13. Как и какими методами строится государственная геодезическая сеть России?
14. Как и какими методами строится государственная высотная сеть России?
15. Какой основной принцип используется при построении геодезических сетей?

Тема 5. Топографические съемки

Сущность топографических съемок. Съемка ситуации и рельефа местности. Виды топографических съемок. Теодолитная съемка. Съемочное геодезическое обоснование (теодолитный ход, тахеометрический ход, аналитические засечки). Способы съемки подробностей (полярный, прямоугольных координат, линейные и угловые засечки). Камеральные работы: вычисление координат и высот точек съемочного геодезического обоснования. Составление и вычерчивание топографического плана.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Сущность топографических съемок?
2. Виды топографических съемок
3. Тахеометрическая съёмка

4. Съемочное геодезическое обоснование

5. Что такое теодолитный ход?

6 Перечислите виды геодезических засечек.

7.Чем отличаются полевые и камеральные работы.

8.Опишите технологию проложения теодолитного хода.

9.Опишите технологию выполнения прямой угловой засечки.

10. Опишите технологию выполнения обратной угловой засечки.

11. Опишите технологию выполнения линейной угловой засечки

12. Последовательность вычисления горизонтальных проложений сторон теодолитного хода. превышений и высотных отметок точек теодолитного хода.

13. Последовательность вычисления координат точек теодолитного хода.

14. Последовательность составления и вычерчивания топографического плана в заданном масштабе.

15. Способы построения горизонталей на топографическом плане.

Задания для тестирования:

1.Определить длину отрезка АВ на местности в метрах, если на топографическом плане масштаба 1:1000 его длина равна 17,2 см.

A. 17,2 м
B. 1,72 м
C. 172 м
D. 1720 м

2. Найти высотную отметку конца проектной линии с уклоном i = 1%. если длина участка d 500 м, а начальная отметка Нн 52,35 м.

A. 52.85 м
B. 57, 35 м
C. 50,35 м
D. 50, 35 м

3. Полярный планиметр это прибор для измерений на топокартах и топопланах:

A. горизонтальных углов
B. длин криволинейных отрезков
C. координат точек
D. площадей фигур

4. Сумма исправленных приращений координат в замкнутом геодолитном ходе равна.

A. линейной невязке
B. нулю
C. разности координат исходных пунктов
D. разности превышений

5. Вычислить горизонтальное проложение d между точками А и В, если приращения координат между ними равны: ΔУ 30 м и ΔХ 40 м

A. 50 м
B. 10 м
C. 70 м
D. 60 м

6. Вычислить дирекционный угол линии АВ, если приращения координат между точками А и В равны ΔУ=120 м и ΔХ=120 м.

A. 135°
B. 225°
C. 315°
D. 45°

7. Высота прибора i это высота горизонтального визирного луча над:

A. точкой стояния прибора

B. плоскостью горизонта

C. рейкой

D. уровнем моря

8. Определить цену деления полярного планиметра, если при обводе на плане квадрата площадью S=100 га получены отсчёты: начальный а=3565, конечный в=4565

A. 10 га

B. 0.1 га

C. 5 га

D. 1 га

Тема 6. Инженерно-геодезические работы

Трассирование линейных сооружений. Разбивка пикетажа на трассе. Нивелирование связующих и промежуточных точек. Работа на станции. Полевой контроль. Ведение полевого журнала. Привязка трассы к пунктам ГГС. Обработка журнала нивелирования. Постраничный контроль. Вычисление невязки нивелирного хода. Вычисление отметок точек хода. Построение профиля трассы. Проектирование по трассе, расчет уклонов. Вычисление проектных и рабочих отметок. Построение поперечных профилей. Вынос в натуру точек с проектными отметками и линии с проектным уклоном.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое трассирование линейных сооружений?

2. Как разбивают пикетаж на трассе линейного сооружения?.

3Как выполняется геометрическое нивелирование связующих и промежуточных точек?

4. Что такое горизонт прибора и для чего он применяется?

5. Как осуществляется полевой контроль при нивелировании?

6. Как вычисляется невязка в нивелирном ходе?

7. Опишите последовательность обработки журнала нивелирования.

8. Опишите технологию построения продольного профиля трассы.

9. Опишите технологию проектирования автодороги по продольному профилю трассы и расчёта проектных уклонов.

10. Как вычисляются проектные и рабочие отметки на продольном профиле трассы?

11. Опишите технологию построения поперечных профилей.

12. Опишите технологию выноса в натуру точек с проектными высотными отметками

13. Опишите технологию выноса в натуру линии с проектным уклоном

Задания для тестирования:

1. Теодолитный ход состоит из 9 точек на которых измерены 9 горизонтальных углов. Найти предельную допустимую угловую невязку.

A. 9'
B. 1'
C. 4.5
D. 3'

2. Дирекционный угол линии равен 210°, определить ее румб.

A. 10°СВ
B. 120°ЮЗ
C. 30°ЮЗ
D. 30° ЮВ

3. Румб линии может изменяться в пределах:

A. 0°-360°
B. 0°-180°
C. 0°-90°
D. 90°-180°

4. Найти место нуля вертикального круга теодолита 2Т30, если отсчёты по его вертикальному кругу равны КЛ= 3°06' и КП= -3° 04'

A. 0 °02'

B. -0 °02'
C. 0 °01'
D. -0 °01'

5. Вычислить приращение координат ΔУ, если дирекционный угол α = 30 градусов, а горизонтальное проложение d = 160 м

A. 100 м
B. 80 м
C. 40 м
D. 130 м

6. Определить масштаб топографического плана, если длина отрезка АВ на нём равна 60 мм, а на местности 120 м

A. 1:5000
B. 1:2000
C. 1:20000
D. 1:500

7. Вычислить горизонтальный угол, если отсчёты по горизонтальному кругу теодолита равны КЛ=0°06' (на 1-ю точку) и КЛ=120°08' (на 2-ю точку

A. 120° 14'
B. 120° 07'
C. 120° 06'
D. 120° 02'

'8. Сумма исправленных превышений в замкнутом нивелирном ходе равна:

A. высотной невязке
B. нулю
C. разности координат исходных пунктов
D. разности превышений

9. Высотная отметка земли (чёрная) Нч = 85,56 м, проектная (красная) отметка в этой точке Нк 84,34 м. Вычислить рабочую отметку м

A. - 1,22 м
B. 1,22 м
C. 84,95 м
D. 84, 45 м

10. Вычислить уклон i проектной линии в %на участке продольного профиля длиной D 500 м, если высотная отметка начала линии Нн 60,56 м, а конца Нк=64,56 м

A. 0,8 %
B. 8,0 % м
C. 2,5 %
D. 0,008 %

Тема 7. Основы аэрофотосъемки

Аэрофотосъемка и космическая съемка. Виды аэрофотосъемки. Масштаб аэрофотоснимка. Продольное и поперечное перекрытия. Искажение на аэрофотоснимке. Перенос информации с аэрофотоснимка на топографическую карту. Современные способы аэросъёмки и воздушного лазерного сканирования.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое аэросъёмка земной поверхности?
2. Какие виды аэрофотосъёмочного оборудования применяются?
3. Какие летательные аппараты используются при аэросъёмке?
4. Какие задачи должны быть решены в проекте аэросъёмочных работ?
5. Что такое продольное и поперечное перекрытие аэрофотоснимка.
6. Что такое опознавательные знаки и как они создаются?
7. Как рассчитывается высота полёта и масштаб аэрофотоснимка?
8. Какой коэффициент выбирается при переходе от масштаба аэрофотоснимка к масштабу создаваемой по нему топографической карты?.
9. В чем суть обработки аэрофотоснимков для получения ортофотоплана?
10. Для чего нужно выполнять дешифрирование аэрофотоснимков?
11. Опишите особенности аэрофотосъёмки с квадрокоптеров
12. Каковы преимущества и недостатки аэрофотосъёмки?
13. Перенос информации с аэрофотоснимка на топографическую карту.
14. Современные способы и воздушного лазерного сканирования.

Тема 8. Глобальные навигационные спутниковые системы

Глобальные навигационные спутниковые системы. Применение систем спутникового позиционирования для создания опорной геодезической сети и производства топографических съемок.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие глобальные навигационные спутниковые системы сейчас работают?
2. Какие 3 сегмента входят в глобальную навигационную спутниковую систему?
3. Как классифицируются спутниковые приёмники по назначению?
4. Чем отличаются космические группировки спутников ГЛОНАСС и GPS
5. Какова точность измерения координат навигационным спутниковым приёмником?

6. Какова точность измерения координат геодезическим спутниковым приёмником?

7.Чем отличаются абсолютный и относительный метод определения координат спутниковыми приемниками?

8. Назовите источники ошибок при спутниковом позиционировании.

9. Какой ПОР используется при спутниковых координатных измерениях?

10. Чем различаются методы спутниковых измерений «статика» и «кинематика?

11. Какие технологии используются при создании опорных геодезических сетей геодезическими спутниковыми приёмниками?

12. Какие технологии используются при создании съёмочных геодезических сетей геодезическими спутниковыми приемниками?

Рекомендуемая литература

1. Геодезия : учебник / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. - Москва : Академический Проект. 2007. - 592 с..

2. Геодезия : курс лекций / В. Л. Клепко, И. В. Назаров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2017. - 149 с.

3. В. Е. Коновалов. В. Л. Клепко Геодезия : методические указания к выполнению лабораторных и самостоятельных работ : для студентов заочного обучения всех специальностей ; Уральский государственный горный университет. - 4-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ, 2010. - 59 с.

4. Практикум по геодезии : учебное пособие / Ю. К. Неумывакин. - Москва :КолосС, 2008. - 318 с. . ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - Библиогр.: с. 311.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине

Б1.Б.1.27.01 ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация

Маркшейдерское дело

квалификация выпускника: **горный инженер**

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2018

Автор: Бочков В.С., канд. техн. наук

Одобрена на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Суслов Н.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 12.04.2019 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)

Екатеринбург 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ 5

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ 6

3. Виды контроля 7

ЛИТЕРАТУРА 8

ВВЕДЕНИЕ

При расчете и конструировании машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов решаются задачи на прочность элементов конструкции. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета при проектировании объектов нефтепромыслов.

Цель практических занятий: закрепление приобретенных студентами навыков расчета и конструирования машин и оборудования нефтегазовой отрасли.

Практические занятия призваны закреплять теоретический материал по следующим компетенциям федерального государственного образовательного стандарта по специальности ***21.05.04 Горное дело***:

общепрофессиональные

- способностью выбирать и (или) разрабатывать обеспечение интегрированных технологических систем эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также предприятий по строительству и эксплуатации подземных объектов техническими средствами с высоким уровнем автоматизации управления (ОПК-8).

Результат изучения дисциплины: «Горные машины и оборудование»

Знания:

- классификацию и назначение машин для выполнения операций по добыче и транспортировке полезных ископаемых;
- принципиальные схемы, конструктивные особенности, области применения и основные расчетные характеристики различного типа машин для отбойки, погрузки, транспортировки, крепления и вспомогательных операций, а также стационарных машин;
- методику определения основных конструктивных и режимных параметров машин, их производительности и эффективности в горно-добывающем производстве.

Умения:

- производить расчет основных конструктивных и режимных параметров горных машин и оборудования и моделирование их работы;
- осуществлять выбор типов горных машин и оборудования, производить расчет их производительности и эффективности, а также выбор типоразмеров в зависимости от горно-геологических условий и условий эксплуатации.

Владения:

- навыками самостоятельного овладения новыми знаниями;
- профессиональной терминологией в области горных машинах и оборудовании;
- методикой определения и расчета основных параметров, производительности и эффективности горных машин.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний студентов — их теоретической готовности к выполнению задания.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании практических занятий преподаватель использует различное сочетание репродуктивных, частично поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации студентов на практических занятиях:

- фронтальная,

- групповая

- индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2—5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Содержанием практических занятий является:

• решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.);

• выполнение вычислений, расчетов, чертежей;

• изучение, заполнение, разработка инструкционных и технологических карт;

• работа с измерительными приборами, оборудованием;

• самостоятельное выполнение технологических операций;

• работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками;

• составление технической и специальной документации и др

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 3: Элементы конструкции горных машин
Рабочий инструмент горных машин. Виды. Геометрические параметры. Исполнительные органы горных комбайнов. Классификация.
Органы перемещения.
Органы погрузки.

Тема 4: Машины для бурения.
Машины для бурения. Принципиальные схемы и конструктивные особенности бурильных машин для вращательного, ударного, ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения. Расчет основных параметров бурильных машин.
Бурильные установки.
Буровые станки для подземного бурения.
Определение производительности и эффективности бурильных установок и буровых станков.

Тема 5: Машины для зарядки.
Машины для зарядки. Классификация, назначение и структурные схемы зарядных машин. Принципиальные схемы и конструктивные особенности зарядных машин. Расчет основных параметров зарядных машин. Определение производительности и эффективности зарядных машин.

Тема 6: Погрузочно-транспортные машины.
Погрузочно-транспортные машины. Классификация, назначение и структурные схемы погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Определение оптимальных параметров погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики погрузочных и погрузочно-транспортных машин.

Тема 7: Машины для крепления выработок.
Машины для крепления выработок. Принципиальные схемы и конструктивные особенности машин для крепления выработок. Расчет основных параметров машин для крепления выработок. Определение производительности и эффективности машин для крепления выработок.

Тема 8: Горные комбайны и комплексы.
Горные комбайны и комплексы. Классификация, назначение и структурные схемы горных комбайнов и комплексов. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики горных комбайнов и комплексов.

Тема 9: Выемочно-транспортирующие машины.
Выемочно-транспортирующие машины (ВТМ). Классификация и назначение ВТМ. Конструктивные особенности бульдозеров, скреперов. Расчет основных параметров ВТМ.

Практико-ориентированные задания при выполнении практических работ:

1. Описать конструкцию перфоратора (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
2. Описать конструкцию пневмоударника (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
3. Описать конструкцию бурового (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
4. Описать конструкцию буровой установки (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
5. Описать конструкцию погрузочной машины (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
6. Описать конструкцию погрузочно-транспортной машины (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
7. Описать конструкцию бурового станка для подземных работ (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
8. Описать конструкцию проходческого комбайна (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
9. Описать конструкцию очистного комплекса (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
10. Описать конструкцию ВТМ (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
11. Описать конструкцию машины для крепления выработки (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры.
12. Описать конструкцию зарядной машины (по предложенному рисунку): условия применения, принцип работы, элементы конструкции. Зарисовать схематично. Расставить режимные параметры

3. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний.

Вопросы для опроса:

1. Оборудование для крепления выработок.
2. Механизация возведения сборной, анкерной, набрызгбетонной и бетонной монолитной крепи.
3. Механизированные гидравлические крепи.
4. Очистные комбайны. Конструкции комбайнов для наклонных и крутонаклонных пластов. Технические характеристики комбайнов.

5. Очистные комплексы и агрегаты. Увязка параметров машин комплекса и агрегата.
6. Проходческие и нарезные комбайны. Определение производительности проходческих и нарезных комбайнов.
7. Управление комплексами и агрегатами в профиле пласта.
8. Системы перемещения очистных и проходческих машин. Конструкции органов перемещения.
9. Устойчивость горных машин. Устойчивость секций механизированных крепей.
10. Автоматизация горных машин. Программное и дистанционное управление.
11. Проходческие комбайны
12. Классификация и требования, предъявляемые к проходческим комбайнам
13. Стреловые проходческие комбайны
14. Буровые проходческие комбайны для проведения горизонтальных выработок
15. Буровые комбайны для проведения наклонных и вертикальных выработок
16. Нарезные комбайны
17. Тенденции развития горнопроходческих комбайнов
18. Очистные комбайны
19. Классификация и требования, предъявляемые к очистным комбайнам
20. Конструкции и компоновка очистных комбайнов
21. Перспективы совершенствования очистных комбайнов
22. Оборудование для крепления и управления кровлей в очистном забое
23. Классификация и требования, предъявляемые к механизированным крепям
24. Конструкции механизированных гидравлических крепей для лав
25. Современные тенденции развития механизированных крепей
26. Очистные и проходческие комплексы и агрегаты
27. Классификация очистных и проходческих комплексов
28. Компоновочные схемы очистных комплексов и агрегатов
29. Выбор оборудования и согласование режимных параметров
30. Схемы работы очистных комплексов (агрегатов) и автоматизация их управления функциональных машин очистных комплексов и агрегатов
31. Комплекты, комплексы и агрегаты для проведения подготовительных выработок
32. Оборудование для возведения крепи из сборных элементов
33. Комбайновые комплексы для проведения подготовительных выработок

Критерии оценивания: полнота и правильность ответа на вопрос, наличие вывода, соблюдение нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой. Каждый показатель – 1 балл

Критерии оценки:

Ответ правильный, всесторонне и глубоко освещает предложенный вопрос, показывает умение студента делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой (полный и правильный ответ) – 4 балла.

Ответ отвечает основным предъявляемым требованиям - студент обстоятельно владеет материалом, показывает умение делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой, однако не на все вопросы дает глубокие, исчерпывающие и аргументированные ответы (неточный, правильный ответ) – 3 балла.

Ответ неполно раскрывает поставленные вопросы, студент поверхностно отвечает на вопросы, допускает существенные недочеты - затрудняется делать выводы, использо-

вать нормы литературной речи, профессиональной лексики (неточный и неполный ответ) – 2 балла.

Ответы на вопросы неправильны или не отличаются аргументированностью. Студент не показывает необходимых минимальных знаний, бытовая речь, неумение делать выводы, а также, если студент отказывается отвечать (неправильный ответ, отказ от ответа) – 1 балл.

Два и более существенных дополнения к ответу – 3 балла.

Одно существенное дополнение к ответу на вопрос – 1 балл

Правила оценивания:

оценка «отлично» выставляется, если обучающийся получил за ответы 6-7 баллов;

оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся получил за ответы 4-5 баллов;

оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 3 балла;

оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 0-2 балла.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горные машины для подземной разработки месторождений полезных ископаемых**: учебное пособие / Н. М. Суслов, А. П. Комиссаров; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2017. - 155 с. : ил. - Библиогр.: с. 151-154. - **ISBN** 978-5-8019-0416-0
2. Тургель Д.К. Горные машины и оборудование подземных разработок: учебное пособие / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 298-299.
3. Иванов И.Ю. Рабочий инструмент горных машин: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 22.
4. Иванов И.Ю. Погрузочно-доставочные машины: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 22 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 21.
5. Комплексы для проходки восстающих выработок: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с. : ил. - Библиогр.: с. 22.
6. Комиссаров А.П., Суслов Н.М., Тургель Д.К. Горные машины для разработки рудных месторождений: учеб. пособие / Уральская гос. горно-геологическая академия. - Екатеринбург: УГГГА, 1994. - 108 с. : ил. - Библиогр.: с. 105.
7. Очистные комбайны/ Мутыгуллин А.В. [и др.]. – Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр»: 2014. – 576 с. http://library.gorobr.ru/catalog/gornoe-delo?view=content&id=30060

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Куляров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ
по дисциплине

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Маркшейдерское дело

квалификация выпускника: **горный инженер**

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2018

Автор: Бочков В.С., канд. техн. наук

Одобрена на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Суслов Н.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 12.04.2019 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по написанию реферата	5
2	Методические рекомендации по написанию эссе	13
3	Методические рекомендации по написанию реферата статьи	17
4	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	23
5	Методические рекомендации по составлению тестовых заданий	27
6	Требования к написанию и оформлению доклада	29
7	Методические рекомендации к опросу	34
8	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	36
9	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	38
10	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	40
	Заключение	43
	Список использованных источников	44

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);
- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по написанию реферата

Реферат - письменная работа объемом 10-18 печатных страниц, выполняемая студентом в течение длительного срока (от одной недели до месяца).

Реферат (от лат. referrer - докладывать, сообщать) - краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемой теме[1].

Выполнение и защита реферата призваны дать аспиранту возможность всесторонне изучить интересующую его проблему и вооружить его навыками научного и творческого подхода к решению различных задач в исследуемой области.

Основными задачами выполнения и защиты реферата являются развитие у студентов общекультурных и профессиональных компетенций, среди них:

- формирование навыков аналитической работы с литературными источниками разных видов;
- развитие умения критически оценивать и обобщать теоретические положения;
- стимулирование навыков самостоятельной аналитической работы;
- углубление, систематизация и интеграция теоретических знаний и практических навыков по соответствующему направлению высшего образования;
- презентация навыков публичной дискуссии.

Структура и содержание реферата

Подготовка материалов и написание реферата - один из самых трудоемких процессов. Работа над рефератом сводится к следующим этапам.

1. Выбор темы реферата.
2. Предварительная проработка литературы по теме и составление «рабочего» плана реферата.
3. Конкретизация необходимых элементов реферата.
4. Сбор и систематизация литературы.
5. Написание основной части реферата.
6. Написание введения и заключения.
7. Представление реферата преподавателю.
8. Защита реферата.

Выбор темы реферата

Перечень тем реферата определяется преподавателем, который ведет дисциплину. Вместе с тем, аспиранту предоставляется право самостоятельной формулировки темы реферата с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки и согласованием с преподавателем. Рассмотрев инициативную тему реферата студента, преподаватель имеет право ее отклонить, аргументировав свое решение, или, при согласии студента, переформулировать тему.

При выборе темы нужно иметь в виду следующее:

1. Тема должна быть актуальной, то есть затрагивать важные в данное время проблемы общественно-политической, экономической или культурной жизни общества.

2. Не следует формулировать тему очень широко: вычленение из широкой проблемы узкого, специфического вопроса помогает проработать тему глубже.

---

[1] Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Какой бы интересной и актуальной ни была тема, прежде всего, следует удостовериться, что для ее раскрытия имеются необходимые материалы.

4. Тема должна открывать возможности для проведения самостоятельного исследования, в котором можно будет показать умение собирать, накапливать, обобщать и анализировать факты и документы.

5. После предварительной самостоятельной формулировки темы необходимо проконсультироваться с преподавателем с целью ее возможного уточнения и углубления.

Предварительная проработка литературы по теме и составление «рабочего» плана реферата

Подбор литературы следует начинать сразу же после выбора темы реферата. Первоначально с целью обзора имеющихся источников целесообразно обратиться к электронным ресурсам в сети Интернет и, в частности, к электронным информационным ресурсам УГГУ: благодаря оперативности и мобильности такого источника информации, не потратив много времени, можно создать общее представление о предмете исследования, выделить основные рубрики (главы, параграфы, проблемные модули) будущего курсовой работы. При подборе литературы следует также обращаться к предметно-тематическим каталогам и библиографическим справочникам библиотеки УГГУ, публичных библиотек города.

Предварительное ознакомление с источниками следует расценивать как первый этап работы над рефератом. Для облегчения дальнейшей работы необходимо тщательно фиксировать все просмотренные ресурсы (даже если кажется, что тот или иной источник непригоден для использования в работе над рефератом, впоследствии он может пригодиться, и тогда его не придется искать).

Результатом предварительного анализа источников является рабочий план, представляющий собой черновой набросок исследования, который в дальнейшем обрастает конкретными чертами. Форма рабочего плана допускает определенную степень произвольности. Первоначальный вариант плана должен отражать основную идею работы. При его составлении следует определить содержание отдельных глав и дать им соответствующее название; продумать содержание каждой главы и наметить в виде параграфов последовательность вопросов, которые будут в них рассмотрены. В реферате может быть две или три главы - в зависимости от выбранной проблемы, а также тех целей и задач исследования.

Работа над предварительным планом необходима, поскольку она дает возможность еще до начала написания реферата выявить логические неточности, информационные накладки, повторы, неверную последовательность глав и параграфов, неудачные формулировки выделенных частей или даже реферата в целом.

Рабочий план реферата разрабатывается студентом самостоятельно и может согласовываться с преподавателем.

Конкретизация необходимых элементов реферата

Реферат должен иметь четко определенные цель и задачи, объект, предмет и методы исследования. Их необходимо сформулировать до начала непосредственной работы над текстом.

Цель реферата представляет собой формулировку результата исследовательской деятельности и путей его достижения с помощью определенных средств. Учитывайте, что у работы может быть только одна цель.

Задачи конкретизируют цель, в реферате целесообразно выделить три-четыре задачи. Задачи - это теоретические и практические результаты, которые должны быть получены в реферате. Постановку задач следует делать как можно более тщательно, т.к. их

решение составляет содержание разделов (подпунктов, параграфов) реферата. В качестве задач может выступать либо решение подпроблем, вытекающих из общей проблемы, либо задачи анализа, обобщения, обоснования, разработки отдельных аспектов проблемы, ведущие к формулировке возможных направлений ее решения.

Объект исследования - процесс или явление, порождающие проблемную ситуацию и избранные для изучения.

Предмет исследования - все то, что находится в границах объекта исследования в определенном аспекте рассмотрения.

Методы исследования, используемые в реферате, зависят от поставленных цели и задач, а также от специфики объекта изучения. Это могут быть методы системного анализа, математические и статистические методы, сравнения, обобщения, экспертных оценок, теоретического анализа и т.д.

Впоследствии формулировка цели, задач, объекта, предмета и методов исследования составят основу Введения к реферату.

Сбор и систематизация литературы

Основные источники, использование которых возможно и необходимо в реферате, следующие:

- учебники, рекомендованные Министерством образования и науки РФ;
- электронные ресурсы УГГУ на русском и иностранном языках;
- статьи в специализированных и научных журналах;
- диссертации и монографии по изучаемой теме;
- инструктивные материалы и законодательные акты (только последних изданий);
- данные эмпирических и прикладных исследований (статистические данные, качественные интервью и т.д.)
- материалы интернет-сайтов.

Систематизацию получаемой информации следует проводить по основным разделам реферата, предусмотренным планом. При изучении литературы не стоит стремиться освоить всю информацию, заключенную в ней, а следует отбирать только ту, которая имеет непосредственное отношение к теме работы. Критерием оценки прочитанного является возможность его использования в реферате.

Сбор фактического материала - один из наиболее ответственных этапов подготовки реферата. От того, насколько правильно и полно собран фактический материал, во многом зависит своевременное и качественное написание работы. Поэтому, прежде чем приступить к сбору материала, аспиранту необходимо тщательно продумать, какой именно фактический материал необходим для реферата и составить, по возможности, специальный план его сбора и анализа. После того, как изучена и систематизирована отобранная по теме литература, а также собран и обработан фактический материал, возможны некоторые изменения в первоначальном варианте формулировки темы и в плане реферата.

Написание основной части реферата

Изложение материала должно быть последовательным и логичным. Общая логика написания параграфа сводится к стандартной логической схеме «Тезис - Доказательство - Вывод» (количество таких цепочек в параграфе, как правило, ограничивается тремя - пятью доказанными тезисами).

Все разделы реферата должны быть связаны между собой. Особое внимание следует обращать на логические переходы от одной главы к другой, от параграфа к параграфу, а внутри параграфа - от вопроса к вопросу.

Использование цитат в тексте необходимо для того, чтобы без искажений передать мысль автора первоисточника, для идентификации взглядов при сопоставлении различных

точек зрения и т.д. Отталкиваясь от содержания цитат, необходимо создать систему убедительных доказательств, важных для объективной характеристики изучаемого вопроса. Цитаты также могут использоваться и для подтверждения отдельных положений работы.

Число используемых цитат должно определяться потребностями разработки темы. Цитатами не следует злоупотреблять, их обилие может восприниматься как выражение слабости собственной позиции автора. Оптимальный объем цитаты - одно- два, максимум три предложения. Если цитируемый текст имеет больший объем, его следует заменять аналитическим пересказом.

Во всех случаях употребления цитат или пересказа мысли автора необходимо делать точную ссылку на источник с указанием страницы.

Авторский текст (собственные мысли) должен быть передан в научном стиле. Научный стиль предполагает изложение информации от первого лица множественного числа («мы» вместо «я»). Его стоит обозначить хорошо известными маркерами: «По нашему мнению», «С нашей точки зрения», «Исходя из этого мы можем заключить, что...» и т.п. или безличными предложениями: «необходимо подчеркнуть, что...», «важно обратить внимание на тот факт, что.», «следует отметить.» и т.д.

Отдельные положения реферата должны быть иллюстрированы цифровыми данными из справочников, монографий и других литературных источников, при необходимости оформленными в справочные или аналитические таблицы, диаграммы, графики. При составлении аналитических таблиц, диаграмм, графиков используемые исходные данные выносятся в приложение, а в тексте приводятся результаты расчетов отдельных показателей (если аналитическая таблица по размеру превышает одну страницу, ее целиком следует перенести в приложение). В тексте, анализирующем или комментирующем таблицу, не следует пересказывать ее содержание, а уместно формулировать основной вывод, к которому подводят табличные данные, или вводить дополнительные показатели, более отчетливо характеризующие то или иное явление или его отдельные стороны. Все материалы, не являющиеся необходимыми для решения поставленной в работе задачи, также выносятся в приложение.

Написание введения и заключения

Введение и заключение - очень важные части реферата. Они должны быть тщательно проработаны, выверены логически, стилистически, орфографически и пунктуационно.

Структурно введение состоит из нескольких логических элементов. Во введении в обязательном порядке обосновываются:

- актуальность работы (необходимо аргументировать, в силу чего именно эта проблема значима для исследования);
- характеристика степени разработанности темы (краткий обзор имеющейся научной литературы по рассматриваемому вопросу, призванный показать знакомство студента со специальной литературой, его умение систематизировать источники, критически их рассматривать, выделять существенное, оценивать ранее сделанное другими исследователями, определять главное в современном состоянии изученности темы);
- цель и задачи работы;
- объект и предмет исследования;
- методы исследования;
- теоретическая база исследования (систематизация основных источников, которые использованы для написания своей работы);
- структура работы (название глав работы и их краткая характеристика).

По объему введение занимает 1,5-2 страницы текста, напечатанного в соответствии с техническими требованиями, определенными преподавателем.

Заключение содержит краткую формулировку результатов, полученных в ходе работы, указание на проблемы практического характера, которые были выявлены в процессе исследования, а также рекомендации относительно их устранения. В заключении возможно повторение тех выводов, которые были сделаны по главам. Объем заключения - 1 - 3 страницы печатного текста.

Представление реферата преподавателю

Окончательный вариант текста реферата необходимо распечатать и вставить в папку-скоросшиватель. Законченный и оформленный в соответствии с техническими требованиями реферат подписывается студентом и представляется в распечатанном и в электронном виде в срок, обозначенный преподавателем.

Перед сдачей реферата аспирант проверяет его в системе «Антиплагиат» (http://www.antiplagiat.ru/), пишет заявление о самостоятельном характере работы, где указывает процент авторского текста, полученный в результате тестирования реферата в данной системе. Информацию, полученную в результате тестирования реферата в данной системе (с указанием процента авторского текста), аспирант в печатном виде предоставляет преподавателю вместе с окончательным вариантом текста реферата, который не подлежит доработке или замене.

Защита реферата

При подготовке реферата к защите (если она предусмотрена) следует:

1. Составить план выступления, в котором отразить актуальность темы, самостоятельных характер работы, главные выводы и/или предложения, их краткое обоснование и практическое и практическое значение - с тем, чтобы в течение 3 - 5 минут представить достоинства выполненного исследования.
2. Подготовить иллюстративный материал: схемы, таблицы, графики и др. наглядную информацию для использования во время защиты. Конкретный вариант наглядного представления результатов определяется форматом процедуры защиты реферата.

Критерии оценивания реферата

Критерии оценивания реферата: новизна текста, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдение требований к оформлению.

Новизна текста – обоснование актуальности темы; новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы; умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; наличие авторской позиции, самостоятельная интерпретация описываемых в реферате фактов и проблем – 4 балла.

Степень раскрытия сущности вопроса - соответствие содержания доклада его теме; полнота и глубина знаний по теме; умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по вопросу (проблеме); оценка использованной литературы (использование современной научной литературы) – 4 балла.

Соблюдение требований к оформлению - правильность оформления ссылок на источники, списка использованных источников; грамотное изложение текста (орфографическая, пунктуационная, стилистическая культура); владение терминологией; корректность цитирования – 4 балла.

Критерии оценивания публичного выступления (защита реферата): логичность построения выступления; грамотность речи и владение профессиональной терминологией; обоснованность выводов; умение отвечать на вопросы; поведение при защите работы *(*манера говорить, отстаивать свою точку зрения, привлекать внимание к важным моментам в докладе или ответах на вопросы и т.д.) соблюдение требований к объёму доклада – 10 баллов.

Критерии оценивания презентации: дизайн и мультимедиа – эффекты, содержание – 4 балла.

Всего – 25 баллов.

Оценка «зачтено»

Оценка *«зачтено»* – реферат полностью соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 23-25 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, присутствует новизна и самостоятельность в постановке проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, широкий диапазон и качество (уровень) используемого информационного пространства (привлечены различные источники научной информации), прослеживается наличие авторской позиции и самостоятельной интерпретации описываемых в реферате фактов и проблем.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована полнота и глубина знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены альтернативные взгляды на рассматриваемую проблему и обосновано сбалансированное заключение; представлен критический анализ использованной литературы (использование современной научной литературы).

Соблюдение требований к оформлению – текст оформлен в соответствие с методическими требованиями и ГОСТом, в работе соблюдены правила русской орфографии и пунктуации, выдержана стилистическая культура научного текста, четкое и полное определение рассматриваемых понятий (категорий), приводятся соответствующие примеры в строгом соответствии с рассматриваемой проблемой, соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона гармонирует с цветом текста, всё отлично читается, использовано 3 цвета шрифта, все страницы выдержаны в едином стиле, гиперссылки выделены и имеют разное оформление до и после посещения кадра, анимация присутствует только в тех местах, где она уместна и усиливает эффект восприятия текстовой части информации, звуковой фон соответствует единой концепции и усиливает эффект восприятия текстовой части информации, размер шрифта оптимальный, все ссылки работают, содержание является строго научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) усиливают эффект восприятия текстовой части информации, орфографические , пунктуационные, стилистические ошибки отсутствуют, наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами в наиболее адекватной форме, информация является актуальной и современной, ключевые слова в тексте выделены.

Критерии оценивания публичного выступления: выступление логично построено, выводы аргументированы, свободное владение профессиональной терминологией, в речи отсутствуют орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает полные и исчерпывающие ответы на вопросы, соблюдены этические нормы поведения при защите работы, владеет различными способами привлечения и удержания внимания и интереса аудитории к сообщению, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка «*зачтено*» - реферат в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 18-22 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, представлен достаточный диапазон используемого информационного

пространства (привлечены несколько источников научной информации), прослеживается наличие авторской позиции в реферате при отборе фактов и проблем.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована достаточная осведомленность знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены 2-3 взгляда на рассматриваемую проблему и обосновано заключение; представлен критический обзор использованной литературы (использование современной научной литературы).

Соблюдение требований к оформлению – текст оформлен в соответствие с методическими требованиями и ГОСТом, в работе имеются незначительные ошибки правил русской орфографии и пунктуации, выдержана стилистическая культура научного текста, четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), приводятся соответствующие примеры в строгом соответствии с рассматриваемой проблемой, соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона хорошо соответствует цвету текста, всё можно прочесть, использовано 3 цвета шрифта, 1-2 страницы имеют свой стиль оформления, отличный от общего, гиперссылки выделены и имеют разное оформление до и после посещения кадра, анимация присутствует только в тех местах, где она уместна, звуковой фон соответствует единой концепции и привлекает внимание зрителей в нужных местах - именно к информации, размер шрифта оптимальный, все ссылки работают, содержание в целом является научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) соответствуют тексту, орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки практически отсутствуют, наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация является актуальной и современной, ключевые слова в тексте выделены

Критерии оценивания публичного выступления : выступление логично построено, выводы аргументированы, испытывает незначительные затруднения при использовании профессиональной терминологии, в речи допускает в незначительном количестве орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает полные и исчерпывающие ответы на вопросы, соблюдены этические нормы поведения при защите работы , владеет ограниченным набором способов привлечения внимания аудитории к сообщению, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка *«зачтено»* - реферат частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 13-17 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, представлен достаточный диапазон используемого информационного пространства (привлечены несколько источников научной информации), прослеживается наличие авторской позиции в реферате при отборе фактов и проблем.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована достаточная осведомленность знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены 2-3 взгляда на рассматриваемую проблему и обосновано заключение; представлен критический обзор использованной литературы (использование современной научной литературы).

Соблюдение требований к оформлению – оформление текста частично не соответствует методическими требованиям и ГОСТу, в работе имеются ошибки правил русской орфографии и пунктуации, в целом выдержана стилистическая культура научного текста, четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), частично не соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона плохо соответствует цвету текста, использовано более 4 цветов шрифта, некоторые страницы имеют свой стиль оформления, гиперссылки выделены, анимация дозирована, звуковой фон не соответствует единой концепции, но не носит отвлекающий характер, размер шрифта средний (соответственно,

объём информации слишком большой — кадр несколько перегружен), ссылки работают, содержание включает в себя элементы научности, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) в определенных случаях соответствуют тексту, есть орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки, наборы числовых данных чаще всего проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация является актуальной и современной ключевые слова в тексте, чаще всего, выделены.

Критерии оценивания публичного выступления: в выступлении нарушено логическое построение, выводы не аргументированы, испытывает затруднения при использовании профессиональной терминологии, в речи допускает в орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает краткие ответы на вопросы, в целом соблюдены этические нормы поведения при защите работы, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка «не зачтено»

Оценка *«не зачтено»* - реферат не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 0-12 баллов.

Критерии оценивания реферата: актуальность темы не обоснована, не сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал не систематизирован, ограниченный диапазон используемого информационного пространства (привлечен 1 источник научной информации), отсутствует авторская позиция в реферате.

Степень раскрытия сущности вопроса - содержание реферата не соответствует теме, не продемонстрирована осведомленность знаний по теме, отсутствует личная оценка (вывод), представлен 1 позиция рассмотрения проблемы, заключение не обосновано, отсутствует критический обзор использованной литературы.

Соблюдение требований к оформлению – оформление текста не соответствует методическими требованиям и ГОСТу, в работе выполнена с ошибками правил русской орфографии и пунктуации, не выдержана стилистическая культура научного текста, отсутствует четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), не соблюдена корректность при цитировании источников.

Критерии оценивания презентации: цвет фона не соответствует цвету текста, использовано более 5 цветов шрифта, каждая страница имеет свой стиль оформления, гиперссылки не выделены, анимация отсутствует (или же презентация перегружена анимацией), звуковой фон не соответствует единой концепции, носит отвлекающий характер, слишком мелкий шрифт (соответственно, объём информации слишком велик — кадр перегружен), не работают отдельные ссылки, содержание не является научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) не соответствуют тексту, много орфографических, пунктуационных, стилистических ошибок, наборы числовых данных не проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация не представляется актуальной и современной, ключевые слова в тексте не выделены

Критерии оценивания публичного выступления: отказывается от защиты или в выступлении нарушено логическое построение, отсутствуют выводы, не использует профессиональную терминологию, в речи допускает значительном количестве орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, не отвечает на вопросы, нарушает со этические нормы поведения при защите работы, не соблюдены требования к объёму доклада.

2. Методические рекомендации по написанию реферата статьи

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление, аналитико-синтетическое преобразование информации и создание нового документа - реферата, обладающего специфической языково-стилистической формой.

Рефератом статьи (далее - реферат) называется текст, передающий основную информацию подлинника в свернутом виде и составленный в результате ее смысловой переработки[2].

Основными функциями рефератов являются следующие: информативная, поисковая, индикативная, справочная, сигнальная, адресная, коммуникативная.

Информативная функция. Поскольку реферат является кратким изложением основного содержания первичного документа, главная его задача состоит в том, чтобы передавать фактографическую информацию.

Отсюда информативность является наиболее существенной и отличительной чертой реферата.

Поисковая и справочная функции. Как средство передачи информации реферат нередко заменяет чтение первичного документа. Обращаясь к рефератам, пользователь осуществляет по ним непосредственный поиск информации, причем информации фактографической. В этом проявляется поисковая функция реферата, а также функция справочная, поскольку извлекаемая из реферата информация во многом представляет справочный интерес.

Индикативная функция. Реферат должен характеризовать оригинальный материал не только содержательно, но и описательно. Путем описания обычно даются дополнительные характеристики первичного материала: его вид (книга, статья), наличие в нем иллюстраций и т.д.

Кроме того, в реферате иногда приходится ограничиваться лишь названием или перечислением отдельных вопросов содержания. Это еще одно свойство реферата, которое принято называть индикативностью.

Адресная функция. Точным библиографическим описанием первичного документа одновременно достигается то, что реферат способен выполнять адресную функцию, без чего бессмысленен документальный информационный поиск.

Сигнальная функция. Эта функция реферата проявляется, когда осуществляется оперативное информирование с помощью авторских рефератов о планах выпуска литературы, а также о существовании неопубликованных, в том числе депонированных работ.

Диапазон использования рефератов очень широк. Они применяются как в индивидуальном, так и в коллективном информационном обеспечении, проводимом в интересах научно-исследовательских работ, учебного процесса и т.д. Они же являются средством международного обмена информацией и выполняют научно-коммуникативные функции в интернациональном масштабе.

Являясь наиболее экономным средством ознакомления с первоисточником, реферат должен отразить все существенные моменты последнего и особо выделить основную мысль автора. Многообразные функции реферата в системе научных коммуникаций можно объединить в следующие основные группы: информативные, поисковые, коммуникативные. Поскольку реферат передает в сжатом виде текст первоисточника, он позволяет специалисту либо получить релевантную информацию, либо сделать вывод о том, что обращаться к первоисточнику нет необходимости.

Существует три основных способа изложения информации в реферате.

---

[2] Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5

Экстрагирование - представление информации первоисточника в реферате. Эта методика достаточно проста: референт отмечает предложения, которые затем полностью или с незначительным перефразированием переносятся в реферат-экстракт.

Перефразирование - наиболее распространенный способ реферативного изложения. Здесь имеет место частичное текстуальное совпадение с первоисточником. Перефразирование предполагает не использование значительной части сведений оригинала, а перестройку его смысловой и синтаксической структуры. Перестройка текста достигается за счет таких операций, как замещение (одни фрагменты текста заменяются другими), совмещения (объединяются несколько предложений в одно) и обобщение.

Интерпретация - это способ реферативного изложения, когда содержание первоисточника может раскрываться либо в той же последовательности, либо на основе обобщенного представления о нем. Разновидностью интерпретированных рефератов могут быть авторефераты диссертаций, тезисы докладов научных конференций и совещаний.

Для качественной подготовки реферата необходимо владеть основными приемами анализа и синтеза, знать основные требования, предъявляемые к рефератам, их структурные и функциональные особенности.

Процесс реферирования делится на пять основных этапов:

1. Определение способа охвата первоисточника, который в данном конкретном случае наиболее целесообразен, для реферирования (общее, фрагментное, аспектное и т.д.).
2. Беглое ознакомительное чтение, когда референт решает вопрос о научно-практической значимости и информационной новизне первоисточника. Анализ его вида позволяет осуществить выбор аспектной схемы изложения реферата.
3. Конструирование текста реферата, которое осуществляется с использованием приемов перефразирования, обобщения, абстрагирования и т.д. Очень редко предложения или фрагменты оригинала используются без изменения. Запись полученных в результате синтеза конструкций осуществляется в последовательности, соответствующей разработанной схеме или плану.
4. Критический анализ полученного текста с точки зрения потребителя реферата.
5. Оформление и редактирование, которые являются заключительным этапом подготовки реферата.

Все, что в первичном документе не заслуживает внимания потребителя реферата, должно быть опущено. Так, в реферат не включаются:

- общие выводы, не вытекающие из полученных результатов;
- информация, не понятная без обращения к первоисточнику;
- общеизвестные сведения;
- второстепенные детали, избыточные рассуждения;
- исторические справки;
- детальные описания экспериментов и методик;
- сведения о ранее опубликованных документах и т. д.

Приемы составления реферата позволяют обеспечить соблюдение основных методических принципов реферирования: адекватности, информативности, краткости и достоверности.

Хотя реферат по содержанию зависит от первоисточника, он представляет собой новый, самостоятельный документ. Общими требованиями к языку реферата являются точность, краткость, ясность, доступность.

По своим языковым и стилистическим средствам реферат отличается от первоисточника, поскольку референт использует иные термины и строит предложения в соответствии со стилем реферата. Наряду с сообщением могут использоваться перифразы. Вместе с тем в ряде случаев стилистика реферата может совпадать с первоисточником, что особенно характерно для расширенных рефератов.

Изложение реферата должно обеспечивать наибольшую семантическую адекватность, семантическую эквивалентность, краткость и логическую последовательность. Для этого

необходимы определенные лексические и грамматические средства. Адекватность и эквивалентность достигаются за счет правильного употребления терминов, краткость - за счет экономной структуры предложений и использования терминологической лексики.

Быстрое и адекватное восприятие реферата обеспечивается употреблением простых законченных предложений, имеющих правильную грамматическую форму. Громоздкие предложения затрудняют понимание реферата, поэтому сложные предложения, как правило, расчленяются на ряд простых при сохранении логических взаимоотношений между ними путем замены соединительных слов, например, местоимениями.

Широко используются неопределенно-личные предложения без подлежащего. Они концентрируют внимание читающего только на факте, усиливая тем самым информационно-справочную значимость реферата.

Реферату, как одному из жанров научного стиля, присущи те же семантико-структурные особенности, что и научному стилю в целом: объективность, однозначность, логичность изложения, безличная манера повествования, широкое использование научных терминов, абстрактной лексики и т.д. В то же время этот жанр имеет и свою специфику стиля: фактографичность (констатация фактов), обобщенно-отвлеченный характер изложения, предельная краткость, подчеркнутая логичность, стандартизация языкового выражения.

Рефераты делятся на информативные (реферат-конспект), индикативные, указательные (реферат-резюме) и обзорные (реферат-обзор)[3]. В основу их классификации положена степень аналитико-синтетической переработки источника.

Информативные рефераты включают в себя изложение (в обобщенном виде) всех основных проблем, изложенных в первоисточнике, их аргументацию, основные результаты и выводы, имеющие теоретическую и практическую ценность.

Индикативные рефераты указывают только на основные моменты содержания первоисточника. Их также называют реферативной аннотацией.

Научные рефераты отражают смысловую сторону образно-тематического содержания. В его основе лежат такие мыслительные операции, как обобщение и абстракция.

Реферат-резюме направлен на перечисление основных проблем источника без содержания доказательств.

Реферат, независимо от его типа, имеет единую структуру:

- название реферируемой работы (или выходные данные);
- композиция реферируемой работы;
- главная мысль реферируемого материала;
- изложение содержания;
- выводы автора по реферируемому материалу.

Обычно в самом первоисточнике главная мысль становится ясной лишь после прочтения всего материала, в реферате же с нее начинается изложение содержания, она предшествует всем выводам и доказательствам. Такая последовательность изложения необходима для того, чтобы с самого начала сориентировать читателя относительно основного содержания источника и его перспективной ценности. Выявление главной мысли источника становится весьма ответственным делом референта и требует от него вдумчивого отношения к реферируемому материалу. Иногда эта главная мысль самим автором даже не формулируется, а лишь подразумевается. Референту необходимо суметь сжато ее сформулировать, не внося своих комментариев.

Содержание реферируемого материала излагается в последовательности первоисточника по главам, разделам, параграфам. Обычно дается формулировка вопроса, приводится вывод по этому вопросу и необходимая цепь доказательств в их логической последовательности.

---

[3] Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. - 368с.

Следует иметь в виду, что иногда выводы автора не вполне соответствуют главной мысли первоисточника, так как могут быть продиктованы факторами, выходящими за пределы излагаемого материала. Но в большинстве случаев выводы автора вытекают из главной мысли, выявление которой и помогает их понять.

Перечень типичных смысловых частей информационного реферата и используемых в каждой из них типичных языковых средств представлен в таблице 1.

Таблица 1

Перечень типичных смысловых частей информационного реферата и используемых в каждой из них типичных языковых средств

Смысловые части реферата	**Используемые языковые средства**
1. Название реферируемой работы (или выходные данные)	- В. Вильсон. Наука государственного управления // Классики теории государственного управления: американская школа. Под ред. ДЖ. Шафритца, А. Хайда. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – с. 24-42.; - Статья называется (носит название, озаглавлена)
2. Композиция реферируемой работы	- Статья • состоит из…… • делится на ….. • начинается с……. • кончается (чем?)…….; - В статье можно выделить две части…….
3. Проблематика и основные положения работы	- Статья • посвящена теме (проблеме, вопросу) …… • представляет собой анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) …….. - Автор статьи • ставит (рассматривает, освещает, поднимает, затрагивает) следующие вопросы (проблемы) …… • особо останавливается (на чем?) ..... • показывает значение (чего?) …….. • раскрывает сущность (чего?) ……. • обращает внимание (на что?) …… • уделяет внимание (чему?) ….. • касается (чего?) ……. - В статье • рассматривается (что?) …. • анализируется (что?) ….. • делается анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) (чего?) …… • раскрывается, освещается вопрос… • обобщается (что?) ……. • отмечается важность (чего?) …… • касается (чего?)….. - В статье • показано (что?) …… • уделено большое внимание (чему?) …… • выявлено (что?) ……. • уточнено (что?) ……..
4. Аргументация основных положений работы	- Автор • приводит примеры (факты, цифры, данные) ……. • иллюстрирует это положение …….. • подтверждает (доказывает, аргументирует) свою точку зрения примерами (данными)… - в подтверждение своей точки зрения автор приводит доказательства (аргументы, ряд доказательств, примеры, иллюстрации, данные, результаты наблюдений)… - Для доказательств своих положений автор описывает • эксперимент …… • в ходе эксперимента автор привлекал …

5. Выводы, заключения	• выполненные исследования показывают… • приведенные наблюдения (полученные данные) приводят к выводу (позволяют сделать выводы).. • из сказанного можно сделать вывод, что ….. • анализ результатов свидетельствует … - На основании проведенных наблюдений (полученных данных, анализ результатов) • был сделан вывод (можно сделать заключение) …. • автор приводит выводы …….

Реферат может содержать комментарий референта, только в том случае, если референт является достаточно компетентным в данном вопросе и может вынести квалифицированное суждение о реферируемом материале. В комментарий входят критическая характеристика первоисточника, актуальность освещенных в нем вопросов, суждение об эффективности предложенных решений, указание, на кого рассчитан реферируемый материал.

Комментарий реферата может содержать оценку тех или иных положений, высказываемых автором реферируемой работы. Эта оценка чаще всего выражает согласие или несогласие с точкой зрения автора. Языковые средства, которые используются при этом, рассмотрены в таблице 2.

Таблица 2

Языковые средства, используемых при оценке те положений, высказываемых автором реферируемой работы

Смысловые части комментарии	**Используемые языковые средства**
Смысловые части комментарии	- Автор • справедливо указывает …. • правильно подходит к анализу (оценке) …. • убедительно доказывает …. • отстаивает свою точку зрения …. • критически относится к работам предшественников ….. - Мы • разделяем точку зрения (мнения, оценку) автора …… • придерживаемся подобного же мнения … • критически относимся к работам предшественников …. - Можно согласится с автором, что ….. - Следует признать достоинства такого подхода к решению ….
Несогласие (отрицательная оценка)	- Автор • не раскрывает содержания (противоречий, разных точек зрения) … • противоречит себе (известным фактам) ……. • игнорирует общеизвестные факты ….. • упускает из вида ……. • не критически относится к высказанному положению …….. • не подтверждает сказанное примерами…. - Мы • придерживаемся другой точки зрения (другого, противоположного мнения) • не можем согласиться (с чем?) … • трудно согласиться с автором (с таким подходом к решению проблемы, вопроса, задачи) …. • можно выразить сомнение в том, что ….. • дискуссивно (сомнительно, спорно) , что …… • к недостаткам работы можно отнести ……

В реферате могут быть использованы цитаты из реферируемой работы. Они всегда ставятся в кавычки. Следует различать три вида цитирования, при этом знаки препинания ставятся, как в предложениях с прямой речью.

1. Цитата стоит после слов составителя реферата. В этом случае после слов составителя реферата ставится двоеточие, а цитата начинается с большой буквы. Например: Автор статьи утверждает: «В нашей стране действительно произошел стремительный рост национального самосознания».

2. Цитата стоит перед словами составителя реферата. В этом случае после цитаты ставится запятая и тире» а слова составителя реферата пишутся с маленькой буквы. Например: «В нашей стране действительно стремительный рост национального самосознания», - утверждает автор статьи.

3. Слова составителя реферата стоят в середине цитаты. В этом случае перед ними и после них ставится точка с запятой. Например: «В нашей стране, - утверждает автор статьи, - действительно стремительный рост национального самосознания».

4. Цитата непосредственно включается в слова составителя реферата. В этом случае (а он является самым распространенным в реферате) цитата начинается с маленькой буквы. Например: Автор статьи утверждает, что «в нашей стране действительно стремительный рост национального самосознания».

3. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[4]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

[4] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

4. Методические рекомендации по составлению тестовых заданий

Требования к составлению тестовых заданий

Тестовое задание (ТЗ) - варьирующаяся по элементам содержания и по трудности единица контрольного материала, сформулированная в утвердительной форме предложения с неизвестным. Подстановка правильного ответа вместо неизвестного компонента превращает задание в истинное высказывание, подстановка неправильного ответа приводит к образованию ложного высказывания, что свидетельствует о незнании студентом данного учебного материала.

Для правильного составления ТЗ необходимо выполнить следующие *требования*:

1. Содержание каждого ТЗ должно охватывать какую-либо одну смысловую единицу, то есть должно оценивать что-то одно.
2. Ориентация ТЗ на получение *однозначного* заключения.
3. Формулировка содержания ТЗ в виде свернутых кратких суждений. Рекомендуемое количество слов в задании не более 15. В тексте не должно быть преднамеренных подсказок и сленга, а также оценочных суждений автора ТЗ. Формулировка ТЗ должна быть в повествовательной форме (не в форме вопроса). По возможности, текст ТЗ не должен содержать сложноподчиненные конструкции, повелительного наклонения («выберите», «вычислите», «укажите» и т.д). Специфический признак (ключевое слово) выносится в начало ТЗ. Не рекомендуется начинать ТЗ с предлога, союза, частицы.
4. Соблюдение единого стиля оформления ТЗ.

Требования к формам ТЗ

ТЗ может быть представлено в одной из четырех стандартизованных форм:

- закрытой (с выбором одного или нескольких заключений);
- открытой;
- на установление правильной последовательности;
- на установление соответствия.

Выбор формы ТЗ зависит от того, какой вид знаний следует проверить. Так, для оценки фактологических знаний (знаний конкретных фактов, названий, имён, дат, понятий) лучше использовать тестовые задания закрытой или открытой формы.
Ассоциативных знаний (знаний о взаимосвязи определений и фактов, авторов и их теорий, сущности и явления, о соотношении между различными предметами, законами, датами) - заданий на установление соответствия. Процессуальных знаний (знаний правильной последовательности различных действий, процессов) - заданий на определение правильной последовательности.

Тестовое задание закрытой формы

Если к заданиям даются готовые ответы на выбор (обычно один правильный и остальные неправильные), то такие задания называются заданиями с выбором одного правильного ответа или с единичным выбором.

При использовании этой формы следует руководствоваться правилом: в каждом задании с выбором одного правильного ответа правильный ответ должен быть.

Помимо этого, бывают задания с выбором нескольких правильных ответов или с множественным выбором. Подобная форма заданий не допускает наличия в общем перечне ответов следующих вариантов: «все ответы верны» или «нет правильного ответа».

Вариантов выбора (дистракторов) должно быть не менее 4 и не более 7. Если дистракторов мало, то возрастает вероятность угадывания правильного ответа, если слишком много, то делает задание громоздким. Кроме того, дистракторы в большом

количестве часто бывают неоднородными, и тестируемый сразу исключает их, что также способствует угадыванию.

Дистракторы должны быть приблизительно одной длины. Не допускается наличие повторяющихся фраз (слов) в дистракторах.

Тестовое задание открытой формы

В заданиях открытой формы готовые ответы с выбором не даются. Требуется сформулированное самим тестируемым заключение. Задания открытой формы имеют вид неполного утверждения, в котором отсутствует один или несколько ключевых элементов. В качестве ключевых элементов могут быть: число, буква, слово или словосочетание. При формулировке задания на месте ключевого элемента, необходимо поставить прочерк или многоточие. Утверждение превращается в истинное высказывание, если ответ правильный и в ложное высказывание, если ответ неправильный. Необходимо предусмотреть наличие всех возможных вариантов правильного ответа и отразить их в ключе, поскольку отклонения от эталона (правильного ответа) могут быть зафиксированы проверяющим как неверные.

Тестовые задания на установление правильной последовательности

Такое задание состоит из однородных элементов некоторой группы и четкой формулировки критерия упорядочения этих элементов.

Задание начинается со слова: «Последовательность».

Тестовые задания на установление соответствия

Такое задание состоит из двух групп элементов и четкой формулировки критерия выбора соответствия между ними.

Соответствие устанавливается по принципу 1:1 (одному элементу первой группы соответствует только один элемент второй группы) или 1:М (одному элементу первой группы соответствуют М элементов второй группы). Внутри каждой группы элементы должны быть однородными. Количество элементов второй группы должно превышать количество элементов первой группы. Максимальное количество элементов второй группы должно быть не более 10, первой группы - не менее 2.

Задание начинается со слова: «Соответствие». Номера и буквы используются как идентификаторы (метки) элементов. Арабские цифры являются идентификаторами первой группы, заглавные буквы русского алфавита - второй. Номера и буквы отделяются от содержания столбцов круглой скобкой.

5.Требования к написанию и оформлению доклада

Доклад (или отчёт) – один из видов монологической речи, публичное, развёрнутое, официальное, сообщение по определённому вопросу, основанное на привлечении документальных данных.

Обычно любая научная работа заканчивается докладом на специальном научном семинаре, конференции, где участники собираются, чтобы обсудить научные проблемы. На таких семинарах (конференциях) всегда делается доклад по определённой теме. Доклад содержит все части научного отчёта или статьи. Это ответственный момент для докладчика. Здесь проверяются знание предмета исследования, способности проводить эксперимент и объяснять полученные результаты. С другой стороны, люди собираются, чтобы узнать что-то новое для себя. Они тратят своё время и хотят провести время с пользой и интересом. После выступления докладчика слушатели обязательно задают вопросы по теме выступления, и докладчику необходимо научиться понимать суть различных вопросов. Кроме того, на семинаре задача обсуждается, рассматривается со всех сторон, и бывает, что автор узнаёт о своей работе много нового. Часто возникают интересные идеи и неожиданные направления исследований. Работа становится более содержательной. Следовательно, доклад необходим для развития самой науки и для студентов. В этом состоит главное предназначение доклада.

На студенческом семинаре (конференции) всегда подводится итог, делаются выводы, принимается решение или соответствующее заключение. Преподаватель (жюри) выставляет оценку за выполнение доклада и его предъявление, поскольку в учебном заведении данная форма мероприятия является обучающей. Оценки полезно обсуждать со студентами: это помогает им понять уровень их собственных работ. С лучшими сообщениями, сделанными на семинарах, студенты могут выступать впоследствии на студенческих конференциях. Поэтому каждому студенту необходимо обязательно предварительно готовить доклад и учиться выступать публично.

Непосредственная польза выступления студентов на семинаре (конференции) состоит в следующем.

1. Выступление позволяет осуществлять поиск возможных ошибок в постановке работы, методике исследования, обобщении полученных результатов, их интерпретации. Получается, что студенты помогают друг другу улучшить работу. Что может быть ценнее?
2. Выступление дает возможность учиться излагать содержание работы в короткое время, схватывать суть вопросов и толково объяснять существо. Следовательно, учиться делать доклад полезно для работы в любой области знаний.
3. На семинаре (конференции) докладчику принято задавать вопросы. Студентам следует знать, что в научной среде не принято осуждать коллег за заданные в процессе обсуждения вопросы. Однако вопросы должны быть заданы по существу проблемы, исключать переход на личностные отношения. Публичное выступление позволяет студентам учиться корректно, лаконично и по существу отвечать на вопросы, демонстрировать свои знания.

Требования к подготовке доклада

Доклад может иметь форму публичной лекции, а может содержать в себе основные тезисы более крупной работы (например, реферата, курсовой, дипломной работы, научной статьи). Обычно от доклада требуется, чтобы он был:

- точен в части фактического материала и содержал обоснованные выводы;
- составлен с учетом точки зрения адресата;
- посвящен проблемам, непосредственно относящимся к определенной теме;

- разделен на части, логично построенные;
- достаточно обширен, чтобы исчерпать заявленную тему доклада, но не настолько, чтобы утомлять адресата;
- интересно написан и легко читался (слушался);
- понятен, нагляден и привлекателен по оформлению.

Как правило, доклад содержит две части: текст и иллюстрации. Представление рисунков, таблиц, графиков должно быть сделано с помощью компьютера. Компьютер - идеальный помощник при подготовке выступления на семинаре (конференции). Каждая из частей доклада важна. Хорошо подготовленному тексту всегда сопутствует хорошая презентация. Если докладчик не нашёл времени хорошо подготовить текст, то у него плохо подготовлены и иллюстрации. Это неписаное правило.

Доклад строится по определённой схеме. Только хорошая система изложения даёт возможность логично, взаимосвязано, кратко и убедительно изложить результат. Обычно участники конференции знают, что должно прозвучать в каждой части выступления. В мире ежегодно проходят тысячи семинаров, сотни различных конференций, технология создания докладов совершенствуется. Главное - говорить о природе явления, о процессах, проблемах и причинах Вашего способа их решения, аргументировать каждый Ваш шаг к цели.

На следующие вопросы докладчику полезно ответить самому себе при подготовке выступления, заблаговременно (хуже, если подобные вопросы возникнут у слушателей в процессе доклада). Естественно, отвечать целесообразно честно...

1. Какова цель выступления**?**

Или: «Я, автор доклада, хочу...»:

- информировать слушателей о чем-то;
- объяснить слушателям что-то;
- обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т.п.) со слушателями;
- спросить у слушателей совета;
- сделать себе PR;
- пожаловаться слушателям на что-то (на жизнь, ситуацию в стране и т.п.).

Т.е. ради чего, собственно, затевается выступление? Если внятного ответа на Вопрос нет, то стоит задуматься, нужно ли такое выступление?

2. Какова аудитория?

На кого рассчитано выступление:

- на студентов;
- на клиента (-ов);
- на коллег-профессионалов;
- на конкурентов;
- на присутствующую в аудитории подругу (друзей)?

3. Каков объект выступления?

О чем собственно доклад, что является его «ядром»:

- одна модель;
- серия моделей;
- динамика изменения модели (-ей);
- условия применения моделей;
- законченная методика;
- типовые ошибки;
- прогнозы;
- обзор, сравнительный анализ;
- постановка проблемы, гипотеза;
- иное?

Естественно, качественный доклад может касаться нескольких пунктов из приведенного списка...

4. Какова актуальность доклада?

Или: почему сегодня нужно говорить именно об этом?

5. В чем заключается новизна темы?

Или: если заменить многоумные и иноязычные термины в тексте доклада на обычные слова, то не станет ли содержание доклада банальностью?

Ссылается ли автор на своих предшественников? Проводит ли сравнение с существующими аналогами?

Стоит заметить, что новизна и актуальность - разные вещи. Новизна характеризует насколько ново содержание выступления по сравнению с существующими аналогами. Актуальность - насколько оно сейчас нужно. Бесспорно, самый выигрышный вариант - и ново, и актуально. Неплохо, если актуально, но не ново. Например, давняя проблема, но так никем и не решенная. Терпимо, если не актуально, но ново - как прогноз. Пример: сделанный Д.И. Менделеевым в XIX веке прогноз, что в будущем дома будут не только обогревать, но и охлаждать (кондиционеров тогда и вправду не знали).

Но если и не ново и не актуально, то нужно ли кому-то такое выступление?

6. Разработан ли автором план (структура и логика) выступления?

Есть ли логичная последовательность авторской мысли? Или же автор планирует свой доклад в стиле: «чего-нибудь наболтаю, а наглядный материал и вопросы слушателей как-нибудь помогут вытянуть выступление...?»

Есть ли выводы с четкой фиксацией главного и нового? Как они подводят итог выступлению?

7. Наглядная иллюстрация материалов

Нужна ли она вообще, и если да, то, что в ней будет содержаться? Отражает ли она логику выступления?

Иллюстрирует ли сложные места доклада?

Важно помнить: иллюстративный материал не должен полностью дублировать текст доклада. Слушатель должен иметь возможность записывать: примеры, дополнения, подробности, свои мысли... А для этого необходимо задействовать как можно больше видов памяти. Гигантской практикой образования доказано: материал усваивается лучше, если зрительная и слуховая память подкрепляются моторной. Т.е. надо дать возможность слушателям записывать, а не только пассивно впитывать материал.

Следует учитывать и отрицательный момент раздаточных материалов: точное повторение рассказа докладчика. Или иначе: если на руках слушателей (в мультимедийной презентации) есть полный письменный текст, зачем им нужен докладчик? К слову сказать, часто красивые слайды не столько иллюстрируют материал, сколько прикрывают бедность содержания...

8. Корректные ссылки

Уже много веков в научной среде считается хорошим тоном указание ссылок на первоисточники, а не утаивание их.

9. Что останется у слушателей:

- раздаточный или наглядный материал: какой и сколько?
- собственные записи: какие и сколько? И что сделано автором по ходу доклада для того, чтобы записи слушателей не искажали авторский смысл?
- в головах слушателей: какие понятия, модели, свойства и условия применения были передам слушателям?

Требования к составлению доклада

Полезно придерживаться следующей схемы составления доклада на семинаре (конференции).

Время Вашего доклада ограничено, обычно на него отводится 5-7 минут. За это время докладчик может успеть зачитать в темпе обычной разговорной речи текст объёмом

не более 3-5-и листов формата А4. После доклада - вопросы слушателей и ответы докладчика (до 3 минут). Полное время Вашего выступления - не более 10-и минут.

Сначала должно прозвучать название работы и фамилии авторов. Обычно название доклада и авторов произносит руководитель семинара (председатель конференции). Он представляет доклад, но допустим и такой вариант, при котором докладчик сам произносит название работы и имена участников исследования. Потраченное время - примерно 30 с.

Следует знать, что название - это краткая формулировка цели. Поэтому название должно быть конкретным и ясно указывать, на что направлены усилия автора. Если в названии менее 10-и слов - это хороший тон. Если больше - рекомендуется сократить. Так советуют многие международные журналы. В выступлении можно пояснить название работы другими словами. Возможно, слушатели лучше Вас поймут, если Вы скажете, какое явление исследуется, что измеряется, что создаётся, разрабатывается или рассчитывается. Максимально ясно покажите, что именно Вас интересует.

Введение (до 1 мин)

В этой части необходимо обосновать необходимость проведения исследования и его актуальность. Другими словами, Вы должны доказать, что доклад достоин того, чтобы его слушали. Объясните, почему важно исследовать данное явление. Расскажите, чем интересен выбранный объект с точки зрения науки, заинтересуйте своих слушателей темой Вашего исследования.

Скажите, кто и где решал подобную задачу. Укажите сильные и слабые стороны известных результатов. Учитывайте то, что студенту необходимо учиться работать с литературой, анализировать известные факты. Назовите источники информации, Ваших предшественников по имени, отчеству и фамилии и кратко, какие ими были получены результаты. Обоснуйте достоинство Вашего способа исследования в сравнении с известными результатами. Учтите, что студенческое исследование может быть и познавательного характера, то есть можно исследовать известный науке факт. Поясните, чем он интересен с Вашей точки зрения. Ещё раз сформулируйте цель работы и покажите, какие задачи необходимо решить, чтобы достигнуть цели. Что нужно сделать, создать, решить, вычислить? Делите целое на части - так будет понятнее и проще.

Методика исследования (до 30 сек.)

Методика, или способ исследования, должна быть обоснована. Поясните, покажите преимущества и возможности выбранной Вами методики при проведении экспериментального исследования.

Теоретическая часть (до 1 мин)

Эта часть обязательна в докладе. Редкий случай, когда можно обойтись без теоретического обоснования предстоящей работы, ведь экспериментальное исследование должно базироваться на теории. Здесь необходимо показать сегодняшний уровень Вашего понимания проблемы и на основании теории попытаться сформулировать постановку задачи. Покажите только основные соотношения и обязательно дайте комментарий. Скажите, что основная часть теории находится в содержании работы (реферате).

Экспериментальная часть (для работ экспериментального типа) (1,5-2 мин.)

Покажите и объясните суть проведённого Вами эксперимента. Остановитесь только на главном, основном. Второстепенное оставьте для вопросов.

Результаты работы (до 1 мин.)

1. Перечислите основные, наиболее важные, на Ваш взгляд, результаты работы.
2. Расскажите, как он был получен, укажите его характерные особенности.
3. Поясните, что Вы считаете самым важным и почему.
4. Следует ли продолжать исследование, и, если да, то в каком направлении?
5. Каким результатом можно было бы гордиться? Остановитесь на нём подробно.
6. Скажите, что следует из представленной вами информации.

7. Покажите, удалось ли разобраться в вопросах, сформулированных при постановке задачи. Обязательно скажите, достигнута ли цель работы. Закончено ли исследование?

8. Какие перспективы?

9. Покажите, что результат Вам нравится.

Выводы (до 1 мин.)

Сжато и чётко сформулируйте выводы. Покажите, что твёрдо установлено в результате проведённого теоретического или экспериментального исследования. Что удалось надёжно выяснить? Какие факты заслуживают доверия?

Завершение доклада

Поблагодарите всех за внимание. Помните: если Вы закончили свой доклад на 15 секунд раньше, все останутся довольны и будут ждать начала вопросов и дискуссию. Если Вы просите дополнительно ещё 3 минуты, Вас смогут потерпеть. Это время могут отнять от времени для вопросов, где Вы могли бы показать себя с хорошей стороны. Поэтому есть смысл предварительно хорошо "вычитать" (почти выучить) доклад. Это лучший способ научиться управлять временем.

Требования к предъявлению доклада во время выступления

Докладчику следует знать следующие приёмы, обеспечивающие эффективность восприятия устного публичного сообщения.

Приемы привлечения внимания

1. Продуманный первый слайд презентации.
2. Обращение.
3. Контакт глаз.
4. Позитивная мимика.
5. Уверенная пантомимика и интонация.
6. Выбор места.

Приемы привлечения интереса

В формулировку актуальности включить информацию о том, в чём может быть личный интерес слушателей, в какой ситуации они могут его использовать?

Приемы поддержания интереса и активной мыслительной деятельности слушателей

1. Презентация (образы, схемы, диаграммы, логика, динамика, юмор, оформление).
2. Соответствующая невербальная коммуникация (все составляющие!!!).
3. Речь логичная, понятная, средний темп, интонационная выразительность.
4. Разговорный стиль.
5. Личностная вовлеченность.
6. Образные примеры.
7. Обращение к личному опыту.
8. Юмор.
9. Цитаты.
10. Временное соответствие.

Приемы завершения выхода из контакта

- обобщение;
- метафора, цитата;
- побуждение к действию.

6. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [5].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

[5] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[6].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

7. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

---

[6]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

8. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы (курсового проекта)

Содержание основных этапов подготовки курсовой работы

Курсовая работа (проект) - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной финансовой ситуации.

Курсовая работа (проект) не должна составляться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в курсовой работе должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы (проекта) студентом.

Выполнение курсовой работы (проекта) начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсовой работы.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы (проекта) предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана студент осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки курсовая работа сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы (проекта) студентов проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

Рекомендации по подготовке к защите курсовой работы (проекта).

При подготовке к защите курсовой работы студент должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению, перспективы развития рассматриваемой экономической ситуации.

Защита курсовой работы (проекта) проводится в университете при наличии у студента курсовой работы (проекта), рецензии и зачетной книжки. Оценка - дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы (проект) и заполняет графу "оценка" в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ (проектов), найденные в Интернет, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных студенческих работ.

9. Работа с источником

Чтение источника (книги, статьи, отчета и т.п.) рекомендуется осуществлять в два этапа:

I этап — ознакомительное чтение;

II этап — основное чтение с записями.

Первый этап – это предварительное ознакомление с источником (книгой, отчетом, статьей и т.д.).

Ознакомление должно дать ответ – представляет ли источник интерес, и если да, то в чем, какими методами его можно обработать.

Второй этап – основное чтение источника и записи. Запись – наиболее эффективный путь усвоения информации. Это связано с тем, что она представляет (должна представлять) творческий процесс анализа содержания источника, определение наиболее существенного в информации, содержащейся в источнике, и отбор самого важного для того, чтобы дать эту информацию в сжатом ("свернутом") виде.

Важными факторами при проработке литературы (особенно нового текста) являются настойчивость и систематичность. Последовательное, систематическое, аналитическое чтение облегчает усвоение прорабатываемого материала.

При записи используется не только зрительная, но и двигательная память. Формы

Критерии оценки для работы с источником

Оценка
Результат освоения
5 -если представлена интересная актуальная информация, сопровождаемая презентацией;
4 - если информация представлена актуальная, но презентация не вполне презентабельна;
3 -если информация не вполне актуальна, презентация отсутствует;

2 - если информация не актуальна, не представлена презентация.

Составление опорных конспектов

Примерный порядок составления опорного конспекта

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.
2.Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
5. Составление опорного конспекта.

Критерии оценивания при составлении опорного конспекта

Оценка «5» - конспект составлен по плану, соблюдается логичность, последовательность изложения материала, качественное внешнее оформление, объем - 4 тетрадные страницы;
Оценка «4» - конспект выполнен по плану, но некоторые вопросы раскрыты не полностью, есть небольшие недочеты в работе, объем – 4 тетрадные страницы;
Оценка «3» - при выполнении конспекта наблюдается отклонение от плана, нарушена логичность, отсутствует внутренняя логика изложения, удовлетворительное внешнее оформление, объем менее 4 страниц;
Оценка «2» - тема не раскрыта, неудовлетворительное внешнее оформление, объем менее 2 страниц.

10. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными

элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды

целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;

- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации по написанию

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

СТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ

Специальность
21.04.04 Горное дело

Специализация
№ 4 Маркшейдерское дело

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Белов С.В., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры
Горной механики
Зав.кафедрой _____
Макаров Н.В.
Протокол № 179 от 18.04..2019

Рассмотрена методической комиссией
Горно-технологического факультета
Председатель _____
Колчина Н.В.
Протокол № 7 от 19.04.2019

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 7
Подготовка к зачёту 7
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 5
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 6
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 7
3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ 19
Практико-ориентированное задание №1 19
Практико-ориентированное задание №2 23
Практико-ориентированное задание №3 26
Практико-ориентированное задание №4 30
Практико-ориентированное задание №5 32

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 144 часов или 4 зачетных единиц.

По курсу «Технология и безопасность взрывных работ» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – *освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита практико-ориентированных занятий; подготовка и защита контрольной работы.* Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов освоения отдельных тем дисциплины.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В следующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Технология и безопасность взрывных работ». Она содержит названия 30 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1].

При освоении указанных ниже тем *рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента:*

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Тема 1. Краткая история развития взрывных работ.

Значение взрывных работ в горнодобывающей промышленности и в строительстве. История развития взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте основные вехи развития взрывных работ.
2. Опишите первую технологию ведения взрывных работ в горном деле.
3. Назовите первое нитроглицериновое взрывчатое вещество.
4. Опишите историю развития средств инициирования

Тема 2. Современные виды взрывных работ.

Современные виды взрывных работ в промышленности. Основные виды взрывных работ. Специальные виды взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Назовите современные виды взрывных работ
2. Назовите современные виды специальных взрывных работ.

Тема 2. Способы бурения шпуров и скважин.

Классификация способов бурения шпуров и скважин. Механическое бурение и его виды. Термическое бурение и его виды. Специальные виды бурения шпуров и скважин.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию способов бурения шпуров и скважин.
2. Опишите суть механических видов бурения шпуров и скважин.
3. Опишите суть термических видов бурения шпуров и скважин.
4. Опишите суть специальных видов бурения шпуров и скважин
5. Укажите рациональные области применения механических, термических и специальных видов бурения шпуров и скважин.

Тема 3. Ударно-поворотный способ бурения.

Механизм разрушения горных пород при ударно-поворотном бурении. Механизмы скола и выкола. Зависимость скорости ударно-поворотного бурения от осевого усилия, частоты вращения. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональную область применения ударно-поворотного бурения.
2. Охарактеризуйте механизмы скола и выкола.
3. Опишите механизм разрушения горных пород при ударном внедрении инструмента.
4. Укажите бурильные машины ударно-поворотного бурения.
5. Отметьте факторы, которые повышают энергоемкость ударного бурения по сравнению с другими способами.
6. Укажите последовательность процессов, происходящих при разрушении породы при ударном бурении.

Тема 4. Вращательный способ бурения.

Технические средства вращательного бурения. Работа ядра уплотнения при резании пород. Зависимость объема разрушения от толщины стружки. Режимы самозаточки и затупления режущей грани сверла. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите преимущества вращательного бурения.
2. Укажите бурильные машины вращательного бурения.
3. Охарактеризуйте основные механизмы износа и затупления бурового инструмента при вращательном бурении.
4. Опишите механизм разрушения горных пород при вращательном бурении.

Тема 5. Ударно-вращательный и вращательно-ударный способ бурения.

Технические средства бурения. Совместное действие механизмов удара и резания. Зависимость энергоемкости бурения от усилий подачи на инструмент.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите область применения вращательно-ударного бурения.
2. Укажите область применения ударно-вращательного бурения.
3. Назовите преимущества вращательно-ударного бурения.
4. Охарактеризуйте зависимость энергоемкости бурения от усилия подачи
5. Назовите машины и механизмы, реализующие ударно–вращательный способ бурения.
6. Назовите машины и механизмы, реализующие вращательно-ударный способ бурения

Тема 6. Шарошечное бурение.

Технические средства бурения. Механизм шарошечного бурения. Режимы бурения в зависимости от осевого усилия. Контактная прочность пород как критерий буримости.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите особенности шарошечного бурения.
2. Опишите зависимость скорости бурения от величины осевого усилия.
3. Назовите машины и механизмы, реализующие шарошечное бурение.
4. Укажите область применения шарошечного бурения

Тема 7. Основы теории взрыва и взрывчатых веществ.

Виды взрыва: механический, тепловой, электрический, ядерный, химический. Необходимые условия химического взрыва. Взрывчатое вещество. Классификация взрывчатых систем по физическому состоянию.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию взрыв.
2. Приведите пример механического взрыва.
3. Приведите пример Теплового взрыва.
4. Приведите примеры тепловых взрывов.
5. Охарактеризуйте химический взрыв.
6. Назовите необходимые условия химического взрыва.

Тема 8. Свойства взрывчатых веществ.

Классификация свойств взрывчатых веществ. Технологические свойства взрывчатых веществ. Специальные свойства взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию свойств взрывчатых веществ.
2. Назовите основные технологические свойства взрывчатых веществ.
3. Что такое кислородный баланс.
4. Назовите виды кислородного баланса.
5. Какие газы выделяются при положительном кислородном балансе.
6. При каком кислородном балансе образуется окись углерода (CO)?

Тема 9. Начальный импульс и чувствительность взрывчатых веществ.

Начальный импульс. Виды начального импульса Инициирование. Чувствительность взрывчатых веществ. Способы изменения чувствительности.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «Начальный импульс».
2. Охарактеризуйте тепловой начальный импульс.
3. Какой вид начального импульса является основным для горного дела?
4. Перечислите пробы на чувствительность.
5. Что такое сенсибилизатор?
6. Приведите пример веществ вводимых в состав взрывчатых веществ для флегматизации.

Тема 10. Формы химического превращения взрывчатых веществ.

Основные формы химического превращения взрывчатых веществ. Режимы химического превращения: термический распад, горение, конвективное горение, детонация

Литература: [1, 2, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные формы химического превращения.
2. Дайте характеристику горению как форме химического превращения.
3. Дайте характеристику детонации как форме химического превращения.

Тема 11. Основные положения теории детонации.

Механизм детонации. Графическая интерпретация процесса детонации – адиабата Гюгонио. Количественная оценка характеристик процесса детонации.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите особенности детонационной волны.
2. Дайте определение понятию «Детонация».
3. Приведите основные детонационные характеристики взрывчатых веществ.

Тема 12. Экспериментальные методы определения скорости детонации.

Классификация методов определения скорости детонации взрывчатых веществ Метод Дотриша Осциллографический метод. Метод скоростной фотосъемки. Реостатный метод.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте метод Дотриша, для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
2. Назовите отличительные особенности осциллографического метода для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
3. Опишите процедуру измерения скорости детонации используя реостатный метод.

Тема 13. Факторы, влияющие на скорость и устойчивость детонации.

Группы факторов влияющие на скорость и устойчивости детонации. Влияние внутреннего состава и строения на скорость и устойчивость детонации. Влияние условий взрывания на скорость детонации.

Литература: |1, 3|

Контрольные вопросы:

1. Как влияет дисперсность взрывчатого вещества на скорость и устойчивость детонации?
2. Как влияет плотность взрывчатого веществ на скорость детонации?
3. Дайте определение понятию «критический диаметр детонации».
4. Как влияет на скорость и устойчивость детонации наличие плотной оболочки на заряде взрывчатого вещества.
5. Влияние величины начального импульса на устойчивость детонации

Тема 14. Работа взрыва.

Работа взрыва: баланс энергии при взрыве. Потери при переходе потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва. Полезная работа взрыва. Бризантность и фугасность. Пробы на бризантность и фугасность.

Литература: |1, 3|

Контрольные вопросы:

1. Опишите переход потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва.
2. Чем обусловлены химические потери при взрыве?
3. Чем обусловлены тепловые потери при взрыве?
4. Охарактеризуйте бесполезные формы работы взрыва.
5. Что такое бризантность взрывчатых веществ.
6. Назовите формы проявления фугасной работы взрыва.

Тема 15. Основные положения теории предохранительных взрывчатых веществ.

Необходимость применения предохранительных взрывчатых веществ. Теории предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию пламегаситель.
2. Дайте определение понятию ингибитор.
3. Перечислите основные гипотезы воспламенения горючих шахтных сред.
4. Перечислите возможные пути предотвращения воспламенения горючих шахтных сред.
5. Охарактеризуйте методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Тема 16. Заряд взрывчатого вещества.

Заряды взрывчатых веществ. Классификация. Воронка взрыва и ее элементы. Показатель действия взрыва.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются заряды взрывчатых веществ.
2. Перечислите элементы воронки взрыва
3. Что такое показатель действия взрыва.
4. Как классифицируются заряды взрывчатых веществ по показателю действия взрыва.

Тема 17. Действие взрыва.

Действие сосредоточенного заряда в твердой однородной безграничной среде и при наличии обнаженной поверхности. Стадии разрушения: образование газовой полости, зоны дробления, зона радиальных и кольцевых трещин, откольные явления. Соотношение бризантного и фугасного действия взрыва в зависимости от акустической жесткости разрушаемых пород.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Отразите последовательность развития взрыва в горных породах.
2. Отметьте области действия взрыва, образующие зону регулируемого дробления.
3. Какие трещины образуются в горной породе при падении давления и обратной деформации пород в сторону зарядной полости?

4. Какие трещины образуются при отражении волны сжатия от свободной поверхности горной породы?

Тема 18. Классификации промышленных взрывчатых веществ.

Классификация ВВ: по характеру воздействия на окружающую среду, по чувствительности к простым формам начального импульса, физическому состоянию. Классификация по химическому составу – индивидуальные ВВ и взрывчатые смеси. Классы ВВ по условиям применения

Литература: [1, 2, 4, 6]

Контрольные вопросы:

1. К какой группе относятся взрывчатые вещества, имеющие скорость детонации 4000 м/с?
2. Какие классы промышленных ВВ выделяют по химическому составу?
3. К какому классу промышленных ВВ по химическому составу относится тротил, детонит?
4. Какие ВВ можно использовать только при взрывных работах на поверхности, в шахтах опасных по газу и пыли? Укажите номер класса и цвет оболочки
5. Какой цвет имеют патроны предохранительных ВВ?
6. По какому характерному признаку выделяют первичные и вторичные ВВ?

Тема 19. Непредохранительные взрывчатые вещества I класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Нитросоединения: свойства, ассортимент, область применения. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства гранулотола.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ.
3. Бестротиловые взрывчатые вещества: особенности, свойства.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ.

Тема 20. Непредохранительные взрывчатые вещества II класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Порошкообразные ВВ – аммониты и аммоналы. Свойства и область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства граммонита 79/21.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.
3. Назовите отличительные особенности патронированных аммонитов.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.

Тема 21. Предохранительные взрывчатые вещества III – VII классов по условиям применения.

Требования к энергетическим и детонационным характеристикам предохранительных ВВ. Требования к кислородному балансу. Требования к составу и строению зарядов.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите названия взрывчатых веществ III класса по условиям применения.
2. Какие добавки вводят в состав предохранительных взрывчатых веществ?
3. Укажите требования, предъявляемые к предохранительным ВВ.

Тема 22. Методы производства взрывных работ.

Классификация методов производства взрывных работ. Метод шпуровых зарядов. Метод скважинных зарядов. Метод камерных зарядов. Метод наружных зарядов. Область применения, достоинства и недостатки методов.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите области применения метода шпуровых зарядов в подземных условиях.
2. Укажите область применения метода шпуровых зарядов при открытой разработке месторождений.
3. Укажите область применения метода скважинных зарядов.
4. Укажите область применения метода наружных зарядов.

Тема 23. Метод шпуровых зарядов при проведении подземных горных выработок.

Состав проходческого цикла. Коэффициент использования шпуров (КИШ). Коэффициент излишка сечения (КИС). Врубовые, отбойные и оконтуривающие шпуры. Очередность взрывания. Конструкции шпуровых зарядов. Размер и качество забойки. Прямое и обратное инициирование зарядов. Назначение и типы врубов. Конструкции наклонных врубов, их достоинства и недостатки. Конструкции прямых врубов; их достоинства и недостатки. Комбинированные врубы. Принципы расчета параметров буровзрывных работ.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите типы шпуров при проходке выработки.
2. Укажите очередность взрывания шпуров в типовой технологии проходки выработок.
3. Укажите условия, соответствующие обратному инициированию заряда.
4. Отметьте достоинства прямого инициирования заряда ВВ по сравнению с обратным.
5. Отметьте достоинства обратного инициирования заряда ВВ по сравнению с прямым.

Тема 24. Метод шпуровых зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Технология шпуровой отбойки при разработке рудных месторождений. Расчет параметров БВР. Технология шпуровой отбойки угля. Правила безопасности при использовании метода шпуровой отбойки.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Опишите существо метода шпуровых зарядов при добыче полезных ископаемых подземным способом.
2. Укажите классы ВВ допущенные к применению при шпуровой отбойке по углю.
3. Какой способ взрывания допущен к применению при шпуровой отбойке угля?
4. Какова допустимая величина уходки (м) при добыче угля методом шпуровых зарядов?

5. Какова величина предельного содержание метана в забое (в %), при котором разрешена отбойка угля методом шпуровых зарядов?

Тема 25. Метод скважинных зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Отбойка вертикальными и горизонтальными слоями. Параллельное и веерное расположение скважин – преимущества и недостатки. Схемы отбойки руды в блоке. Расчет параметров скважинной отбойки. Бурение, заряжание и взрывание скважин. Правила безопасности при скважинной отбойке.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите преимущества параллельного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с веерным расположением скважин).
2. Укажите преимущества веерного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с параллельным расположением скважин).
3. Укажите способы бурения скважин при отбойке руды в подземных условиях.
4. Какой тип ВВ обычно применяют при механизированном заряжании скважин?
5. Укажите показатели, входящие в формулу определения удельного расхода ВВ при скважинной отбойке руды в подземных условиях.

Тема 26. Метод скважинных зарядов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Расположение скважин на уступе и их бурение. Принципы расчета параметров буровзрывных работ. Схемы взрывания скважинных зарядов при однорядном и многорядном взрывании скважин.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональные способы бурения скважин при открытой разработке месторождений.
2. Удельный расход ВВ на карьерах определяется по эталонному $q_э$ с учетом поправочных коэффициентов. Укажите факторы, определяющие величину данных коэффициентов.
3. Укажите основные способы взрывании зарядов взрывчатых веществ, используемых на земной поверхности.

4. Перечислите основные взрывчатые вещества, используемые при ведении взрывных работ на земной поверхности.

Тема 27. Метод камерных зарядов.

Расположение выработок при использовании камерных зарядов. Камерные заряды рыхления и их расчет. Камерные заряды выброса и их расчет Камерные заряды на сброс и их расчет.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях целесообразно использовать метод камерных зарядов при открытой разработке месторождений?
2. Назовите достоинства и недостатки метода камерных зарядов.

Тема 28. Взрывное разрушение негабарита.

Характеристики, область применения, достоинства и недостатки различных способов разделки негабарита: наружными, шпуровыми, кумулятивными зарядами, гидровзрывание.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита накладными зарядами.
2. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита шпуровыми зарядами.
3. Укажите способы взрывного дробления негабарита при открытой разработке месторождений.

Тема 29. Техническая документация для производства взрывных работ.

Необходимая техническая документация для производства взрывных работ: типовой проект взрывных работ, проект массового взрыва, паспорт буровзрывных работ, схема взрывных работ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Что входит в состав типового проекта взрывных работ?
2. Опишите процедуру составления и утверждения паспорта буровзрывных работ.
3. Для каких работ составляется схема взрывных работ.
4. В каких случаях составляется проект массового взрыва?

Тема 30. Персонал для взрывных работ.

Требования к лицам, допущенным к ведению взрывных работ: руководитель взрывных работ, мастер-взрывник, заведующий складом ВМ, раздатчики ВМ и лаборанты складов ВМ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к руководителям взрывных работ?
2. Какие требования предъявляются к взрывникам?
3. В течение какого периода времени проходит стажировка взрывника?
4. Требования в заведующему склада взрывчатых материалов.

3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

Практико-ориентированное задание №1

Расчет кислородного баланса и составление рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Цель: овладение методикой расчета кислородного баланса взрывчатых веществ и принципами составления рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Краткая теория

Определение кислородного баланса

Кислородным балансом называется отношение избытка или недостатка кислорода во взрывчатом веществе (ВВ) для полного окисления горючих элементов (водорода, углерода, металлов и т. п.), выраженное в грамм-атомах, к грамм-молекулярной массе ВВ. Кислородный баланс выражается в долях или процентах.

Под полным окислением понимается окисление водорода в воду, а углерода в углекислый газ. При этом выделяется также молекулярный азот и кислород. Если в составе ВВ находится металл, то образуется его высший оксид.

Реакции полного окисления:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 396 \text{ кДж/моль};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O \rightarrow H_2O + 283 \text{ кДж/моль при воде жидкой};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O + 241 \text{ кДж/моль при воде парообразной};$$

$$2Al + 1.5O_2 \rightarrow Al_2O_3 + 1671 \text{ кДж/моль}.$$

Следовательно, если ВВ имеет состав в виде $C_aH_bN_cO_d$, то кислородный баланс (%)

$$K_б = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2}\right)\right] \cdot 16}{M_{BB}} 100\%, \qquad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода; M_{BB} – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \qquad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \qquad (1.3)$$

нулевой кислородный баланс:

при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \qquad (1.4)$$

отрицательный кислородный баланс.

Взрывчатые вещества с нулевым кислородным балансом выделяют максимальное количество энергии и минимальное количество ядовитых газов.

При взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом в зависимости от относительного количества кислорода образуются либо ядовитая окись углерода (угарный газ) с меньшим выделением тепла, чем при образовании углекислоты, т. е.

$$C + 0{,}5O_2 \rightarrow CO + 109 \text{ кДж/моль};$$

либо чистый углерод в виде сажи, резко снижающий образование газов.

При положительном кислородном балансе уменьшается выделение энергии, так как образуется ядовитая окись азота с поглощением тепла по реакции

$$0{,}5N_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow NO - 90{,}5 \text{ кДж/моль}.$$

Пример 1. Определить кислородный баланс тротила $C_7H_5(NO_2)_3$, относительная молекулярная масса которого 227.

Для полного окисления необходимо $2a + b/2$ или $2 \cdot 7 + 5/2 = 16{,}5$ атомов кислорода.

В наличии имеется 6 атомов кислорода

Следовательно,

$$K_б = \frac{\left[6 - \left(2 \cdot 7 + \frac{5}{2}\right)\right] \cdot 16}{227} 100\% = -74\%.$$

Пример 2. Определить кислородный баланс граммонита 30/70. Граммонит 30/70 состоит из 30% аммиачной селитры NH_4NO_3 и 70% тротила.

Кислородный баланс аммиачной селитры АС, определенный вышеуказанным способом, равен −20%.

Кислородный баланс граммонита 30/70:

$$0{,}3 \cdot 20 + 0{,}7 \cdot -74 = -45{,}5\%.$$

Составление рецептуры промышленных ВВ

При изготовлении промышленных ВВ обычно состав подбирается таким, чтобы был нулевой кислородный баланс. Для изготовления патронированных ВВ принимается небольшой положительный кислородный баланс для окисления материала оболочки патронов. Для подземных работ при взрыве 1 кг ВВ должно выделяться не более 40 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Если образуются окислы азота и сернистый газ, то для перевода их к условной окиси углерода принимается поправочный коэффициент соответственно 6.5 и 2.5.

Для открытых горных работ, особенно для ВВ, применяемых в обводненных условиях, требования к кислородному балансу ВВ не такие жесткие

Пример 1. Составить рецептуру игданита с нулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[КБ_{ДТ}]}{[КБ_{АС}]},$$

где $КБ_{ДТ}$ – кислородный баланс дизельного топлива;

$КБ_{АС}$ – кислородный баланс аммиачной селитры.

$$n = \frac{320}{20} = 16.$$

Содержание дизельного топлива во взрывчатом веществе:

$$x = \frac{100}{1+n},$$

$$x = \frac{100}{1+16} = 5{,}9\ \%.$$

Соответственно содержание аммиачной селитры

$$100 - x = 100 - 5{,}9 = 94{,}1\%.$$

Следовательно, формула игданита:

94,1% аммиачной селитры; 5,9% дизельного топлива.

Пример 2. Определить рецептуру ВВ с нулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры (NH_4NO_3) и тротила ($C_7H_5(NO_2)_3$).

Кислородный баланс тротила –74%, относительная молекулярная масса 227. Кислородный баланс аммиачной селитры +20%, относительная молекулярная масса 80.

Состав смеси должен отвечать условию:

$$x\,(-74\%) + (100 - x)\,20\% = 0,$$

где x – содержание в смеси тротила, %.

Решение данного уравнения показывает, что $x = 21\%$ и $(100 - x) = 79\%$. Такому составу смеси отвечают граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ.

Обозначим число молей аммиачной селитры через y, число молей тротила через z. Тогда из соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 227} = \frac{79}{21},$$

получим

$$y = \frac{79 \cdot z \cdot 227}{21 \cdot 80} = 10{,}7z.$$

Приняв z = 1, получим y = 10,7.

Следовательно, молекулярное уравнение граммонита имеет вид

$$z + 10{,}7y = C_7H_5(NO_2)_3 + 10{,}7NH_4NO_3$$

Пример 3. Определить молекулярную формулу гранулита АС-8, имеющего следующий состав: 89% аммиачной селитры NH_4NO_3; 3% солярового масла $C_{11}H_{24}$ (относительная молекулярная масса 226); 8% алюминиевой пудры Al (относительная молекулярная масса — 27).

Обозначив число молей солярового масла x, аммиачной селитры y, алюминиевой пудры z, можно написать химическую формулу в виде

$$y\,NH_4NO_3 + x\,C_{11}H_{24} + z\,Al.$$

В соответствии с весовым составом можно записать следующие соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 226} = \frac{89}{3}; \quad \frac{z \cdot 27}{x \cdot 226} = \frac{8}{3},$$

Отсюда $y = 83{,}9x$; $z = 22{,}4x$.

Примем $x = 1$, тогда молекулярное уравнение гранулита АС-8 имеет вид

$$83{,}9\,NH_4NO_3 + C_{11}H_{24} + 22{,}4\,Al.$$

Практико-ориентированное задание №2

Определение работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Цель: овладение методикой определения работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Краткая теория

Расчет идеальной работоспособности ВВ

Из первого закона термодинамики следует, что изменение внутренней энергии газов равно количеству тепла, сообщенного окружающей среде и произведенной работе:

$$-dE = dQ + pdV. \qquad (2.1)$$

Если техническим назначением взрыва ВВ является производство механической работы, то затраты на теплообмен продуктов взрыва (ПВ) с окружающей средой являются энергетическими потерями (dQ). Эти потери называются термодинамическими.

Идеальным с точки зрения отсутствия термодинамических потерь является адиабатический процесс расширения ПВ, т.е. $dQ = 0$. В этом случае изменение внутренней энергии ПВ равно количеству работы, совершаемой газами, т.е.

$$-dE = pdV = dA \qquad (2.2)$$

В реальных условиях взрывания наиболее близким к адиабатическому процессу является взрыв ПВ в воздушной среде, а, например, в горных породах термодинамические потери возрастают. Они существенно выше в пористых, хрупких, легко дробимых породах и минимальны в пластичных средах типа глин.

Мерой идеальной работоспособности ВВ может служить максимальная работа, которую совершают ПВ при своем адиабатическом расширении до давления окружающей среды (воздушной, водной, горной), т.е. когда остаточное давление ПВ уравновешивается противодавлением среды атмосферным, гидростатическим или горным давлением.

Идеальная работоспособность ВВ является одной из важнейших энергетических характеристик ВВ. Она дополняет теплоту взрыва, показывая теоретическую возможность реализации энергетического потенциала ВВ в механическую работу.

Идеальную работоспособность (полную идеальную работу взрыва) можно определить, как разность между значениями внутренней энергии ПВ в момент их образования и к концу расширения:

$$A_{ц} = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{взр}\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

где $\overline{C_V}$ - средняя теплоемкость продуктов взрыва в интервалах изменения температуры взрыва от T_1 до T_2;

T_1 - начальная температура взрыва,

T_2 - конечная температура ПВ.

Для газовых взрываемых систем, расширение ПВ которых происходит вдоль изоэнтропы вида pV^{γ} = const, пользуясь уравнением Клайперона $(PV = RT)$, получаем

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (2.4)$$

Окончательно получаем

$$A_{ц} = Q_{взр}\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_{ц} = Q_{взр}\left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_{ц} = Q_{взр}\left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right); \quad (2.7)$$

где $Q_{взр}$- потенциальная энергия ВВ (полная тепловая энергия), кДж/кг;

V_1 и V_2 - начальный и конечный удельные объемы ПВ, м^3/кг;

P_1 и P_2 - начальное и конечное давление ПВ, Па;

$\gamma = Cp/Cv$ – показатель адиабаты.

Эти же формулы могут быть использованы для расчета $A_ц$ конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе (P_2 = $1{,}01 \cdot 10^5$Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_{ц} = Q_{взр}\left(1 - \left(\frac{1{,}01 \cdot 10^5}{P_{1,ц}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_{ц} = Q_{полр} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина $q_T = Q_{взр} - A_и = C_{v2} * T_2$ - термодинамические потери энергии ВВ в продуктах взрыва по достижении ими атмосферного давления. Это остаточное тепло идет на свечение ПВ после их расширения.

Отношение идеальной работоспособности к выделившейся тепловой энергии взрыва называется идеальным термодинамическим КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_и}{Q_{взр}}, \qquad (2.10)$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}. \qquad (2.11)$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности ($A_и$) и полного термодинамического КПД (П) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты, $\gamma = C_p / C_v$. Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то $\gamma = 1.25$. Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то $\gamma = 1.2$. Величина γ снижается (соответственно снижается $A_и$ и η), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl, Al_2O_3 и др.). В этих случаях $\gamma = 1,15$. и 1.05.

Пример 1. Определить полную идеальную работоспособность и термодинамический КПД аммонита 6ЖВ при плотности заряжания 900 кг/м^3 и следующих параметрах взрывного превращения:

$V_{уд} = 0.86$ м^3/кг,

$Q_{взр} = 4300$кДж/кг;

$T_{взр} = 2600^{\circ}$К.

Для расчета показатель адиабаты принимается $\gamma = 1,25$. Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1.01 \cdot 10^5 \cdot 0,86 \cdot 2600 \cdot 900}{273 \cdot (1 - 0,001 \cdot 0,86 \cdot 900)} = 3,3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_и = Q_{взр}\left(1 - \left(\frac{1,01 * 10^5}{P_{вв}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right) = 4300 * \left(1 - \left(\frac{1,01 * 10^5}{3,3 * 10^9}\right)^{\frac{1,25-1}{1,25}}\right) = 3762,2 \frac{кДж}{кг}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_и}{Q_{взр}} = \frac{3762,2}{4300} = 0,875$$

или $\eta = 87,5\%$

Практико-ориентированное задание №3

Расчет скважинного заряда при уступной отбойке на карьере

Цель работы овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ при использовании скважинной отбойки при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Краткая теория

При разработке месторождений открытым способом (на карьерах и разрезах) используют в основном метод скважинных зарядов. В слабых породах используют вращательное (шнековое) бурение. В более прочных породах преобладает шарошечное бурение. В крепчайших породах с коэффициентом крепости $f > 14$-16 наиболее эффективно термическое бурение скважин. Скважины на уступе карьера располагают в один или несколько рядов по различным схемам в зависимости от свойств разрушаемых пород и требуемой конфигурации забоя. Расположение скважин на уступе характеризуют следующими показателями (рис. 1):

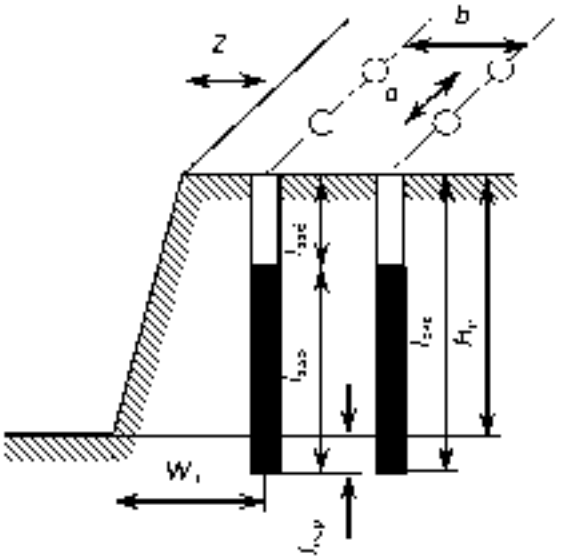


Рис. 3.1. Схема расположения скважин на уступе

$H_у$ – высота уступа, м;
$W_н$ – линия сопротивления по подошве (ЛСПП);
a – расстояние между скважинами, м;
b – расстояние между рядами скважин, м;
Z – боковое расстояние от оси скважины до верхней бровки уступа, м;
$l_{зар}$ – длина заряда, м;
$l_{пер}$ – длина перебура, м;
$l_{заб}$ – длина забойки, м;
$l_{скв}$ – длина (глубина) скважины, м;
α – угол откоса уступа.

Характеристики и расположение скважин в первую очередь зависят от удельного расхода ВВ. Оптимальная величина удельного расхода ВВ определяется множеством факторов. При этом определяющую роль играют свойства разрушаемого массива, размеры его блоков (расстояние между трещинами), степень и качество заполнения трещин, их расположение относительно вектора смещения породы и т. п. Учесть все эти факторы в единой теоретической модели не представляется возможным. Поэтому во многом оптимальные параметры процесса определяются путем опытного взрывания и интерпретации его результатов на основе общефизических представлений.

Удельный расход «эталонного» ВВ ($q_э$) может быть определен по данным таблицы 1.

Таблица 3.1

Эталонный удельный расход ВВ, кг/м^3

Категория пород по степени трещиноватости	Коэффициент крепости горных пород f по шкале проф. М. М. Протодьяконова			
	2 - 6	6 - 10	10 - 14	более 14
I	0,2	0,25	0,3	0,35
II	0,3	0,35	0,4	0,45
III	0,45	0,5	0,6	0,67
IV	0,67	0,75	0,8	0,9
V	0,9	1,0	1,1	1,2

Реальный удельный расход ВВ рекомендуется определять путем введения серии поправочных коэффициентов, учитывающих тип ВВ, конструкцию заряда, наличие свободных поверхностей, заданную степень дробления и др:

$$q_р = q_э \cdot e \cdot k_d \cdot \frac{\rho_m}{2,6}, \qquad (3.1)$$

где $q_э$ – эталонный расход Грамонита 79/21, кг/м^3;

e – коэффициент относительной работоспособности ВВ, определяемый по формуле

$$e = A_э / A_{вв}, \qquad (3.2)$$

$A_э$ = 3560 кДж/кг - идеальная работа взрыва эталонного ВВ (Грамонит 79/21);

$A_{вв}$ – идеальная работа взрыва принятого ВВ, кДж/кг;

k_d - поправочный коэффициент на кондиционный размер куска;

ρ_m – плотность горных пород, т/м^3.

Таблица 3.2

Значения поправочного коэффициента на кондиционный размер куска k_d

Допустимый размер крупных кусков, мм	250	500	750	1000	1250	1500
k_d	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

Диаметр заряда определяется диаметром рабочего органа буровой машины (долота, коронки или резца) $d_{скв}$ с учетом характеристик разрабатываемых пород:

$$d_{зар} = k_р d_{скв}, \tag{3.3}$$

где $k_р = 1{,}06 - (f - 2)\,0{,}003$ – коэффициент расширения скважин.

Удельная вместимость 1 м скважины:

$$P = 0{,}785 \cdot d_{зар}^2 \cdot \Delta, \tag{3.4}$$

где Δ, кг/м^3 – плотность заряда в скважине.

Линия сопротивления по подошве (ЛСПП) для одиночной скважины:

$$W_п = 0{,}9 \cdot \sqrt{\frac{P}{q_р}}, \tag{3.5}$$

В соответствии с правилами безопасности при бурении первого ряда скважин станок располагается перпендикулярно верхней бровке уступа, за призмой обрушения, но не ближе 2 м от верхней бровки уступа, поэтому минимально допустимая по условиям безопасного расположения бурового станка линия сопротивления по подошве (W_{min}) для вертикальных скважин рассчитывается из соотношения

$$W_{min} = H_у \operatorname{ctg}\alpha + Z, \tag{3.6}$$

где α – угол откоса рабочего уступа, град;

Z – ширина призмы обрушения, $Z \geq 2$ м.

Величина принимаемой при расчетах линии сопротивления по подошве ($W_п$) должна удовлетворять соотношению:

$$W_{min} \leq W_п. \tag{3.7}$$

Если значения $W_{min} > W_п$, это означает, что принятые параметры скважин и характеристики ВВ не обеспечивают проработку подошвы уступа. В этом случае следует изменить диаметр скважины, тип применяемого ВВ или перейти к наклонным скважинам.

Глубина перебура:

$$l_{пер} = (10 \div 15) \cdot d_{скв} \tag{3.8}$$

Глубина забойки:

$$l_{заб} = (20 \div 35) \cdot d_{скв} \qquad (3.9)$$

Глубина скважины:

$$l_{скв} = H_у + l_{пер} \qquad (3.10)$$

Расстояние между скважинами в ряду:

$$a = mW_п. \qquad (3.11)$$

где m 0,8 1,4 - коэффициент сближения скважин; меньшее значение m принимается для крепких пород.

Расстояние между рядами скважин:

$$b \quad (0.9\text{-}1.0)W_п. \qquad (3.12)$$

Масса заряда в скважине:

$$Q = q_р \cdot a \cdot W_п \cdot H_у \qquad (3.13)$$

Длина заряда:

$$l_{зар} = \frac{Q}{P}. \qquad (3.14)$$

Задание: рассчитать параметры буровзрывных работ при скважинной отбойке в условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых

Практико-ориентированное задание №4

Расчёт безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов

Цель работы – овладение методикой расчета безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов.

При определении зон, опасных по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов на земной поверхности, следует выделять и отдельно рассчитывать безопасные расстояния для людей зданий и сооружений, машин и механизмов.

При взрывании скважинных зарядов рыхления (дробления) расстояние опасное для людей, рассчитывается по формуле.

$$r_{без} = 1250 \cdot k_з \cdot \sqrt{\frac{f}{1 - k_{зд}} \cdot \frac{d}{a}} \qquad (4.1)$$

где $k_з$ – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом, определяемый по формуле

$$k_з = \frac{l_{зар}}{l_с}, \qquad (4.2)$$

$l_{зар}$ – длина заряда ВВ, м;

$l_{скв}$ – глубина скважины, м;

f – коэффициент крепости горных пород;

$k_з$ – коэффициент заполнения скважины забойкой.

$$k_з = \frac{l_{заб}}{l_в}, \qquad (4.3)$$

$l_{заб}$ – длина забойки, м;

$l_в$ – длина свободной от заряда верхней части скважины, м;

d – диаметр взрываемой скважины, м;

a – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м

Расчётные значения радиусов разлета осколков округляются в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое безопасное расстояние не должно быть меньше указанных в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Минимально допустимые безопасные расстояния для людей при взрывных работах

№ п/п	Методы взрывных работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м
1.	Наружных зарядов, в том числе кумулятивных	300 (по проекту)
2.	Шпуровых зарядов	200
3.	Котловых шпуров	200
4.	Малокамерных зарядов (рукавов)	200*
5.	Скважинных зарядов	Не менее 200**
6.	Котловых скважин	Не менее 300
7.	Камерных зарядов	Не менее 300

* - при взрывании на косогорах в направлении вниз по склону величина радиуса опасной зоны должна приниматься не менее 300 м.

** - радиус опасной зоны указан для взрывания зарядов с забойкой.

Практико-ориентированное задание №5

Составление паспорта буровзрывных работ на проведение горизонтальной горной выработки.

Цель работы – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ (БВР) при проведении подземных горных выработок и составления паспорта БВР.

Краткая теория

Проведение горных выработок буровзрывным способом осуществляется по паспортам буровзрывных работ (БВР). Паспорта утверждаются руководителем того предприятия, которое ведёт взрывные работы. С паспортом БВР ознакомляется весь персонал, осуществляющий буровзрывные работы в данной выработке.

Паспорт составляется для каждого забоя выработки на основании расчетов и утверждается с учётом результатов не менее трёх опытных взрываний. По разрешению руководителя предприятия (шахты, рудника) допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведённых в аналогичных условиях.

Расчёт, необходимый для составления паспорта, сводится к выбору и определению основных параметров буровзрывных работ для проведения выработки. К основным параметрам относятся: тип взрывчатого вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), диаметр и глубина шпуров, тип вруба, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

5.1. Общие положения

Буровзрывной комплекс работ занимает от 30 до 60 % общего времени проходческого цикла в зависимости от горнотехнических условий.

При проведении горных выработок буровзрывные работы должны обеспечить заданные размеры и форму поперечного сечения выработки, точное оконтуривание её профиля, качественное дробление породы и сосредоточенное размещение её в забое, нормативную величину коэффициента излишка сечения (КИС), высокий коэффициент использования шпуров (КИШ).

Эти требования соблюдаются при условии правильного выбора параметров буровзрывных работ: типа ВВ, типа и параметров вруба, величины и конструкции заряда в шпуре, диаметра и глубины шпуров, числа и

расположения их в забое, способа и очередности взрывания зарядов, типа бурового оборудования, качества буровых работ, организации проходческих работ и т. д.

5.2. Определение параметров буровзрывных работ

5.2.1. Выбор взрывчатых материалов

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Правилами безопасности при взрывных работах» [6] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [7] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 5.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 5.1

Рекомендуемые ВВ

Условия взрывных работ	Условия размещения зарядов	Коэффициент крепости пород *f*	Тип ВВ	Способ заряжания
Выработки, не опасные по взрыву газа или пыли	Сухие шпуры	до 12	Гранулит М Грамэонит 79/21 Гранулит АС-4В Гранулит-игданит	Механизированный
			Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Гранулит АС-8В	Механизированный
			Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	Ручной
	Обводнённые шпуры	до 12	Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	
Выработки, опасные по взрыву газа и пыли	Сухие и обводнённые шпуры	Для взрывания по породе	Аммонит АП 5ЖВ	Ручной
		Для взрывания по углю с учетом степени опасности	IV кл. Аммонит Т-19 Аммонит ПЖВ-20 V кл. Угленит Э-6 VI кл. Угленит 12ЦБ	
	Для водорасыления	Открытый заряд	Ионит	

На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только взрывание с применением электродетонаторов. При полном отсутствии в забоях проходимых выработок метана или угольной пыли, допускается применение непредохранительных ВВ II класса и электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приёмов и пропускаемых серий замедлений.

Основные характеристики ВВ, применяемых при проходке подземных горных выработок, приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Характеристики ВВ

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Плотность в патронах или насыпная, кг/м³	Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг	Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м³	Расстояние передачи детонации между патронами, см		Диаметр патронов, мм	Масса патрона, кг	Длина патрона, мм
					Сухие	После выдержки в воде			
Аммонит № 6ЖВ	3561	1000-1100	3917	1,0	5-9	3-6	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал М-10	4410	950-1100	4520	1,15	4	3	32	0,2	250
Детонит М	4316	1000-1200	4963	1,27	8-18	5-15	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал скальный № 1	4420	1000-1100	4641	1,18	8-14	5-10	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонит АП-5ЖВ	2991	1000-1150	3215	0,82	5-10	2-7	36	0,3	250
Аммонит Т-19	2564	1000-1200	2820	0,72	7-12	4-8	36	0,3	240
Угленит Э-6	1946	1100-1250	2289	0,58	5-12	3-10	36	0,3	240
Угленит 12 ЦБ	1770	1200-1350	2256	0,58	4	2	36	0,3	240
Нобит	1482	1000-1200	1704	0,44			36	0,3	240
Гранулит М	3163	780-820 (1000-1150)*	3384	0,86					
Гранулит АС-4В	3645	800-850 (1100-1200)*	4192	1,07					
Гранулит АС-8В	3997	800-850 (1100-1200)*	4597	1,17					
Гранулит-игданит	3150	800-850 (1100-1200)*	3760	0,85					

* Плотность при механизированном заряжании

Технические характеристики электродетонаторов, применяемых при проведении горных выработок, приведены в табл. 5.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми

Таблица 5.3

Электродетонаторы для шахт и рудников

Тип электродетонаторов	Кол-во серий	Интервалы замедления, мс (с)	Безопасный ток, А	Гарантийный ток, А	Сопротивление, Ом	Примечание
ЭД-8Ж(Э)	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы непредохранительные нормальной чувствительности
ЭД-3-Н	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭД-1-8-Т	1	0				
ЭД-3-Т	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с	1,0	5,0	0,5-0,75	Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам
ЭДКЗ-ОП	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы предохранительные нормальной чувствительности
ЭДКЗ-П	5	25, 50, 75, 100, 125 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭДКЗ-ПМ	7	15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭД-КЗ-ПКМ	9	4, 20, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	

Детонирующие шнуры ДШЛ, ДШВ и ДШЭ-12 и др. применяют при необходимости одновременного взрывания врубовых, нижних подошвенных шпуров, а также в рассредоточенных зарядах с целью передачи детонации всем частям шпурового заряда.

В последние годы на подземных взрывных работах получил широкое распространение новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания различных модификаций: Нонель (Швеция), СИНВ, Эдилин (Россия) и др.

В табл. 3.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непредохранительных взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-III и ДБИЗ служат для трансляции инициирующего сигнала и инициирования боевиков шпуровых зарядов с заданной временной задержкой. В боевике каждого шпурового заряда размещается КД устройства СИНВ-III или ДБИЗ заданного интервала замедления.

Таблица 5.4

Характеристики систем неэлектрического инициирования

Устройство	Интервал замедления, мс	Назначение
СИНВ-Ш	0, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	Изготовление патронов-боевиков
ДБИЗ	0, 17, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	

Примечание. Интервалы замедлений приведены при длине ударно-волновой трубки (УВТ) 1 м. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

УВТ, выходящие из шпуров, инициируются одновременно от устройств СИНВ-П мгновенного действия (СИНВ-П-0), смонтированных в единую сеть. Длина УВТ стартового устройства (магистральной части сети) выбирается из условия безопасного подрыва и может составлять несколько сот метров.

При проходке подземных выработок обычно применяется следующая схема: УВТ, выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть детонирующим шнуром. Детонирующий шнур обвязывается вокруг связки двойной петлёй. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 15 шт. Инициирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором или электрозажигательной трубкой.

5.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров

Расположение шпуров в забое, величина заходки и показатели взрыва во многом определяются типом вруба. Врубы по характеру действия делятся на две группы:

– врубы с наклонными к оси выработки шпурами – наклонные врубы;
врубы с параллельными к оси выработки шпурами – прямые врубы.

Тип вруба и глубину шпуров с учетом горнотехнических условий следует принимать по данным табл. 5.5.

Таблица 5.5

Тип вруба и глубина шпуров

Тип буровой техники	Сечение выработки, м²	
	менее 6	более 6
Переносные перфораторы, ручные электросверла и пневмосверла	Прямые врубы при глубине шпуров более 1,5 м	Наклонные врубы при глубине шпуров не более (0,35–0,5) ширины выработки; прямые врубы при глубине шпуров до 2–2,5 м
Установки механизированного бурения	–	Прямые врубы с максимально возможной глубиной по технической характеристике машины

Из наклонных врубов наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Другие врубы с наклонными шпурами (пирамидальный, горизонтальный клиновой и его разновидности, веерный и т. д.) не получили достаточно широкого распространения из-за сложности обуривания и узкой рекомендуемой области применения (забои, проводимые по пласту угля при малой его мощности, при наличии слабых прослоек пород по забою, при ярко выраженном контакте слабых пород с более крепкими выпадающими породами и т. д.).

Высокая эффективность врубов с наклонными шпурами и преимущества их по сравнению с прямыми врубами достигаются только при ограниченной глубине шпуров и определенном сечении выработки. При проходке выработок в крепких породах ($f > 12$) с применением вертикального клинового вруба длина заходки не превышает обычно 0,35 ширины выработки (B) из-за технической невозможности бурения врубовых шпуров под углом наклона, обеспечивающим эффективную работу вруба. При глубине шпуров более 0,5 B, применении буровых кареток, а также в выработках малого сечения (менее 6 м²) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 5.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

5.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов

5.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб

При ограниченной глубине шпуров (1,2–2,0 м) наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Параметры вертикального клинового вруба в зависимости от крепости пород применительно к аммониту № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в шпурах диаметром 42 мм ориентировочно по данным практики можно принять по данным табл. 5.6.

Таблица 5.6

Параметры вертикального клинового вруба

Группа крепости пород по СНиП	Коэффициент крепости пород f	Расстояние по вертикали между парами шпуров, мм	Количество шпуров во врубе при сечении выработки ($м^2$)		Угол наклона шпуров к плоскости забоя α, град
			до 12	более 12	
IV-V	1-6	500	4	4-6	75-70
VI	6-8	450	4-6	6-8	68
VII	8-10	400	6-8	8-10	65
VIII	10-13	350	8-10	10-12	63
IX	13-16	300	10-12	12-14	60
X	16-18	300	10-12	12-14	58
XI	20	250	10-12	12-14	55

При применении другого типа ВВ и изменении диаметра шпуров расстояние между парами врубовых шпуров определяется с учётом поправочного коэффициента по формуле:

$$k = 1.25\sqrt{e}\cdot d_з/d, \qquad (5.1)$$

где e – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 5.2),

$d_з$ – диаметр заряда,

d – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 5.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 5.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 5.7 или по формуле:

$$h_н = 0.25B\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - 0.3, \qquad (5.2)$$

где B – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 3.1).

Таблица 5.7

Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{пр}$, м

Ширина выработки, м	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
2,0	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
2,5	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
3,0	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
3,5	2,4	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4
4,0	2,8	2,6	2,2	2,1	1,9	1,8	1,7
4,5	3,2	2,9	2,5	2,4	2,3	2,0	1,9
5,0	3,5	3,1	2,9	2,7	2,4	2,2	2,1

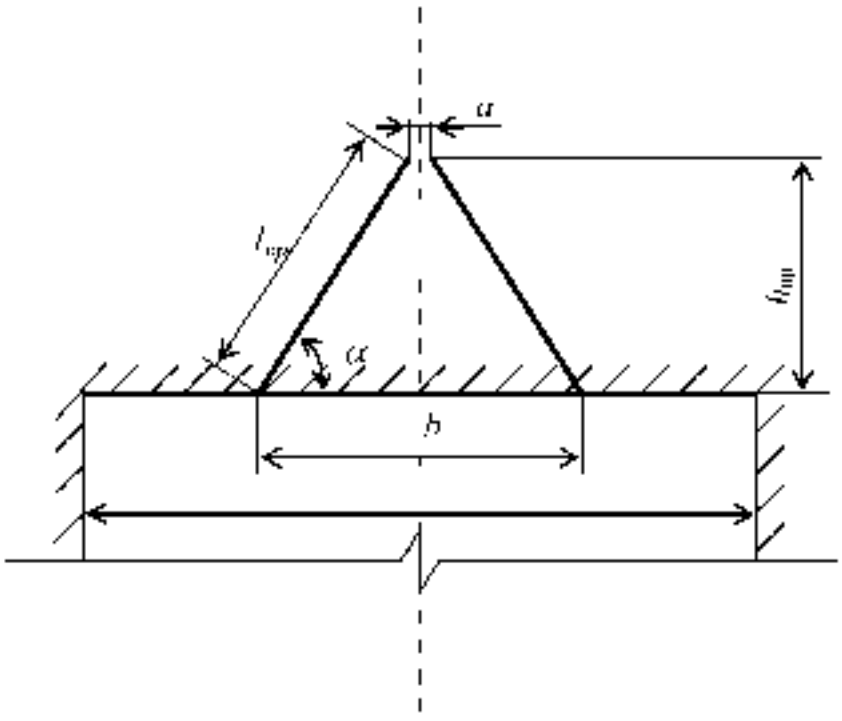


Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} - (0,1 \div 0,2), \tag{5.3}$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{шп} = h_{вр} / \sin \alpha, \tag{5.4}$$

где α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \operatorname{tg} \alpha - a. \tag{5.5}$$

где a – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород a = 0,15-0,2 м).

После расчета основных параметров вруба следует проверить графическим способом техническую возможность обуривания вертикального клинового вруба с учетом принятого бурового оборудования. С этой целью в масштабе 1:20 – 1:50 вычерчивается план забоя (вид сверху) с наложением пары врубовых шпуров и обязательного соблюдения принятого угла наклона шпуров α.

Если ширина выработки не позволяет с учётом габаритов бурильной машины (см. рис. 3.1) обурить рассчитанный вруб, то следует уменьшить глубину врубовых шпуров или принять другой тип вруба. При применении бурильных установок стрела автоподатчика должна свободно размещаться при заданном угле наклона врубовых шпуров между точкой забуривания врубового шпура и стенкой выработки. При бурении переносными перфораторами или ручными электросверлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

5.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 5.2) наиболее широкое распространение получили следующие конструкции: призматический симметричный *а*, щелевой *б*, спиральный *в* и двойной спиральный *г*.

Прямые врубы представляют собой комбинацию параллельных заряженных шпуров, взрыв которых работает на компенсационную полость, создаваемую холостым шпуром (системой холостых шпуров) или скважиной. Взрыв последующих шпуров расширяет врубовую полость до размеров, достаточных для последующей отбойки вспомогательными (отбойными) шпурами с постоянной, предельной для конкретных горнотехнических условий линией сопротивления.

Параметры прямых врубов принимаются в зависимости от конструкции вруба, крепости пород, диаметра компенсационной полости (шпура или скважины, их количества). Наиболее ответственными являются первый шпур или серия шпуров, взрываемых на компенсационную полость. Поэтому для повышения эффективности взрыва целесообразно в качестве компенсационной полости использовать шпур увеличенного диаметра, систему холостых шпуров или скважину.

Расстояние между компенсационной полостью и первым взрываемым шпуром или серией шпуров (пробивное расстояние W_1) рекомендуется принимать для шпуров диаметром 42 мм при использовании аммонита № 6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм по табл. 5.8.

При применении другого типа ВВ или другой конструкции заряда пробивное расстояние W_1, определенное по табл. 1.7, умножается на поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (5.1).

Пробивные расстояния W_1 учитывают возможное отклонение шпуров от заданного направления. С увеличением глубины шпуров растет их отклонение, поэтому при глубине шпуров до 2,5 м достаточно принимать диаметр первона-

чальной компенсационной полости не более 50-60 мм; при шпурах глубиной до 3 м – 70-105 мм и при шпурах до 4 м – 105-125 мм, что позволит сохранить КИШ в пределах 0,85-0,9.

Пробивные расстояния для шпуров, взрываемых вторыми и последующими во врубе (W_1, W_2, W_3 и т. д.), принимаются равными 0,8 от ширины (наибольшего размера) ранее образованной врубовой полости.

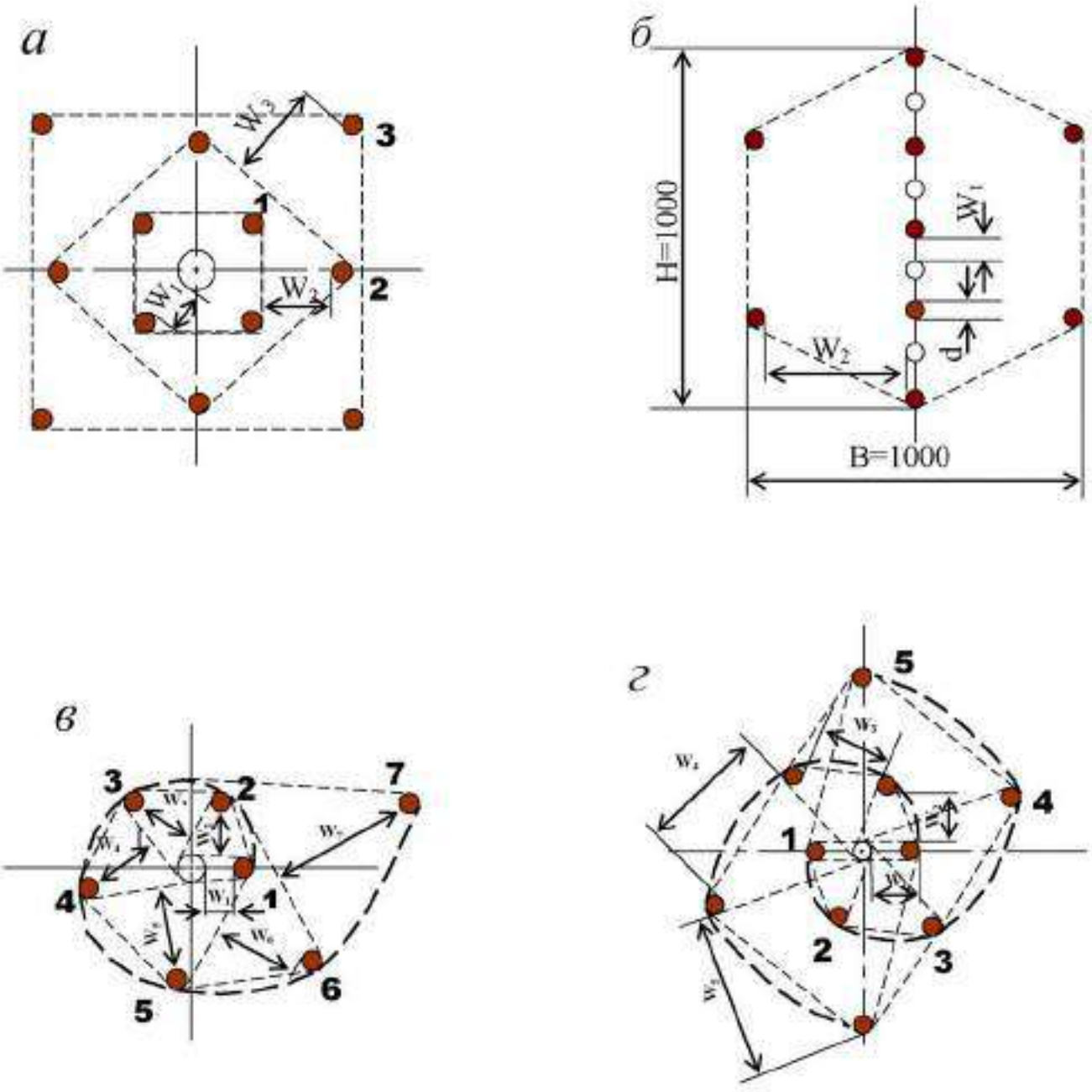


Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:
а – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

Таблица 5.8

Пробивные расстояния W_1, мм

Диаметр холостого шпура или скважины $D_к$, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	115	100	90	80	60	60	55
51	125	110	100	90	80	70	65
56	150	130	110	95	90	85	75
75	170	150	130	105	100	95	85
105	190	170	150	120	110	105	95
125	230	200	170	140	120	110	100

Например, пробивное расстояние для шпуров спирального вруба, взрываемых вторыми, т. е. на обнаженную поверхность, образованную взрывом первого шпура, определяют по данным табл. 5.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 \quad D_к \quad d), \tag{5.6}$$

где W_2 – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 5.7);

$D_к$ – диаметр компенсационной полости (холостого шпура или скважины);

d – диаметр заряженных шпуров.

Пробивные расстояния (W_2, W_3 и т. д.) для любого типа вруба могут быть определены графически путем последовательного построения расширяющейся врубовой полости (см. рис. 5.2) в масштабе 1:5.

Таблица 5.9

Пробивные расстояния W_2, мм

Диаметр холостого шпура или скважины $D_к$, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	170	150	140	130	120	115	110
51	180	160	150	140	130	120	115
56	210	180	170	160	150	140	130
75	260	210	200	185	170	150	140
105	300	260	240	215	200	185	175
125	340	300	270	250	230	220	215

Расчёты и построения выполняются до тех пор, пока не образуется врубовая полость размером в пределах от 0,9×0,9 до 1,2×1,2 м. Такой размер врубовой полости является достаточным и позволяет в дальнейшем производить отбойку породы вспомогательными и оконтуривающими шпурами уже с постоянной линией наименьшего сопротивления, которая соответствует предельному пробивному расстоянию шпурового заряда при взрывании его на неограниченную свободную поверхность.

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров при их диаметре 42 мм, заряженных аммонитом № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм, приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров, мм

Диаметр шпуров, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	1000-900	800	700	650	600	550	500

Опыт работы и расчёты показывают, что для образования врубовой полости сечением 0,8-1,4 м^2 необходимо принять 8-12 шпуров в зависимости от диаметра компенсационной полости и коэффициента крепости пород.

При применении щелевого вруба пробивное расстояние между заряжаемыми и холостыми шпурами принимается по данным табл. 5.8. Количество заряжаемых $N_з$ и холостых $N_х$ шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_з = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \tag{5.7}$$

$$N_х = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \tag{5.8}$$

где H – высота вруба, мм;

W_1 – пробивное расстояние, мм;

d – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 5.2, *б*) высотой 1000 мм с последующим расширением полости четырьмя шпурами дает высокие показатели в породах любой крепости и в выработках любого сечения. Пробивное расстояние W_2 для шпуров, взрываемых во вторую очередь, принимается равным 500 мм, а расстояние между шпурами по вертикали 700–800 мм в породах любой крепости.

Могут быть приняты другие конструкции прямых врубов, но принцип расчета их параметров будет аналогичен.

После расчета параметров принятого прямого вруба (пробивных расстояний и числа шпуров во врубе) определяется площадь вруба по забою выработки, что необходимо для определения количества остальных шпуров.

Глубина (длина) холостых и заряжаемых шпуров прямого вруба должна приниматься больше на 10 % по сравнению с глубиной вспомогательных и оконтуривающих шпуров.

При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, при определении расстояний между смежными шпурами следует придерживаться дополнительных требований ЕПБ.

Расстояние от заряда ВВ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения ВВ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

Минимально допустимые расстояния между смежными (взрываемыми последовательно) шпуровыми зарядами должны соответствовать данным табл. 5.11.

В породах с f >10 расстояние между смежными шпуровыми зарядами должно определяться нормативами, разработанными по согласованию с организацией-экспертом по безопасности работ.

Поскольку при применении прямых врубов с незаряжаемыми шпурами (см. рис. 3.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 5.11

Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами

Условия взрывания	Класса ВВ			
	II	III-IV	V	VI
По углю	0,6	0,6	0,5	0,4
По породе:				
при f<7	0,5	0,45	0,3	0,25
при f>10	0,4	0,3	–	–

В породах с коэффициентом крепости f < 6 обычно применяется прямой призматический вруб из 4–6 шпуров, которые располагаются по контуру окружности или периметру прямоугольника и взрываются одновременно в один приём. Расстояние между врубовыми шпурами следует принимать в соответствии с рекомендациями табл. 5.11. При проведении выработок в более крепких породах целесообразно использовать двойной призматический вруб из 6–8 шпуров с соблюдением тех же требований, которые взрываются короткозамедленно и последовательно в два приёма.

5.2.4. Определение удельного заряда ВВ

Величина удельного заряда ВВ, т. е. количество ВВ, необходимое для заряжания в шпуры единицы объёма обуренного массива (с учетом эффективного разрушения), зависит от крепости пород, сечения выработки, типа ВВ и условий взрывания (наличия обнажённой поверхности, структуры породы, плотности ВВ при заряжании, типа вруба).

Удельный заряд **при врубах с наклонными шпурами** рекомендуется определять по видоизменённой формуле Н. М. Покровского.

$$q = 0,1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \qquad (5.9)$$

где q – удельный заряд ВВ, кг/м^3;

f – коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (5.9) принимать 0,08 вместо 0,1;

f_1 – коэффициент структуры породы;

v – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки и количества обнажённых поверхностей;

e – коэффициент взрывной эффективности заряда ВВ.

Коэффициент относительной эффективности заряда ВВ определяется из выражения

$$e = \frac{Q_{ид} \cdot \rho}{Q_{ид.э} \cdot \rho_э}, \qquad (5.10)$$

где $Q_{ид}$, $Q_{ид.э}$ – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

ρ, $\rho_э$ – плотность заряда принятого и эталонного ВВ, кг/м^3.

Необходимые данные для расчета величины e принимают из табл. 5.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (5.10) и в табл. 5.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы f_1 принимается из табл. 5.12.

Таблица 5.12

Коэффициент структуры породы f_1

Характеристика пород	Категория пород	Коэффициент структуры породы f_1
Монолитные, крепкие, вязкие, упругие	I	1,6
Трещиноватые, крепкие	II	1,2-1,4
Массивно-хрупкие	III	1,1
Сильнотрещиноватые, мелкослоистые, большинство пород угольных бассейнов	IV	0,8-0,9

Коэффициент зажима породы при одной обнаженной поверхности в забоях горизонтальных и наклонных выработок определяется из выражения

$$v = \frac{6.5}{\sqrt{S_{вч}}}, \qquad (5.11)$$

где $S_{вч}$ – площадь поперечного сечения вчерне, м^2.

При двух обнаженных поверхностях коэффициент зажима принимается в пределах $v = 1,1–1,4$ (меньшие значения – для больших сечений выработок)

При щелевом врубе на полную высоту выработки для определения удельного заряда для шпуров по забою, кроме врубовых, в формуле (5.9) следует принимать коэффициент зажима породы $v = 1,4$.

Прямые (пробяшие) врубы требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (5.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы $\nu = 1{,}1\ \ 1{,}4$.

5.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 5.2 указаны стандартные диаметры патронов промышленных ВВ. При выпуске ВВ в патронах различных диаметров следует принимать диаметр патрона с учётом сечения выработки и типа буровой техники. При использовании мощных бурильных машин и при больших сечениях выработки принимают патроны с большим диаметром или механизированное заряжание гранулированными ВВ.

При применении метода контурного взрывания в оконтуривающих шпурах следует уменьшить линейную плотность заряжания. С этой целью рекомендуется применять, например, специальные патроны типа ЗКВК из аммонита № 6ЖВ диаметром 26 мм длиной 360 мм в полиэтиленовых оболочках. Эти патроны имеют соединительные муфты с лепестками, позволяющими стыковать их и центрировать по оси шпура с созданием воздушного промежутка между патронами и стенками шпура.

Диаметр шпуров при использовании патронированных ВВ принимается не менее чем на 5 мм больше диаметра патрона. При применении машин ударно-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм. При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ в горнорудной промышленности диаметр шпуров принимается в пределах от 38 до 52 мм в зависимости от сечения выработки, детонационной способности ВВ и взрываемости пород.

При бурении по углю и породам угольной формации используются шпуры диаметром 37–46 мм.

5.2.6. Определение количества шпуров

Количество шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, поперечного сечения выработки, параметров зарядов и типа принятого вруба.

Количество шпуров на забой **при врубах с наклонными шпурами** определяют по формуле проф. Н. М. Покровского

$$N = q \cdot S_{пр} / \gamma, \qquad (5.12)$$

где q – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м^3;

$S_{пр}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

γ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3{,}14\, d^2 \rho \alpha / 4, \qquad (5.13)$$

где d – диаметр заряда (патрона ВВ или шпура), м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м^3;

α – коэффициент заполнения шпуров.

При ручном заряжании без уплотнения ВВ в шпуре используется параметр «диаметр патрона», а параметр «диаметр шпура» – при уплотнении патронов вручную с разрезанием оболочки или при механизированном заряжании.

При разрезании оболочки патронов плотность ВВ в шпуре принимается равной 0,9 от плотности ВВ в патроне (см. табл. 5.2). При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ плотность ВВ в шпуре составляет 1150–1200 кг/м^3.

Коэффициент заполнения шпуров в выработках шахт, не опасных по взрыву газа или пыли, проходимых в крепких породах, принимается максимальным (0,7-0,9).

В выработках шахт, опасных по газу или пыли и в породах с f = 2-8 – коэффициент заполнения принимается 0,35-0,55, в более крепких породах – 0,5-0,6. При этом при ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, величина забойки должна быть не менее 0,5 м.

Во всех случаях с увеличением длины шпуров коэффициент заполнения шпуров увеличивается.

Полученное по формуле (5.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 5.13) и может быть изменено при необходимости на 10–15 %. Окончательно число шпуров принимается после вычерчивания схемы расположения шпуров в сечении выработки (рекомендуемый масштаб 1:50-1:20), и только затем возобновляется расчёт.

Таблица 5.13

Ориентировочное количество шпуров на забой в зависимости от коэффициента крепости пород и сечения выработок

Коэффициент крепости пород f	Сечение выработки вчерне, м^2						
	4	6	8	10	12	14	16
2-4	8-11	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	35-42
5-7	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	39-42	43-46
8-10	16-20	21-26	27-32	33-37	38-42	42-46	47-50
12-14	20-24	26-30	32-36	37-42	42-46	46-50	50-54
более 14	26-28	32-36	36-40	44-48	48-52	52-54	56-60

При вычерчивании схемы расположения шпуров при любом типе вруба среднее расстояние между рядами вспомогательных шпуров, между вспомогательными и оконтуривающими и между шпурами в рядах должно быть примерно одинаковым и приниматься в соответствии с рекомендациями табл. 1.10 или определяться из выражения

$$a = \sqrt{\frac{N_{\text{к}} - N_{\text{ш}}}{N - N_{\text{пр}}}}, \qquad (5.14)$$

где $S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

$S_{вр}$ – площадь сечения врубовой полости (для вертикального клинового вруба принимается равной половине площади прямоугольника, образованного устьями врубовых шпуров на плоскости забоя), м^2;

N, $N_{вр}$ – общее число на забой и число врубовых шпуров.

Оконтуривающие шпуры располагают с наклоном 85–87° к плоскости забоя с таким расчетом, чтобы их концы вышли за проектный контур сечения выработки вчерне только за линией уходки. Забуриваются оконтуривающие шпуры на минимальном расстоянии (150–200 мм) от проектного контура выработки с учётом принятой буровой техники.

При применении прямых врубов количество шпуров определяется по формуле

$$N = N_{вр} + q \cdot (S_{вч} - S_{ф})/\gamma, \qquad (5.15)$$

где $N_{вр}$ – количество врубовых шпуров (см. раздел 1.2.3.2);

$S_{вр}$ – площадь поперечного сечения прямого вруба, м^2.

При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров необходимо увеличивать. При этом параметры зарядов в оконтуривающих шпурах (удельный заряд, расстояние между шпурами и др.) рассчитываются по специальным методикам ([3] и др.).

3.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубах с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \qquad (5.16)$$

где $l_{шп}$ – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \qquad (3.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}, \qquad (5.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \qquad (5.19)$$

где d – диаметр патрона ВВ или шпура, в зависимости от способа заряжания, м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м^3;

α – коэффициент заполнения врубового шпура, 0.7-0.95 (в зависимости от длины шпуров и крепости пород).

$l_{вр}$ – длина врубовых шпуров, м (принимается на 10 % больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров).

Средняя величина заряда (кг) на один вспомогательный и оконтуривающий шпур **при прямых врубах**

$$q'_{ср} = \frac{q \cdot (S_{пл} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}}. \qquad (5.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда **во** врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать **на** 10-20 % больше **средней** величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{вр} = (1.1 \div 1,2)\, q'_{ср}. \qquad (5.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{ок} = (0,9 \div 0,8)\, q'_{ср}. \qquad (5.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q^*_{всп} = q'_{ср}. \qquad (5.23)$$

Полученные величины зарядов во врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпурах **при** ручном заряжании патронированными ВВ принимают **кратными массе патронов ВВ.**

При механизированном заряжании заряд ВВ в шпуре состоит из патрона-боевика (0,2 или 0,25 кг) и собственно заряда гранулированного ВВ, масса которого принимается кратной 0,1 кг.

После определения величин зарядов ВВ в шпурах каждой группы следует проверить возможность размещения их в шпурах, учитывая длину и массу патронов, а также линейную плотность заряжания при применении гранулированных ВВ.

Фактический расход ВВ (кг) на цикл

$$Q_ф = \sum q^*_{вр} + \sum q^*_{всп} + \sum q^*_{ок} \qquad (5.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_q = Q_ф : (l_{шп}\, \eta). \qquad (5.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = N_{вр}\, l_{шп}\, \eta. \qquad (5.26)$$

где $S_{пр}$ – $S_{пр}$·КИС – сечение выработки в проходке, м², которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 5.14.

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м³ взорванной породы

$$q_{р} = Q_{ф} / Q_{м}, \quad (5.27)$$

Таблица 5.14

Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом

Поперечное сечение горных выработок в свету (по проекту), м²	Коэффициент крепости пород *f*		
	1–2	2–9	10–20
до 8	5*	10	12
от 8 до 15	4	8	10
более 15	3	5	7

*Коэффициент излишка сечения: КИС = 1 + Δ = 1 – 5/100 = 1,05

Расход ЭД, КД (систем неэлектрического взрывания) определяется по числу взрываемых зарядов.

Расход ЭД, КД на 1 метр выработки:

$$N_{м} = N_{к.з} / (l_{шп} \cdot \eta). \quad (5.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м³ взорванной породы:

$$N_{р} = N_{к.з} / (S_{пр} \cdot l_{шп} \cdot \eta). \quad (5.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$l_{у.вш} = l_{шп} - B : 4 + 0,5, \quad (5.30)$$

где B – ширина выработки, м;

0,5 – длина УВТ для сборки пучков, м.

5.3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

При расчете электровзрывной сети определяют её сопротивление и сопротивление её отдельных ветвей. Для проверки обеспечения безотказности взрывания всех электродетонаторов, включённых в сеть, при известном напряжении (принятом источнике тока) выполняется проверочный расчет, при котором определяют общую величину тока в сети и величину тока, поступающего в каждый электродетонатор.

Если необходимо выбрать источник тока, определяют общее сопротивление сети и минимальную силу тока в цепи, обеспечивающую безотказное взры-

вание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 5.15).

Сопротивление магистральных и соединительных проводов, а также участковых, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho (l / S), \qquad (5.31)$$

где R – сопротивление проводов, Ом;

ρ – удельное сопротивление материала проводов, которое принимается для медных проводов $0{,}0172 \cdot 10^{-6}$, для алюминиевых $0{,}0286 \cdot 10^{-6}$ и для стальных $0{,}12 \cdot 10^{-6}$ Ом·м;

l – длина проводов, м. Длину проводов принимают на 10 % больше расчётной, учитывая изгибы и сростки;

S – сечение проводов, м^2.

Сопротивление электродетонаторов при расчёте сети принимается по табличным данным с учётом длины выводных проводов (см. табл. 5.3). Сопротивление электродетонаторов нормальной чувствительности в зависимости от длины выводных медных проводов с диаметром жилы 0,5 мм составляет от 1,8 до 3,6 Ом. При расчёте величину сопротивления электродетонаторов нормальной чувствительности обычно принимают равной 3 Ом.

Таблица 5.15

Взрывные приборы и машинки

Наименование прибора (исполнение)	Напряжение, В	Масса, кг	Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом	Назначение и область применения
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М (РВ)	600	2	320	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли
КВП-2/200М (РН)	1700	2,5	1700	
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М (РВ)	610	2,7	320	
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 (РН)	1600	3,0	200	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли

При электрическом способе взрывания в каждый электродетонатор нормальной чувствительности должен поступать постоянный гарантийный ток силой не менее $I_{гар} = 1$ А при числе ЭД до 100 штук и не менее $I_{гар} = 1{,}3$ А при числе ЭД более 100 штук, или переменный ток силой не менее $I_{гар} = 2{,}5$ А.

Для электродетонаторов пониженной чувствительности к блуждающим токам (ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т) гарантийный ток следует принимать не менее 5 А.

Проверочный расчёт электровзрывной сети производится по следующим формулам в зависимости от схемы соединения:

а) при последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + nr}, \quad I = I \geq I_{гар}. \tag{5.32}$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r / n}, \quad i = Im \geq I_{гар}. \tag{5.33}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + nr / m}, \quad i = Im \geq I_{гар}. \tag{5.34}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm / n}, \quad i = Im \geq I_{гар}. \tag{5.35}$$

где I – сила тока в электровзрывной сети, А;

E – электродвижущая сила источника тока или напряжение на клеммах, В;

R – сопротивление всех проводов (магистральных, соединительных, участковых) и внутреннее сопротивление источника, Ом;

n – число последовательно соединённых электродетонаторов в сети или группе;

m – число параллельно включённых групп электродетонаторов при смешанном соединении;

i – сила тока, поступающего в каждый электродетонатор, А;

$I_{гар}$ – гарантийная сила тока, необходимая для безотказного взрывания электродетонаторов, А;

r – сопротивление электродетонатора, Ом.

При проведении горизонтальных выработок обычно применяется последовательная схема соединения электродетонаторов во взрывной сети. В этом случае общее сопротивление взрывной сети можно определить по формуле:

$$R_{сети} = r_п + r_с L_с + r_м L_м, \tag{5.36}$$

где $r_с$, $r_м$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (5.31)),

$L_с$, $L_м$ – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Таблица 5.16

Характеристики проводов для электровзрывания

Обозначение	Назначение	Диаметр жилы, мм	Площадь сечения, мм^2	Сопротивление 1 км провода, Ом/км
ВП-05	соединительные	0.5	0.196	0,090
ВП-08	магистральные	0.8	0.502	0.034
ВП-07х2	магистральные	0.7х2	0.769	0,024

Магистральные провода (постоянная взрывная магистраль) подключаются обычно на расстоянии не ближе 30 м от забоя и могут отставать от места взрыва не более чем на 100 м. Место укрытия взрывника при проходке горизонтальных выработок должно находиться не ближе 150 м от забоя. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной.

В шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование также распространяется на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети.

Если проверочный расчет показывает неприменимость последовательной схемы соединения электродетонаторов (ввиду того, что $I < I_{1,\text{гр}}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{U}{2I_{1,\text{гр}} + R}, \tag{5.37}$$

$$m = \frac{U}{2I_{1,\text{гр}} + r}, \tag{5.38}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно N n m, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

5.4 ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тип бурильной машины выбирается в зависимости от коэффициента крепости горных пород, глубины шпуров и необходимой производительности машины при выполняемом объёме буровых работ.

Бурение шпуров производится ручными, колонковыми электро- и пневмосверлами, переносными перфораторами и бурильными установками.

Выбор типа бурильной машины и установочного приспособления в зависимости от крепости пород ориентировочно можно производить по табл. 3.1.

Ручные электросвёрла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М применяются для бурения шпуров диаметром 36-44 мм и глубиной до 3 м по углю и породам с коэффициентом крепости до 4.

При бурении по крепким углям и породам средней крепости применяются электросверла ЭР118Д-2М и СРП-1 с принудительной подачей.

Ручные пневматические свёрла СР-3, СР-3М, СПР-8 применяются на шахтах, опасных по газу или пыли, для бурения шпуров диаметром 36 мм и глубиной до 3 м при проведении выработок по углю и породам с коэффициентом крепости до 4. Сверло СГ-3Б с применением пневмоподдержки применяются для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости до 6.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок при бурении шпуров диаметром 40–46 мм и глубиной до 5 м в крепких и средней крепости с коэффициентом более 5 применяют переносные перфораторы ПП36В, ПП54В, ПП54ВБ, ПП63В, ПП63ВБ, ПП63П, ПП63С, ПП63СВП массой 24-33 кг с энергией удара от 36 до 63 Дж. Обычно глубина шпуров при бурении переносными перфораторами составляет 1,5-2,5 м.

Таблица 5.17

Область применения бурильных машин и установочных приспособлений

Коэффициент крепости пород	Тип бурильных машин и установочных приспособлений
1,5–3	Ручные электросвёрла и пневмосвёрла, лёгкие перфораторы на пневмоподдержках
4–6	Бурильные установки вращательного действия, перфораторы лёгкого и среднего веса на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
7–9	Бурильные установки вращательно-ударного действия, перфораторы среднего веса и тяжёлые на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
10–20	Бурильные установки вращательно-ударного действия, тяжёлые перфораторы на пневмоподдержках, колонковые перфораторы на распорных колонках или манипуляторах

Телескопные перфораторы ПТ-29М, ПТ36М, ПТ38, ПТ48 применяются при проведении восстающих выработок и для бурения шпуров в крепких породах под анкерную (штанговую) крепь.

Для облегчения труда бурильщиков и повышения скорости бурения применяются колонковые электросверла, электросвёрла на манипуляторах и колонковые перфораторы.

Колонковые электросвёрла применяются при бурении шпуров диаметром 36-50 мм в породах с коэффициентом крепости 5-10. Промышленностью выпускаются колонковые электросвёрла ЭБГП-1, ЭБГП-2У5, которые устанавливаются на распорных колонках или на манипуляторах бурильных установок.

Съёмные бурильные машины типа БУЭ вращательного действия применяют на бурильных установках при бурении шпуров диаметром 42 мм, длиной до 3 м в породах с f<8.

Колонковые перфораторы, более мощные чем ручные, применяются для бурения шпуров с колонок, манипуляторов и буровых кареток при проведении выработок в крепких и очень крепких породах.

В горнодобывающей промышленности применяют колонковые перфораторы ПК-50, ПК-65, ПК-75, ПК-120, ПК-150. Применение колонковых перфораторов и электросверл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переустановку колонок. Поэтому чистое время бурения составляет 20-35 % от общих затрат времени на бурения шпуров.

Механизированное бурение шпуров производят бурильными установками (каретками) и навесным оборудованием, смонтированным на погрузочных машинах.

Отечественной промышленностью выпускаются бурильные установки (каретки) вращательного бурения с колонковыми электросверлами БУЭ-1м, БУЭ-2, вращательно-ударного и ударно-поворотного бурения БУ-1, БУР-2, СБУ-2м, СБУ-2К, УБШ.

В угольной промышленности наибольшее распространение получили установки БУ-1, БУР-2, БУЭ-1 и БУЭ-2. С использованием этих установок проводят около 50 % выработок.

Установки вращательного бурения применяют при проведении выработок в породах с f < 8; ударно вращательного действия с машинами БГА-1 в породах с f = 6-10, с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с f = 10-14; ударно-поворотного действия в породах с f = 10-20.

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 5.2 5.3.

При определении бурильного оборудования следует принимать один перфоратор (сверло) не менее чем на 2 м^2 площади забоя горизонтальной или наклонной выработки; на каждые три рабочие машины одну резервную.

Одну бурильную установку принимают не менее чем на 9 м^2 площади забоя горизонтальной выработки. На каждую работающую в забое установку – рабочий и резервный комплекты инструмента.

Таблица 5.18

Характеристики отечественных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики	Тип бурильной установки					
	УБШ-204 (БУЭ-1М)	УБШ-214А	УБШ-308У (1СБУ-2)	УБШ-303 (1БУР-2)	УБШ-254	УБШ-332Д
Коэффициент крепости пород f	4-8	4-16	8-14	4-16	8-14	8-14
Диаметр шпуров, мм	42	42-52	42-52	42-52	42-52	42-52
Длина шпуров, м	2.75	2.75	2.8	2.8	2.4	3.0

Зона бурения, м²		6-12	4,2-12	до 20	до 20	до 12	8-22
Бурильная машина	тип	БУЭ	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	«Норит-1» (гидравл.)	М2 (БГА-2М)
	кол-во	1	1	2	2	1	2
Тип платформы		рельс.	рельс.	гусен.	рельс.	гусен.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении: длина		8,2	6,0	7,8	7,1	7,2	11,0
ширина		1,3	1,0	1,6	1,15	1,4	1,75
высота		0,9	1,5	1,7	1,65	1,8	2,3
Масса, т		5,4	4	8,6	5	7,2	12

Таблица 5.19

Характеристики зарубежных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики		Тип бурильной установки				
		Minimatic 205-40	Mini 206-60	Paramatic 305-60	Rocket Boomer 1048	Rocket Boomer 2825
Коэффициент крепости пород *f*		8-20	8-20	8-20	8-20	8-20
Диаметр шпуров, мм		32-50	32-50	32-50	32-50	32-50
Длина шпуров, м		3,4	3,4	3,4	4,0	4,0
Высота обуривания, м		6,0	6,4	7,1	4,7	6,3
Ширина обуривания, м		8,8	9,8	10,4	4,7	8,7
Зона бурения, м²		8-49	8-60	12-68	до 20	до 45
Бурильная машина	тип	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	COP 1838 ME пневмат.	COP 1838 ME пневмат.
	кол-во	2	2	3	1	2
Тип платформы		пневм.	пневм.	пневм.	пневм.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении длина		12,3	12,7	5,3	9,8	12,1
ширина		1,98	2,24	2,5	2,0	2,0
высота		2,35	2,35	2,8	2,6	3,1
Масса, т		19	20	36	14	18

При применении бурильных установок глубина шпуров изменяется от 2 до 3,75 м. В этом случае необходимо использование прямых врубов, так как обуривание вертикального клинового вруба в большинстве случаев технически неосуществимо из-за невозможности соблюдения требуемого угла наклона врубовых шпуров.

При ручном бурении шпуров площадь забоя, приходящаяся на одну бурильную машину, изменяется в широких пределах — от 2 до 5 м².

5.5. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя: характеристику выработки, характеристику пород, схему расположения шпуров в трёх проекциях; наименования ВМ, способ взрывания; данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов, последовательности и количестве приёмов взрывания зарядов, материале забойке и её длине, длинах ударно-волновых трубок систем неэлектрического взрывания; схему монтажа взрывной (электровзрывной) сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схемы и времени проветривания забоя.

Дополнительно указывается величина радиуса опасной зоны, места укрытий взрывника и рабочих, установки постов охраны и предупредительных знаков.

В шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли), а также режим взрывных работ.

Пример оформления графической части:

Паспорт
буровзрывных работ на проведение

_____
(наименование выработки)

1. Характеристика выработки

1.1. Форма сечения выработки
1.2. Площадь поперечного сечения выработки вчерне, м^2 _____
1.3. Размеры сечения выработки - высота, м _____
- ширина, м _____
1.4. Категория шахты по газу или пыли _____

2. Характеристика пород

2.1. Наименование пород _____
2.2. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова _____
2.3. Трещиноватость пород _____
2.4. Обводнённость пород _____

3. Исходные данные

3.1. Наименование ВВ и средств инициирования _____
3.2. Способ взрывания _____
3.3. Диаметры - шпуров, мм
- патронов, мм _____
3.4. Тип вруба
3.5. Материал забойки _____
3.6. Схема соединения электродетонаторов
3.7. Источник электрического тока _____

4. Расчётные данные по шпурам

№ шпуров	Наименование шпуров по назначению	Глубина шпуров, м	Угол наклона шпуров, град. Расстояние между шпурами, м	Величина заряда в шпуре, кг	Длина заряда, м	Длина забойки в шпуре, м	Очередность взрывания, интервал замедления, мс	Примечания
1	2	3	4 5	6	7	8	9	10

5. Схема расположения шпуров

Схема расположения вычерчивается в масштабе 1:50 или 1:20 в трёх проекциях (см. **Приложение 3**). При применении прямых врубов дополнительно в масштабе 1:20 или 1:10 приводится схема вруба.

6. Конструкции зарядов

В схемах конструкций врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих зарядов указывается место установки патронов-боевиков, количество патронов, длина заряда и забойки.

7. Основные показатели буровзрывных работ

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Количество
1 2	Коэффициент использования шпуров Подвигание забоя за взрыв	- -	
3	Объём горной массы за взрыв	$м^3$	
4	Количество шпуров на цикл	шт.	
5	Количество шпурометров на цикл	м	
6	Количество шпурометров на 1 погонный метр выработки	м шп./м	
7	Количество шпурометров на 1 $м^3$ взорванной породы	м шп./$м^3$	
8 9	Расход ВВ на цикл Расход ВВ на 1 метр выработки	кг кг/м	
10	Расход ВВ на 1 $м^3$ взорванной породы	кг/$м^3$	
11	Расход средств инициирования на цикл: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	 шт. шт. м	
12	Расход средств инициирования на 1 метр выработки: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	 шт. шт. м	

8. Меры безопасности

8.1. Место укрытия взрывника и рабочих на момент взрыва_____

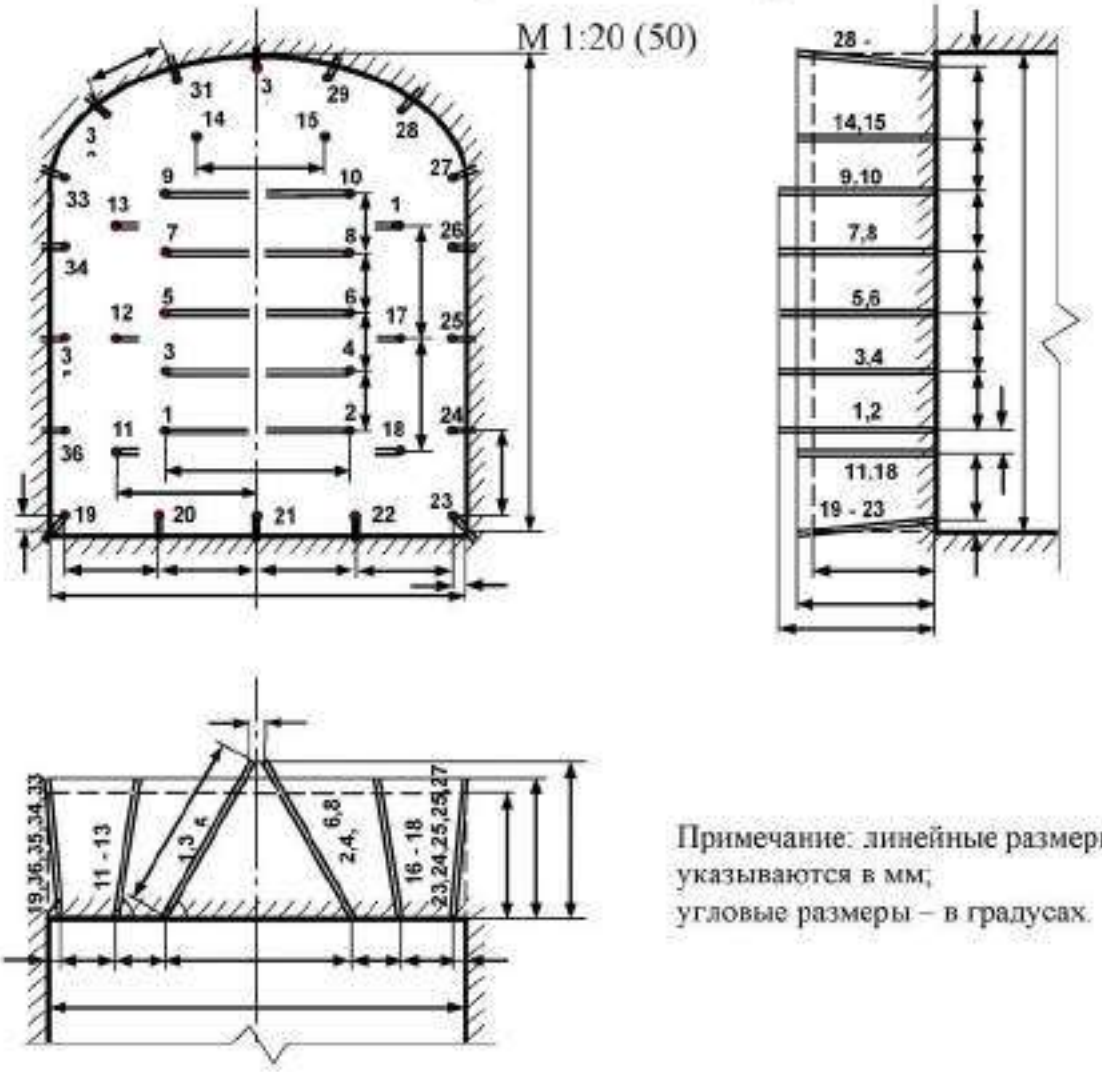
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

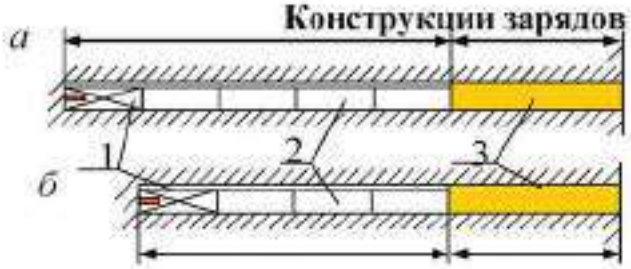
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

Схема расположения шпуров



Примечание: линейные размеры указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

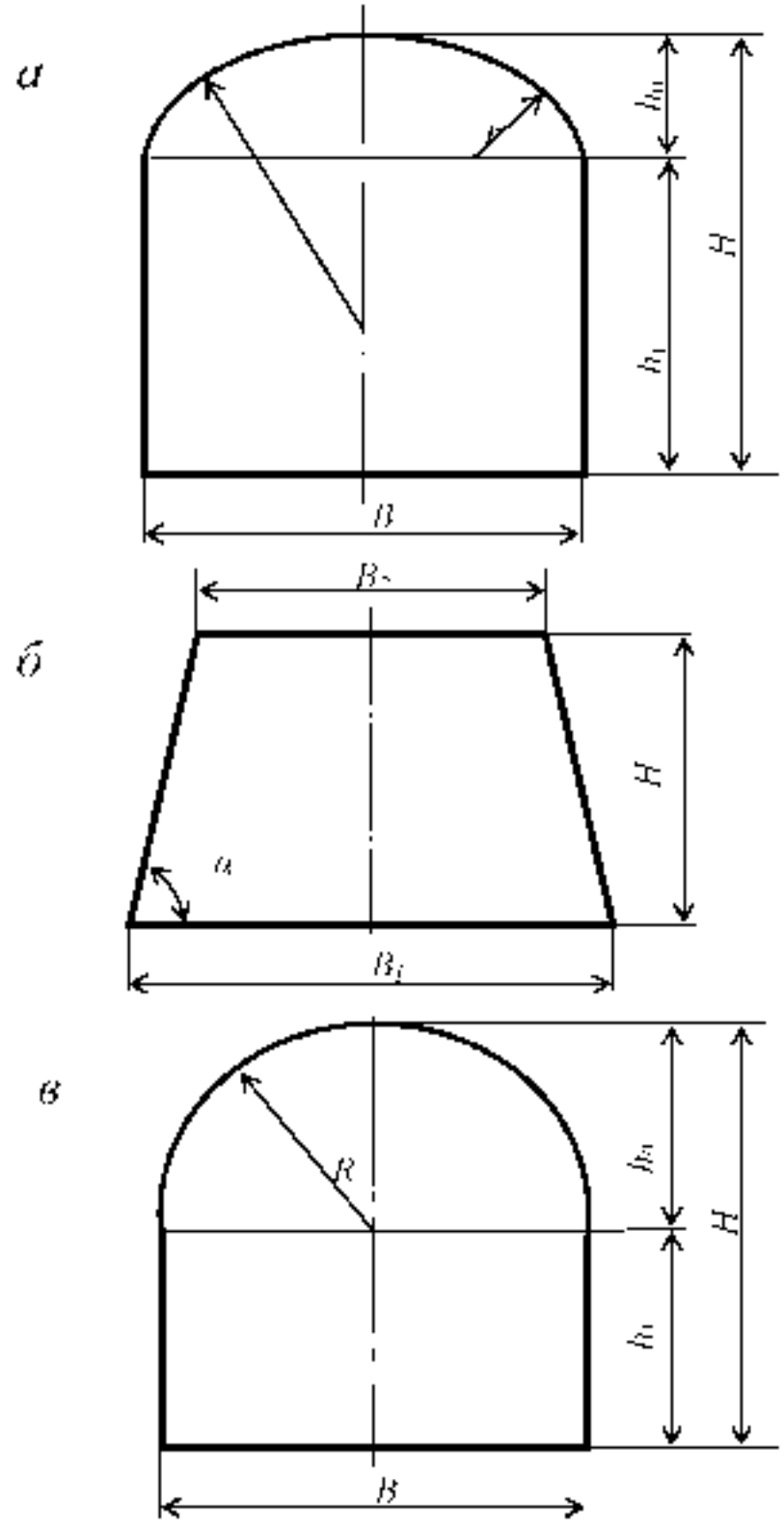
Конструкции зарядов



а – врубовые шпуры;
б – вспомогательные (отбойные) и оконтуривающие шпуры;
1 – патрон-боевик (аммонит № 6ЖВ);
2 – патроны ВВ (аммонит № 6ЖВ);
3 – забойка (песчано-глиняная, водяная)

Примечание. В шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли, допускается взрывание зарядов без забойки (устанавливается руководителем предприятия и указывается в паспорте БВР).

Формы поперечного сечения горизонтальных выработок



$h_2 = B / 3$;
$h_1 = H - h_2$;
$R = 0.694\ B$;
$R = 0.262\ B$.

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. 114.1. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок:
а — сводчатая с трёхциркульным (коробовым) сводом;
б — трапецевидная;
в — арочная с полуциркульным сводом

Формулы для вычисления площади поперечного сечения и периметра выработок:

Форма поперечного сечения выработки	Площадь поперечного сечения	Периметр
Сводчатая с коробовым сводом	$B \cdot (h_1 + 0{,}26 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2{,}33 \cdot B$
Трапециевидная	$\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$	$B_1 + B_2 \quad \frac{2H}{\cos \alpha}$
Арочная с полуциркульным сводом	$B \cdot (h_1 + 0{,}39 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 - 2{,}57 \cdot B$

Рекомендуемая литература

1. Корнилков М.В. Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 202 с.

2. Латышев О.Г., Петрушин А.Г., Азанов М.А. Промышленные взрывчатые материалы. учебное пособие. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 221 с.

3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник М Изд МГГУ, 2007. 345 с.

4. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности – М : Горная книга, 2009. – 670 с.

5. Латышев О.Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2004. – 201 с.

6. Правила безопасности при взрывных работах (утверждены приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 г. № 605, в редакции приказа Ростехнадзора от 30.11.2017 г. № 518). – М., 2018.

7. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИИ «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.

8. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

Учебное издание

Петрушин Алексей Геннадиевич
Азанов Михаил Алексеевич
Принцева Дмитрий Вячеславович

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению
контрольных и практических работ по дисциплине
«технология и безопасность взрывных работ»
для студентов специальности 21.05.04 «горное дело»

Редактор *Д. В. Принцева*

Подписано в печать «__»_____2019 г. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,68. Уч.-изд. л. 5,4. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

В.Н. Яковлев

ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Учебно-методическое пособие

К практическим занятиям
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ... 4
1. УПРУГАЯ МОДЕЛЬ ... 5
1.1. Основные зависимости механики сплошной среды и упругой модели ... 5
1.2. Круговая диаграмма напряжений (задание № 1) ... 17
1.3. Определение компонент начального и дополнительного полей напряжений в массиве горных пород (задание № 2) ... 18
1.4. Определение начального поля напряжений применительно к горизонтальной выработке (задание № 3) ... 20
1.5. Определение напряжений методом разгрузки (задание № 4) ... 24
1.6. Определение зоны влияния выработки (задание № 5) ... 27
1.7. Перемещение контура сечения ствола (задание № 6) ... 29
1.8. Напряжения и деформации в массиве горных пород вокруг выработки (задание № 7) ... 30
2. ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ... 33
2.1. Основные понятия и зависимости ... 33
2.2. Построение паспорта прочности породы (задание № 8) ... 35
2.3. Проверка прочности целика (задание № 9) ... 36
3. ЖЁСТКО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ... 40
3.1. Нагрузка на крепь горизонтальных выработок (задание № 10) ... 40
3.2. Определение размеров поперечного сечения стойки крепления (задание № 11) ... 44
3.3. Нагрузка на крепь вертикальных стволов шахт (задание № 12) ... 48
4. УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ... 53
4.1. Определение критического смещения крепи (задание № 13) ... 53
5. УСТОЙЧИВОСТЬ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК ... 57
5.1. Расчет ленточных целиков (задание № 14) ... 57
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ... 60
Приложение 1. Индивидуальные поправки ... 61
Приложение 2. Корректировка исходных данных заданий ... 62

ВВЕДЕНИЕ

Горные породы, слагающие земную кору, находятся в состоянии естественного равновесия. Проведение горных выработок – создание в толще пород «пустостей» - нарушает существующее равновесие; возникают растягивающие и сжимающие напряжения, которые при определённых условиях приводят к разрушению горных пород.

Выбор способа обеспечения устойчивости выработок зависит от состояния массива горных пород, их назначения и срока существования. В зависимости от свойств пород, их поведения в обнажении и силового воздействия горного массива выбираются те или иные типы материалов, конструкции крепи и мероприятия по управлению горным давлением.

В этой связи определение нагрузок на крепь в каждом конкретном случае представляет собой отдельную геомеханическую задачу, решение которой позволяет рассчитать параметры крепи, выбрать её конструкцию и разработать необходимые мероприятия по охране наземных и подземных подрабатываемых объектов с учётом требований качества и экономической эффективности.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Геомеханика», утверждённой 23.09.2008 года для студентов специальности 130402 - "Маркшейдерское дело" (МД) направления 130400 Уральского государственного горного университета. Пособие учитывает изменения и дополнения, произошедшие в изложении курса.

Приведённые в учебно-методическом пособии расчётные схемы ориентированы на применение современных персональных компьютеров с использованием табличных процессоров и математических пакетов.

Для выполнения всех заданий студент принимает исходные данные, представленные в примерах задач пособия, с учётом приложения № 2 «Корректировка исходных данных заданий».

Индивидуальные поправки определяются по начальным буквам (инициалам) фамилии, имени, отчества студента в соответствии с приложением № 1 «Индивидуальные поправки».

1. УПРУГАЯ МОДЕЛЬ

1.1. Основные зависимости механики сплошной среды и упругой модели

В механике горных пород в качестве одной из возможных математических моделей применяются представления о сплошности породного массива. Массив горных пород, так же как и элементы крепи горных выработок и обделок подземных сооружений, рассматривается как сплошная среда.

Предположение о сплошности среды позволяет наделять бесконечно малые объемы тел свойствами среды и эффективно использовать аналитический аппарат дифференциального и интегрального исчисления.

Горные породы в массиве находятся в объемном напряженном состоянии. Напряженное состояние в данной точке массива характеризуется напряжениями, действующими на трех взаимно перпендикулярных площадках (рис. 1.1).

Эти напряжения являются составляющими (компонентами) тензора напряжений

$$T_{\text{н}} = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{vmatrix} . \qquad (1.1)$$

В каждой точке напряженного тела всегда имеются три взаимно перпендикулярные площадки, на которых отсутствуют касательные напряжения. Такие площадки называются *главными*, а действующие на них нормальные напряжения – *главными напряжениями* σ_1, σ_2, σ_3, при этом

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3 .$$

Наглядное представление о соотношениях между главными напряжениями на произвольных площадках (рис. 1.2, *а*) дает круг напряжений (круг Мора, рис. 1.2, *б*).

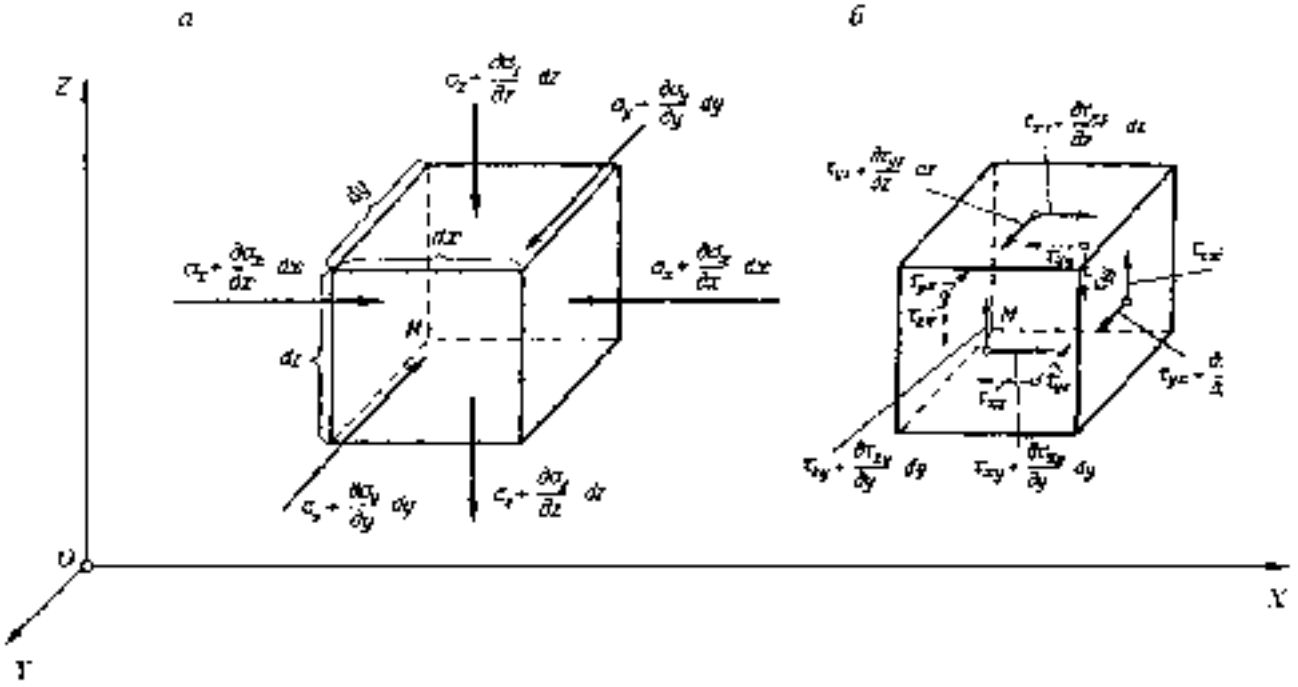


Рис. 1.1. Напряжения на гранях элементарного объема:
а - нормальные напряжения, б - компоненты касательных напряжений

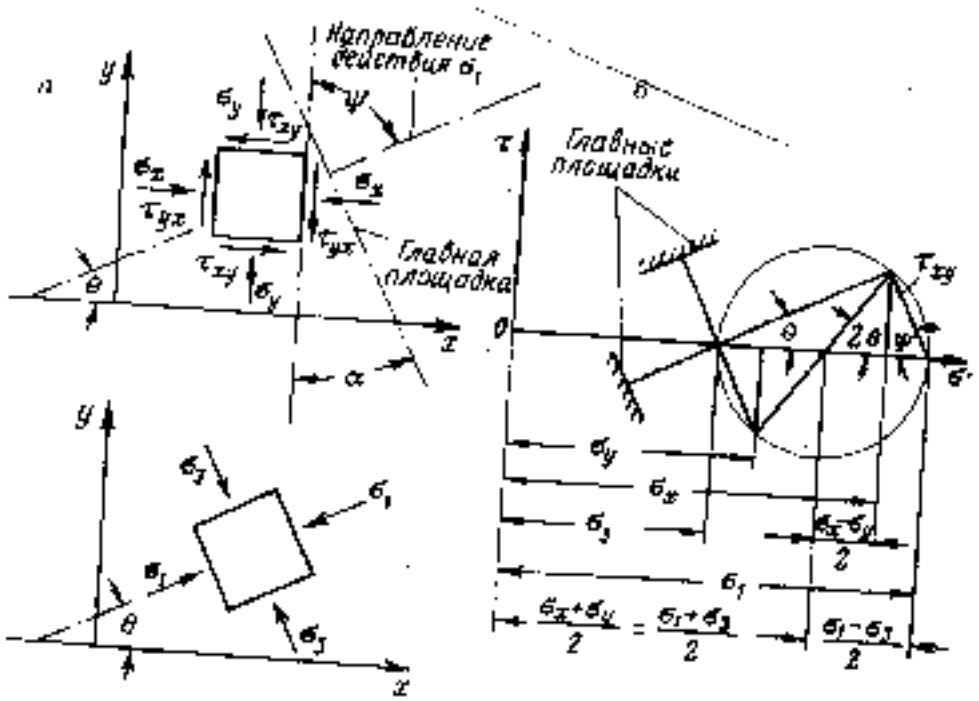


Рис. 1.2. Схема напряжений и круг Мора:
а - элемент в плоском напряженном состоянии; б - круговая диаграмма напряжений

Из диаграммы видны следующие основные зависимости:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_x + \sigma_y; \tag{1.2}$$

$$\left.\begin{matrix}\sigma_1\\ \sigma_3\end{matrix}\right\} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}; \tag{1.3}$$

$$\operatorname{tg}2\Theta = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}, \tag{1.4}$$

$$\left.\begin{matrix}\sigma_x\\ \sigma_y\end{matrix}\right\} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \pm \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta; \tag{1.5}$$

$$\tau_{xy} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\sin 2\Theta. \tag{1.6}$$

С помощью этих зависимостей можно преобразовать условия предельного состояния, представленные в координатах τ, σ, в условиях, выраженных через главные нормальные напряжения и через компоненты напряжений. Условие предельного состояния породы, обладающей сцеплением и трением при прямолинейной огибающей, можно получить, воспользовавшись рис. 1.3.

Условие предельного состояния в компонентах главных нормальных напряжений

$$\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3 + 2c\operatorname{ctg}\varphi)\sin\varphi. \tag{1.7}$$

Это же уравнение легко получить, подставив в уравнение прямолинейной огибающей $\tau = \sigma\operatorname{tg}\varphi + c$ значения τ и σ, выраженные через σ_1 и σ_3:

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cdot\cos\varphi; \tag{1.8}$$

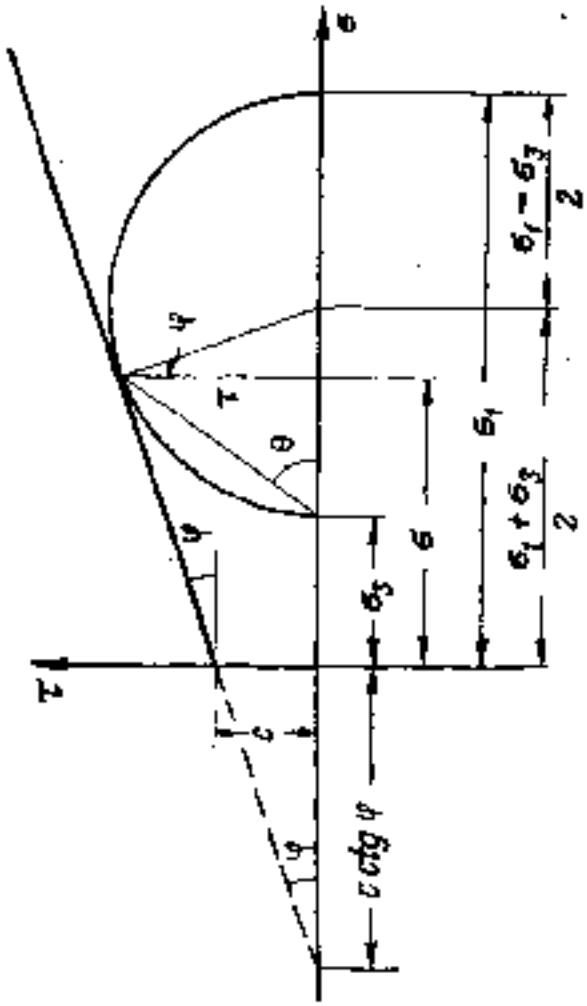


Рис. 1.3. Схема к определению условия предельного состояния породы при прямолинейной огибающей

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \sin\varphi. \qquad (1.9)$$

Путем подстановки можно получить форму записи условия предельного равновесия при прямолинейной огибающей через компоненты напряжения

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = (\sigma_x + \sigma_y + 2c\,\mathrm{ctg}\varphi)^2 \sin^2\varphi. \qquad (1.10)$$

Тензору напряжений соответствует тензор деформаций:

$$T_Д = \begin{vmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \frac{1}{2}\gamma_{xz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{yx} & \varepsilon_y & \frac{1}{2}\gamma_{yz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{zx} & \frac{1}{2}\gamma_{zy} & \varepsilon_z \end{vmatrix}. \qquad (1.11)$$

Компоненты относительных линейных и сдвиговых деформаций представлены на рис. 1.4.

Главным напряжениям σ_1, σ_2, σ_3, соответствуют компоненты главных деформаций ε_1, ε_2, ε_3.

Сумма линейных деформаций характеризует относительное изменение объема в процессе деформации – величину объемной деформации

$$\varepsilon_v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3. \qquad (1.12)$$

Основные уравнения теории упругости складываются из уравнений механики сплошной среды:

а) статические уравнения

Для элемента тела в виде бесконечно малого параллелепипеда дифференциальные уравнения равновесия (движения) в декартовых координатах записывают

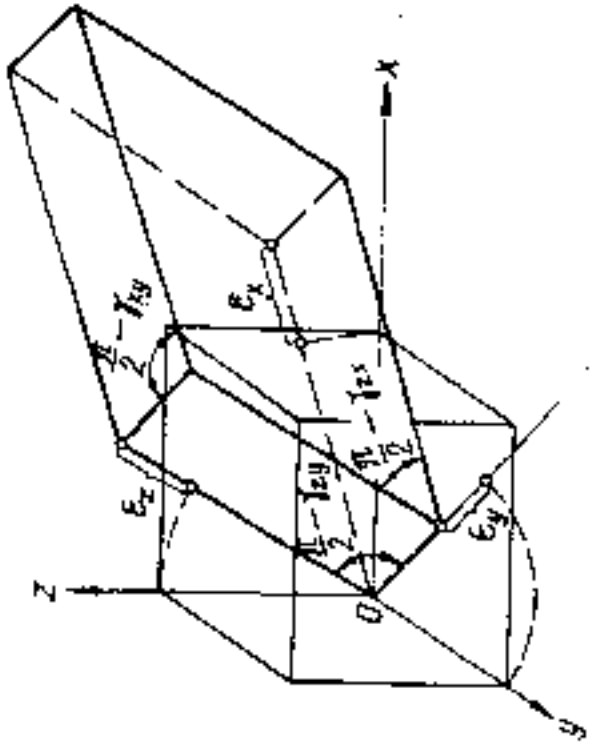


Рис. 1.4. Деформации элементарного объема

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\sigma_x}{\partial x}+\frac{\partial\tau_{xy}}{\partial y}+\frac{\partial\tau_{xz}}{\partial z}+X\rho=0 \quad (\text{или } \rho\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}),\\
&\frac{\partial\tau_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_y}{\partial y}+\frac{\partial\tau_{yz}}{\partial z}+Y\rho=0 \quad (\text{или } \rho\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}),\\
&\frac{\partial\tau_{zx}}{\partial x}+\frac{\partial\tau_{zy}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_z}{\partial z}+Z\rho=0 \quad (\text{или } \rho\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}).
\end{aligned}\right\} \qquad (1.13)$$

Через X, Y, Z обозначены проекции на координатные оси объемной силы, отнесенные к единице массы.

К этим уравнениям присоединяются остающиеся без изменения, как в статической, так и в динамической задаче соотношения

$$\tau_{xy}=\tau_{yx},\ \tau_{yz}=\tau_{zy},\ \tau_{zx}=\tau_{xz}. \qquad (1.14)$$

В цилиндрической системе координат $r\theta z$ дифференциальные уравнения равновесия имеют вид:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\sigma_r}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{r\theta}}{\partial\theta}+\frac{\partial\tau_{rz}}{\partial z}+\frac{\sigma_r-\sigma_\theta}{r}+P=0,\\
&\frac{\partial\tau_{\theta r}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\sigma_\theta}{\partial\theta}+\frac{\partial\tau_{\theta z}}{\partial z}+\frac{2\tau_{\theta r}}{r}+Q=0,\\
&\frac{\partial\tau_{zr}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{z\theta}}{\partial\theta}+\frac{\partial\sigma_z}{\partial z}+\frac{\tau_{zr}}{r}+R=0.
\end{aligned}\right\} \qquad (1.15)$$

где P, Q, R – проекции объемной силы, отнесенные к единице объема на координатные оси r, θ, z.

В сферической системе координат r, θ, φ уравнения равновесия записывают:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\sigma_r}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{r\theta}}{\partial\theta}+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial\tau_{r\varphi}}{\partial\varphi}+\\
&+\frac{1}{r}\left[2\sigma_r-\left(\sigma_\theta+\sigma_\varphi\right)+\tau_{r\theta}\operatorname{ctg}\theta\right]+P_r=0,\\
&\frac{\partial\tau_{\theta r}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\sigma_\theta}{\partial\theta}+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial\tau_{\theta\varphi}}{\partial\varphi}+\\
&+\frac{1}{r}\left[3\tau_{\theta r}+\left(\sigma_\theta-\sigma_\varphi\right)\operatorname{ctg}\theta\right]+P_\theta=0,\\
&\frac{\partial\tau_{\varphi r}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{\varphi\theta}}{\partial\theta}+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial\sigma_\varphi}{\partial\varphi}+\\
&+\frac{1}{r}\left[3\tau_{\varphi r}+2\tau_{\varphi\theta}\operatorname{ctg}\theta\right]+P_\varphi=0.
\end{aligned}\right\} \qquad (1.16)$$

б) условия на поверхности тела

Напряженное состояние в точке тела при заданной нагрузке определяется тензором напряжений. Для любой наклонной (по отношению к координатным осям) площадки, проходящей через данную точку, проекции на координатные оси (x, y, z) полного напряжения записывают:

$$\left.\begin{aligned}
p_{xv}&=\sigma_x l+\tau_{xy}m+\tau_{xz}n,\\
p_{yv}&=\tau_{yx}l+\sigma_y m+\tau_{yz}n,\\
p_{zv}&=\tau_{zx}l+\tau_{zy}m+\sigma_z n.
\end{aligned}\right\} \qquad (1.17)$$

а проекция на нормаль к площадке (т. е. нормальное напряжение σ_v) и другая проекция, лежащая на самой площадке (т. е. касательное напряжение τ_v), равны

$$\begin{aligned}
\sigma_v&=\sigma_x l^2+\sigma_y m^2+\sigma_z n^2+2\tau_{xy}lm+2\tau_{yz}mn+2\tau_{zx}nl,\\
\tau_v^2&=p_v^2-\sigma_v^2.
\end{aligned} \qquad (1.18)$$

Так

$$p_v^2 = p_{xv}^2 + p_{yv}^2 + p_{zv}^2.$$

в) геометрические уравнения Коши

Компоненты деформации в декартовых координатах записывают через компоненты перемещений:

$$\left.\begin{aligned} &\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x},\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y},\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z},\ \gamma_{xy} = 2\varepsilon_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x};\\ &\gamma_{yz} = 2\varepsilon_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y},\ \gamma_{zx} = 2\varepsilon_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}. \end{aligned}\right\} \quad (1.19)$$

В цилиндрической системе координат r, θ, z компоненты деформации записывают через компоненты смещения u, v и w (u_r, u_θ, u_z):

$$\left.\begin{aligned} &\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r},\ \gamma_{r\theta} = \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial \theta},\\ &\varepsilon_\theta = \frac{1}{r}\frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{u}{r},\ \gamma_{\theta z} = \frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial z},\\ &\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z},\ \gamma_{zr} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r}. \end{aligned}\right\} \quad (1.20)$$

В сферической системе координат r, θ, φ компоненты деформации записывают через компоненты смещения u, v, w (u_r, u_θ, u_φ):

$$\left.\begin{aligned} &\varepsilon_r = \frac{\partial u_r}{\partial r},\ \gamma_{r\theta} = \frac{\partial u_\theta}{\partial r} - \frac{u_\theta}{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial u_r}{\partial \theta},\\ &\varepsilon_\theta = \frac{1}{r}\frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} - \frac{u_r}{r},\ \gamma_{\theta\varphi} = \frac{1}{r}\frac{\partial u_\varphi}{\partial \theta} - \frac{u_\varphi \operatorname{ctg}\theta}{r} + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial u_\theta}{\partial \varphi},\\ &\gamma_{\varphi r} = \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r}. \end{aligned}\right\} \quad (1.21)$$

г) уравнения Сен-Венана

Компоненты деформации связаны условиями совместности (неразрывности) деформации:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y},\\ &\frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{yz}}{\partial y \partial z},\\ &\frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{zx}}{\partial z \partial x}, \end{aligned}\right\} \quad (1.22)$$

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} - \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z}\right) = 2\frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial x \partial y},\\ &\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} - \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x}\right) = 2\frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial y \partial z},\\ &\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y}\right) = 2\frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x \partial y}. \end{aligned}\right\} \quad (1.23)$$

Для изотропного линейно-упругого тела вышеперечисленные уравнения записывают в форме обобщенного закона Гука:

$$\left.\begin{aligned} &\varepsilon_x = \frac{1}{E}\left[\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)\right],\quad \gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy},\\ &\varepsilon_y = \frac{1}{E}\left[\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)\right],\quad \gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz},\\ &\varepsilon_z = \frac{1}{E}\left[\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)\right],\quad \gamma_{zx} = \frac{1}{G}\tau_{zx}, \end{aligned}\right\} \quad (1.24)$$

где E - модуль продольной упругости (модуль Юнга) породы:

$$E = \sigma/\varepsilon; \quad (1.25)$$

G – модуль сдвига, коэффициент пропорциональности между касательным напряжением τ и соответствующей упругой деформацией сдвига γ:

$$\tau = G\gamma, \tag{1.26}$$

ν - коэффициент Пуассона;

$$\nu = \Delta dl/(\Delta ld). \tag{1.27}$$

Модуль продольной упругости E и модуль сдвига G соответствуют основным видам напряжений и деформаций и поэтому считаются основными характеристиками упругости породы. Они связаны с коэффициентом Пуассона следующей зависимостью:

$$G = E/[2(1+\nu)]. \tag{1.28}$$

Наиболее вероятные значения модуля Юнга в породах $10^3 \div 3\cdot10^5$ МПа. Коэффициент Пуассона ν – величина безразмерная, числовые значения его в соответствии с теорией упругости находятся в пределах $0 \le \nu \le 0{,}5$, для горных пород $\nu = 0{,}2 \div 0{,}4$.

Модули упругости характеризуют способность пород сопротивляться деформированию, т. е. определяют жесткость пород. Величина, обратная модулям, оценивает податливость пород и носит название *коэффициента соответствующей деформируемости.*

Если из уравнения (1.24) выразить напряжение через деформации, то получим:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_x &= 2G\varepsilon_x + \lambda\varepsilon_V, \quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy}, \\ \sigma_y &= 2G\varepsilon_y + \lambda\varepsilon_V, \quad \tau_{yz} = G\gamma_{yz}, \\ \sigma_z &= 2G\varepsilon_z + \lambda\varepsilon_V, \quad \tau_{zx} = G\gamma_{zx}, \end{aligned}\right\} \tag{1.29}$$

где

$$\varepsilon_V = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3, \tag{1.30}$$

$$\lambda = \frac{2\mu G}{1-2\mu} \tag{1.31}$$

1.2. Круговая диаграмма напряжений (задание № 1)

Найти аналитически и графически (с помощью круга Мора) нормальные σ_x, σ_y и касательное τ_{xy} напряжения.

Исходные данные: $\sigma_1 = 547$ МПа; $\sigma_3 = 226$ МПа; $\Theta = 19^0$.

Аналитическое решение.

Нормальные напряжения σ_x и σ_y находим по формулам:

$$\sigma_x = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta, \tag{1.32}$$

$$\sigma_y = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta. \tag{1.33}$$

Касательное напряжение τ_{xy} определяем по формуле:

$$\tau_{xy} = \frac{1}{2}(\sigma_2 - \sigma_3)\sin 2\Theta. \tag{1.34}$$

Для условий задачи получим:

$$\sigma_x = \frac{547+226}{2} + \frac{547-226}{2}\cdot\cos 38^0 = 513\ MPa,$$

$$\sigma_y = \frac{547+226}{2} - \frac{547-226}{2}\cos 38^0 = 260\ MPa;$$

$$\tau_{xy} = \frac{547-226}{2}\sin 38^0 = 98{,}8 MPa$$

Графическое определение всех напряжений представлено на круговой диаграмме напряжений (рис. 1.5).

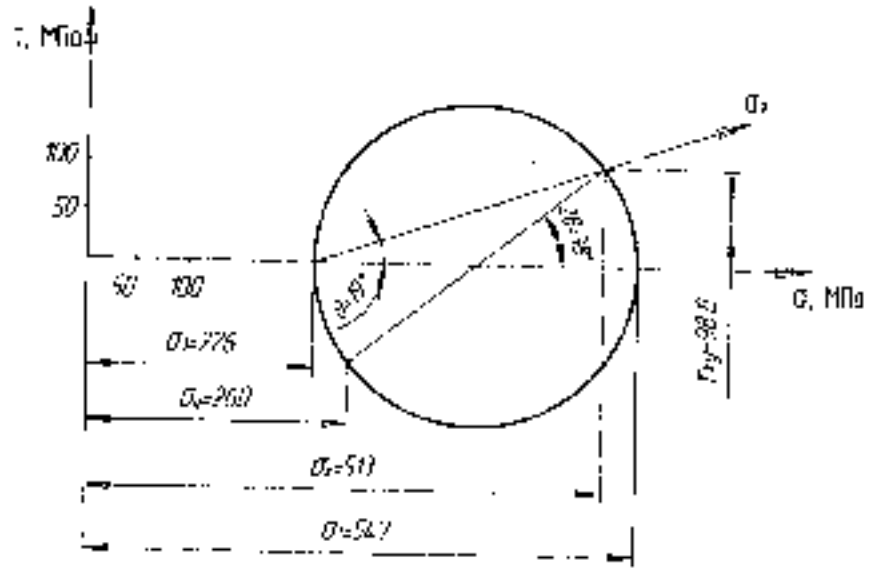


Рис. 1.5. Круговая диаграмма напряжений

С помощью графического метода получены следующие результаты:

$$\sigma_x = 513 \text{ МПа},$$
$$\sigma_y = 260 \text{ МПа},$$
$$\tau_{xy} = 98{,}8 \text{ МПа}.$$

Вывод: аналитический и графический методы обеспечивают с одинаковой точностью определение действующих напряжений.

1.3. Определение компонент начального и дополнительного полей напряжений в массиве горных пород (задание № 2)

а) Определить компоненты начального поля напряжений в массиве горных пород, представленных песчаниками. Глубина разработки $H = 39$ м.

Для решения принимаем следующие характеристики пород: $\gamma = 2{,}69$ тс/м^3; $\nu = 0{,}28$.

Компоненты начального поля напряжений показаны на рис. 1.6.

Определение компонентов начального поля напряжений производим по формулам:

$$\sigma_z^{(0)} = \gamma H; \tag{1.35}$$

$$\sigma_y^{(0)} = \sigma_x^{(0)} = \lambda \gamma H, \tag{1.36}$$

где λ - коэффициент бокового давления, определяется по формуле

$$\lambda = \frac{\nu}{1-\nu}. \tag{1.37}$$

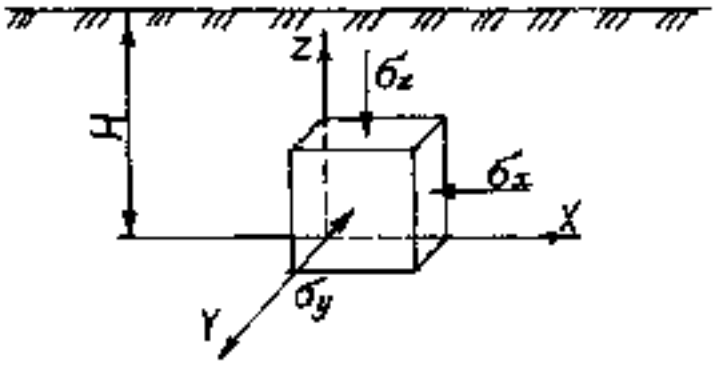


Рис. 1.6. Компоненты начального поля напряжений

$$\sigma_z^{(0)} = 2{,}69 \cdot 39 = 104{,}91 \ \frac{\text{тс}}{\text{м}^2};$$

$$\sigma_x^{(0)} = \sigma_y^{(0)} = = \frac{0{,}28}{1 \quad 0{,}28} \cdot 2{,}69 \cdot 39 \div 41 \ \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}.$$

б) определить компоненты дополнительного поля напряжений, вызванного подработкой и обусловившего деформации сжатия по оси X, равной $\varepsilon_x = 6 \cdot 10^{-3}$. Деформации в направлении оси Y невозможны.

Исходные данные: модуль упругости
$E = 5{,}65 \cdot 10^5$ кгс/см^2 = $5{,}65 \cdot 10^4$ тс/м^2.

При решении этой задачи нужно решить систему линейных уравнений, описывающих объёмное напряжённое состояние, представляющих из себя обобщённый закон Гука:

$$\left.\begin{aligned} E\varepsilon_x &= \sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z) \\ E\varepsilon_y &= \sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x) \\ E\varepsilon_z &= \sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y) \end{aligned}\right\} \qquad (1.38)$$

Составим уравнения обобщенного закона Гука для данных примера задачи.

$$\left.\begin{aligned} 5{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^{-3} &= \sigma_y - 0{,}28(\sigma_y + 104{,}1) \\ 0 &= \sigma_y - 0{,}28(104{,}91 + \sigma_y) \\ 5{,}65 \cdot 10^{-4}\varepsilon_z &= 104{,}91 - 0{,}28(\sigma_x + \sigma_y) \end{aligned}\right\}$$

Система линейных уравнений может быть решена тремя способами: матричным, Гаусса, по формулам Крамера.

Целесообразней в данном случае применить способ Гаусса.

В результате получим:

$$\sigma_x = 40{,}8 \text{ тс/м}^2;\ \sigma_y = 40.8 \text{ тс/м}^2;\ \varepsilon_z = 1.45 \cdot 10^2 \text{ тс/м}^2.$$

1.4. Определение начального поля напряжений применительно к горизонтальной выработке (задание № 3)

Определить компоненты начального поля напряжений в месте проведения будущей выработки и по контуру поперечного сечения будущей выработки.

Исходные данные: H = 790 м; r_0 = 2 м; породы габбро-диабазы.

Для решения принимаем следующие характеристики породы: $\gamma = 2{,}76$ тс/м^3 = $2{,}76 \cdot 10^{-2}$ мН/м^3; $\nu = 0{,}4$.

Определяем компоненты начального поля напряжений (см. рис. 1.6) по формулам (16) и (17).

$$\sigma_z^{(0)} = \gamma H = 0{,}0276 \cdot 790 = 21{,}8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_x^{(0)} = \sigma_y^{(0)} = \frac{0{,}4}{1 - 0{,}4} \cdot 21{,}8 = 14{,}5 \text{ МПа}.$$

Поскольку предполагается проведение выработки круглого сечения, то полученные выше напряжения представим в полярной системе координат (рис. 1.7).

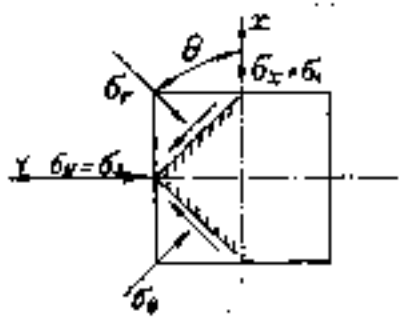


Рис. 1.7. Схема напряжений в декартовой и полярной системе координат

Имеем $\sigma_1^{(0)} = \sigma_x^{(0)}$; $\sigma_3^{(0)} = \sigma_y^{(0)} = \sigma_y^{(0)}$.

Компоненты напряжений в полярной системе координат (r, Θ) определяем по следующим формулам:

$$\sigma_r = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta; \qquad (1.39)$$

$$\sigma_\Theta = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\Theta. \qquad (1.40)$$

$$\tau_{r\Theta} = -\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\sin 2\Theta. \qquad (1.41)$$

Подставив $\sigma_1^{(0)}$; $\sigma_3^{(0)}$ в формулы (1.39) - (1.41) получим:

$$\left.\begin{matrix}\sigma_r^{(0)}\\ \sigma_\Theta^{(0)}\end{matrix}\right\} = \frac{21{,}8 + 14{,}5}{2} \pm \frac{21{,}8 - 14{,}5}{2}\cos 2\Theta;$$

$$\tau_{r\Theta} = -\frac{21{,}8 - 14{,}5}{2}\sin 2\Theta;$$

или

$$\sigma_r^{(0)} = 18{,}15 + 3{,}65\cos 2\Theta \text{ МПа};$$

$$\sigma_\Theta^{(0)} = 18{,}15 - 3{,}65\cos 2\Theta \text{ МПа};$$

$$\tau_{r\Theta}^{(0)} = -3{,}65\sin 2\Theta \text{ МПа}.$$

Для построения эпюр компонентов начального поля напряжений по контуру сечения будущей выработки используем таблицу, значения в которой вычисляются по полученным выше формулам (табл. 1.1).

Эпюры компонентов начального поля напряжений по контуру сечения выработки показаны на рис. 1.8.

Таблица 1.1

Значения начальных напряжений

Значения угла наклона главных осей к оси r и y, Θ, град	Значения радиальных начальных напряжений $\sigma_r^{(0)}$, МПа	Значения нормальных тангенциальных напряжений $\sigma_\Theta^{(0)}$, МПа	Значения начальных касательных напряжений $\tau_{r\Theta}^{(0)}$, МПа
0	21,80	14,54	0
15	21,32	15,02	-1,82
30	19,99	16,35	-3,15
45	18,17	18,17	-3,63
60	16,35	19,99	-3,15
75	15,02	21,32	-1,82
90	14,54	21,80	0
105	15,02	21,32	1,82
120	16,35	19,99	3,15
135	18,17	18,17	3,63
150	19,99	16,35	3,15
165	21,32	15,02	1,82
180	21,80	14,54	0
195	21,32	15,02	-1,82
210	19,99	16,35	-3,15
225	18,17	18,17	-3,63
240	16,35	19,99	-3,15
255	15,02	21,32	-1,82
270	14,54	21,80	0
285	15,02	21,32	1,82
300	16,35	19,99	3,15
315	18,170	18,17	3,63
330	19,99	16,35	3,15
345	21,32	15,02	1,82
360	21,80	14,54	0

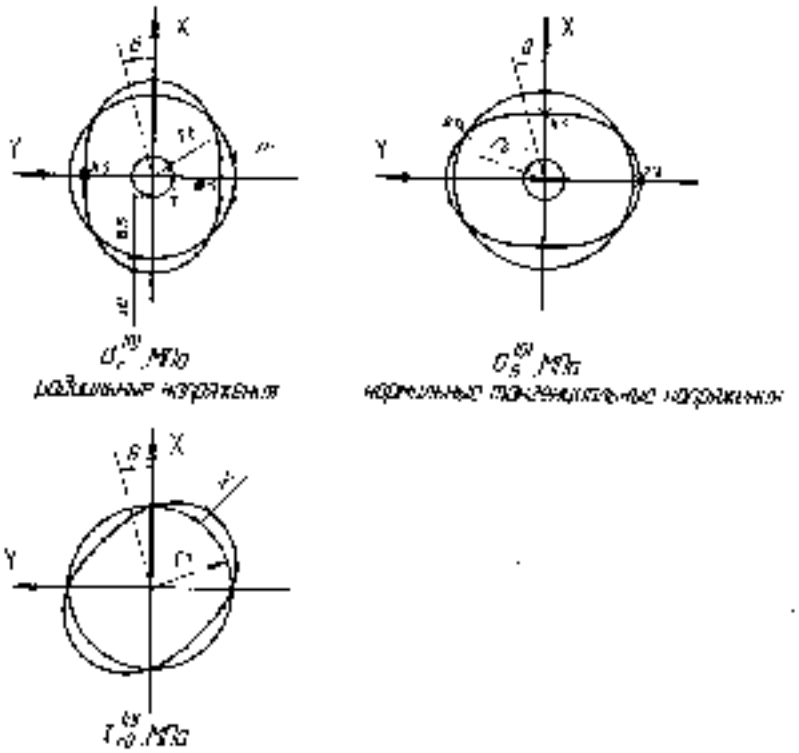


Рис. 1.8. Эпюры начальных напряжений по контуру поперечного сечения будущей выработки круглого сечения

1.5. Определение напряжений методом разгрузки (задание № 4)

Оценить погрешность определения компонент начального поля напряжений при плоском и объёмном напряжённом состоянии.

Для исследования начального поля напряжения методом разгрузки бурится скважина (рис. 1.9, *а*), на забой скважины наклеиваются датчики деформаций - 1.

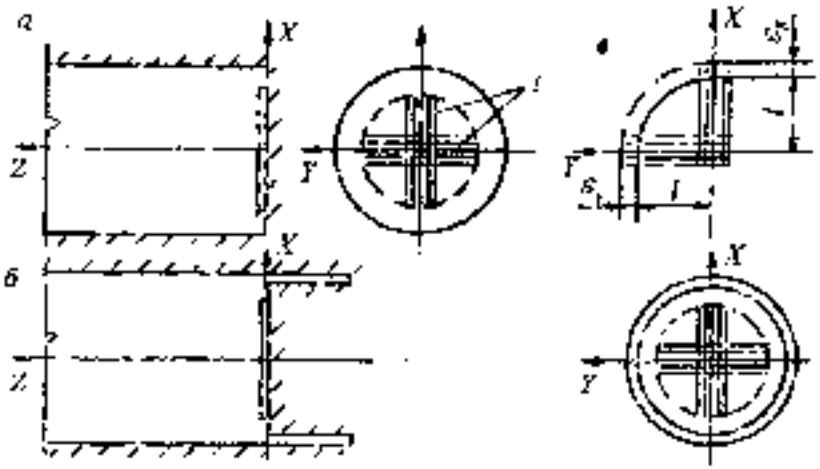


Рис. 1.9. Схема измерения напряжений в массиве методом разгрузки:
а, б – стадии работ наклеивания датчиков и обуривания керна;
в – схема деформаций разгрузки керна

Затем вокруг датчиков обуривается кольцевая щель (рис. 1.9, *б*), вследствие чего породный керн с датчиками отделяется от массива и разгружается от действующих напряжений.

Деформации восстановления $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ измеряются и по ним определяются напряжения в массиве $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$.

Измерения проведены на глубине H = 1200 м в диоритах со следующими характеристиками: $\gamma = 0{,}03$ МН/м^3; $E = 8 \cdot 10^4$ МПа; $\nu = 0{,}26$.

1. В результате измерений в горизонтальной скважине получены следующие деформации восстановления:

$$\varepsilon_x = 3{,}66 \cdot 10^{-4}; \varepsilon_y = 0{,}03 \cdot 10^{-4}.$$

Поскольку на забое скважины имеется плоское напряжённое состояние ($\sigma_z = 0$) можно воспользоваться формулами обобщённого закона Гука для плоского напряжённого состояния:

$$\sigma_1 = E\frac{\varepsilon_1 + \nu\varepsilon_2}{1-\nu^2}; \quad \sigma_2 = E\frac{\varepsilon_2 + \nu\varepsilon_1}{1-\nu^2}, \qquad (1.42)$$

Подставив значения величин E, ν, $\varepsilon_x=\varepsilon_1$, $\varepsilon_y=\varepsilon_2$ в формулу (1.42), получим:

$$\sigma_1 = \sigma_x = 8\cdot10^4\,\frac{3{,}66\cdot10^{-4}+0{,}26\cdot0{,}03\cdot10^{-4}}{1+0{,}26^2} = 31{,}5\ \text{МПа}.$$

$$\sigma_2 = \sigma_y = 8\cdot10^4\,\frac{0{,}03\cdot10^{-4}+0{,}26\cdot3{,}66\cdot10^{-4}}{1+0{,}26^2} = 8{,}4\ \text{МПа}$$

2. *Отделённый от массива керн (см. рис. 1.9, б) испытывает деформации по всем трём направлениям ($\varepsilon_z \neq 0$). В результате измерений получены следующие деформации вкрест напластования.*

$$\varepsilon_x = 3{,}66\cdot10^{-4};\ \varepsilon_y = \varepsilon_z = 0{,}03\cdot10^{-4}$$

Воспользуемся формулами (1.29). Предварительно по формуле (1.12) определяется объёмная деформация

$$\varepsilon_V = 3{,}66\cdot10^{-4}+0{,}03\cdot10^{-4}+0{,}03\cdot10^{-4} = 3{,}72\cdot10^{-4}.$$

Модуль сдвига определяется по формуле (1.28)

$$G = \frac{8\cdot10^4}{2(1+0{,}26)} = 3{,}2\cdot10^4\ \text{МПа}.$$

Подставим значения величин в формулы (1.29).

$$\sigma_1 = \sigma_x = 2\cdot3{,}2\cdot10^4\left(3{,}66\cdot10^{-4}+\frac{0{,}26}{1-2\cdot0{,}26}\,3{,}72\cdot10^{-4}\right) = 36{,}3\ \text{МПа};$$

$$\sigma_3 = \sigma_z = \sigma_y =$$

$$= 2\cdot3{,}2\cdot10^4\left(0{,}03\cdot10^{-4}+\frac{0{,}26}{1-2\cdot0{,}26}\,3{,}72\cdot10^{-4}\right) = 13{,}1\ \text{МПа}.$$

Для сравнения разных способов определения компонент напряжений вычислим компоненты начального поля напряжений по

формулам (1.35), (1.36), при этом коэффициент бокового давления равен

$$\lambda = \frac{0{,}26}{1-0{,}26} = 0{,}35,$$

$$\sigma_z = 0{,}03\cdot1200 = 36\ \text{МПа},$$

$$\sigma_x = \sigma_y = 0{,}35\cdot36 = 13\ \text{МПа}.$$

Ошибки измерений в 1 и 2 - ом случаях соответственно составляют:

$$1)\ \Delta_{\sigma_1} = \frac{31{,}5-36}{36}100 = -12{,}5\ \%;$$

$$\Delta_{\sigma_2} = \frac{8{,}4-13}{13}100 = -35{,}4\ \%;$$

$$2)\ \Delta_{\sigma_1} = \frac{36{,}3-36}{36}100 = 3\ \%;$$

$$\Delta_{\sigma_2} = \frac{13{,}1-13}{13}100 = 1\ \%.$$

1.6. Определение зоны влияния выработки (задание № 5)

Определить, будут ли взаимно влиять друг на друга горизонтальные выработки радиусами $r_{к(1)}$ = 2,0 м, $r_{к(2)}$ = 2,8 м, пройденные в массиве горных пород с гидростатическим полем начальных напряжений. Выработки отстоят друг от друга на расстоянии l = 47 м при допустимой погрешности Δ отклонения тангенциальных напряжений σ_Θ от начального поля напряжений $\sigma_\Theta^{(0)}$, равной 5 %.

Условия на границе зоны влияния выработки запишется в виде

$$\Delta = \frac{\sigma_\Theta - \sigma_\Theta^{(0)}}{\gamma H}. \qquad (1.43)$$

Напряжения в массиве с выработкой описываются следующими формулами:

$$\sigma_r = \gamma H\left[\frac{1+\lambda}{2}\left(1-\frac{r_0^2}{r^2}\right)+\frac{1-\lambda}{2}\left(1-3\frac{r_0^4}{r^4}+4\frac{r_0^2}{r^2}\right)\cos 2\Theta\right]; \qquad (1.44)$$

$$\sigma_\Theta = \gamma H\left[\frac{1+\lambda}{2}\left(1+\frac{r_0^2}{r^2}\right)-\frac{1-\lambda}{2}\left(1+3\frac{r_0^4}{r^4}\right)\cos 2\Theta\right]; \qquad (1.45)$$

$$\tau_{r\Theta} = -\gamma H\frac{1-\lambda}{2}\left(1-3\frac{r_0^4}{r^4}+\frac{r_0^2}{r^2}\right)\sin 2\Theta, \qquad (1.46)$$

где r – текущий радиус, м; λ - коэффициент бокового давления.

В гидростатическом поле напряжения $\lambda = 1$, следовательно:

$$\sigma_\Theta^{(0)} = \gamma H\left(1+\frac{r_0^2}{r^2}\right); \qquad (1.47)$$

$$\sigma_r^{(0)} = \sigma_\Theta^{(0)} = \gamma H. \qquad (1.48)$$

Подставим полученные выражения σ_Θ и σ_r в формулу (1.42) и получим

$$\frac{r_0^2}{R_\Delta^2} = \Delta, \qquad (1.49)$$

где $R_\Delta = r$.

Отсюда

$$R_\Delta = \frac{r_0}{\sqrt{\Delta}}. \qquad (1.50)$$

Найдем значения проявления для обеих выработок по формуле (1.49)

$$R_{\Delta 1} = \frac{r_{0(1)}}{\sqrt{\Delta}} = \frac{2}{\sqrt{0{,}05}} = 8{,}9\text{ м};$$

$$R_{\Delta 2} = \frac{r_{0(2)}}{\sqrt{\Delta}} = \frac{2{,}8}{\sqrt{0{,}05}} = 12{,}5\text{ м}.$$

Так как полученные значения меньше расстояния между выработками, то выработки не оказывают влияние друг на друга.

Графическое пояснение данной задачи представлено на рис. 1.10.

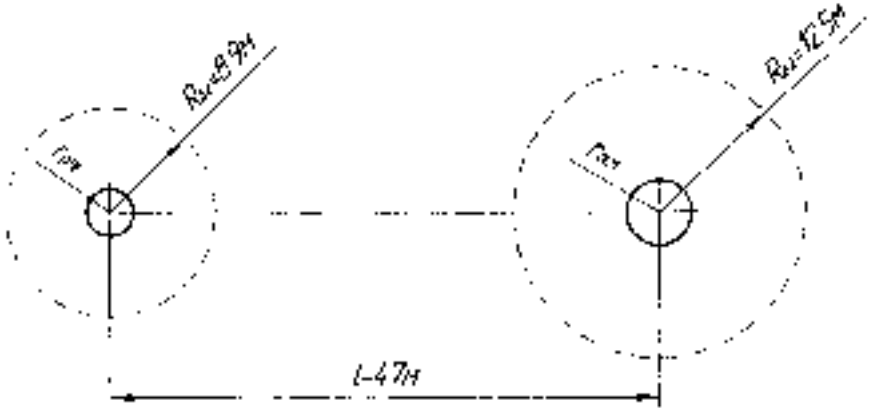


Рис. 1.10. Схема к определению границ проявления выработок

1.7. Перемещение контура сечения ствола (задание № 6)

Определить перемещения контура сечения вертикального ствола радиусом r_0 = 2,5 м, на глубине 100 м в супеси твёрдой консистенции.

Исходные данные: объёмный вес $\gamma = 1{,}93\cdot 10^{-2}$ МН/м^3; модуль деформации E = 110 МПа; коэффициент поперечной деформации $\nu = 0{,}32$.

Перемещение контура сечения ствола определяется по формуле:

$$U = r_0 \frac{\lambda\gamma H}{2G}\left(1 - \frac{P}{\lambda\gamma H}\right). \qquad (1.51)$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{110}{2(1+0{,}32)} = 41{,}7 \text{ МПа},$$

$$\lambda = \frac{\nu}{1-\nu} = \frac{0{,}32}{1-0{,}32} = 0{,}47;$$

$$U = 2{,}5 \cdot \frac{0{,}47}{2 \cdot 41{,}7} \frac{0{,}0193 \cdot 100}{}\left(1 - \frac{0{,}0193 \cdot 100}{0{,}47 \cdot 0{,}0193 \cdot 100}\right) = 0{,}031 \text{ м}.$$

если $P = 0$

$$U = 0{,}027 \text{ м}$$

1.8. Напряжения и деформации в массиве горных пород вокруг выработки (задание № 7)

Построить графики эпюр напряжений σ_r, σ_θ вокруг горизонтальной горной выработки круглого сечения $r_0 = 2{,}8$ м, пройденной в диабазах на глубине $H = 280$ м. Эпюры построить для $r = 1, r_0 \ldots 7\, r_0$ при $\Theta = 0°$; $\Theta = 45°$; $\Theta = 90°$

Поле напряжений в массиве вокруг выработки круглого сечения описывается выражениями:

$$\sigma_r = \gamma H\left[\frac{1+\lambda}{2}\left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right) + \frac{1-\lambda}{2}\left(1 - 3\frac{r_0^4}{r^4} - 4\frac{r_0^2}{r^2}\right)\cos 2\Theta\right]; \qquad (1.52)$$

$$\sigma_\Theta = \gamma H\left[\frac{1+\lambda}{2}\left(1 + \frac{r_0^2}{r^2}\right) - \frac{1-\lambda}{2}\left(1 + 3\frac{r_0^4}{r^4}\right)\cos 2\Theta\right]; \qquad (1.53)$$

$$\tau_{r\Theta} = -\gamma H\left[\frac{\lambda}{2}\left(1 - 3\frac{r_0^4}{r^4} + \frac{r_0^2}{r^2}\right)\sin 2\Theta\right]. \qquad (1.54)$$

где r - текущий радиус.

Коэффициент бокового давления рассчитываем по формуле (1.37)

$$\lambda = \frac{0{,}4}{1-0{,}4} = 0{,}67.$$

Напряжения в массиве с выработкой рассчитываем по формулам (1.52) (1.54). Расчеты производим для углов 0°; 45°, 90° при различном текущем радиусе. Все полученные данные записываем в таблицу напряжений (табл. 1.2), которую используем для построения эпюр.

Таблица 1.2

Значения напряжений

r, м	0°		45°		90°	
	σ_r, МПа	σ_Θ, МПа	σ_r, МПа	σ_Θ, МПа	σ_r, МПа	σ_Θ, МПа
1 r_0	0	7,73	0	12,88	0	18,03
2 r_0	5,07	6,52	4,83	8,05	4,59	9,58
3 r_0	6,49	5,82	5,72	7,16	4,96	8,49
4 r_0	7,02	5,54	6,04	6,84	5,06	8,15
5 r_0	7,27	5,40	6,18	6,70	5,09	7,99
6 r_0	7,4	5,33	6,26	6,62	5,11	7,91
7 r_0	7,49	5,28	6,31	6,57	5,12	7,86

Эпюры напряжений в массиве вокруг выработки круглого сечения показаны на рис. 1.11.

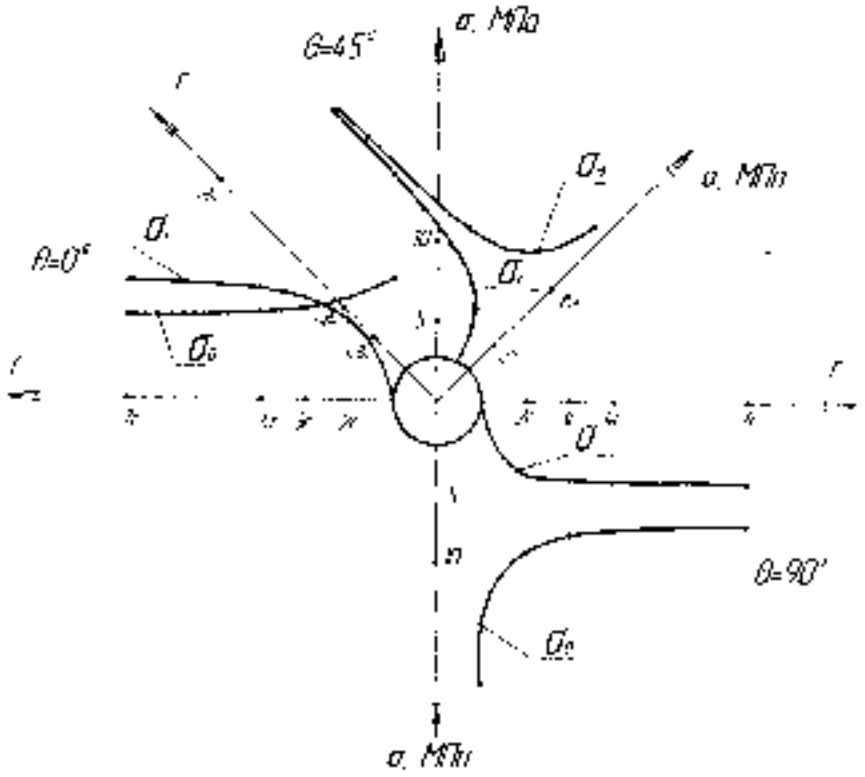


Рис. 1.13. Эпюры напряжений в массиве вокруг выработки круглого сечения

2. ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

2.1. Основные понятия и зависимости

Пластичность – свойство горных пород испытывать при нагружении необратимые (остаточные, пластические) деформации.

Прочность - свойство материалов воспринимать нагрузки без разрушения.

Для характеристики пластических свойств (прочности) горных пород, а также материалов крепи горных выработок и обделок подземных сооружений применяется пластическая модель (теория прочности Кулона-Мора).

Основные положения модели:

1. Пластические деформации (разрушения) происходят путём сдвига по площадкам скольжения.

2. Сдвигу по площадке скольжения препятствует сцепление и трение (рис. 2.1, *а*).

3. Пластичность (прочность) материала определяется величиной только максимальных и минимальных главных напряжений (σ_1 и σ_3).

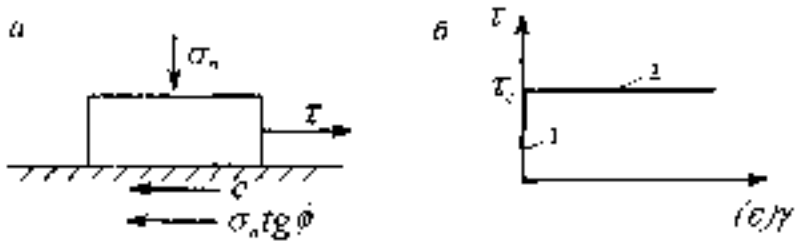


Рис. 2.1. Структурная схема (*а*) и диаграмма напряжений (*б*) жёсткопластической модели:
1 – упругие деформации, 2 – пластические деформации

Из схемы (см. рис. 2.1, *а*) непосредственно следует условие пластичности (прочности) Кулона-Мора

$$\tau_c = c + \sigma_n \operatorname{tg}\varphi, \qquad (2.1)$$

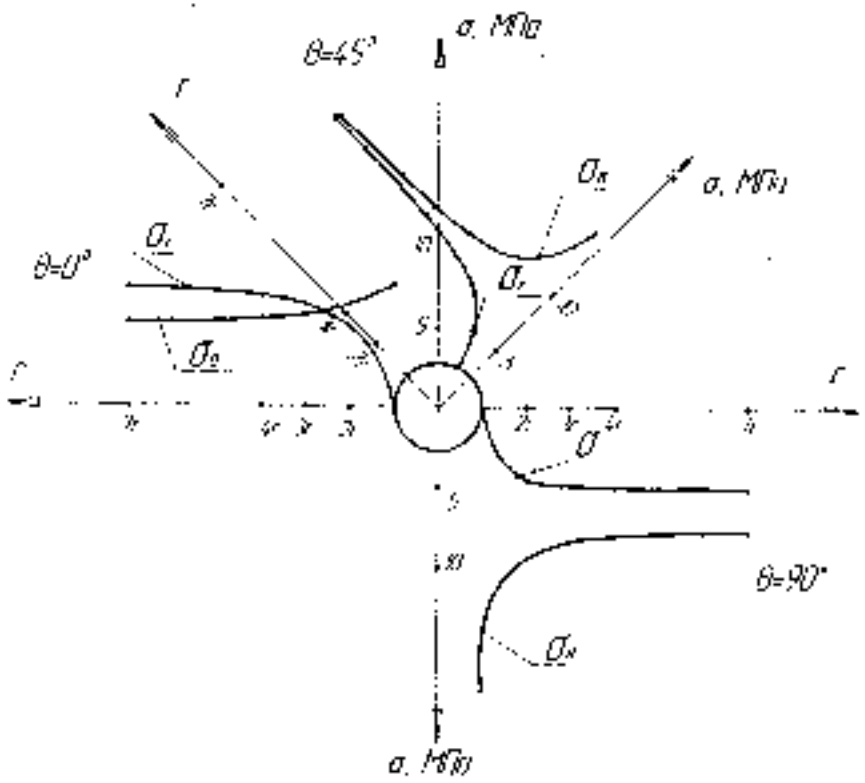


Рис. 1.11. Эпюры напряжений в массиве вокруг выработки круглого сечения

2. ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

2.1. Основные понятия и зависимости

Пластичность – свойство горных пород испытывать при нагружении необратимые (остаточные, пластические) деформации.

Прочность – свойство материалов воспринимать нагрузки без разрушения.

Для характеристики пластических свойств (прочности) горных пород, а также материалов крепи горных выработок и обделок подземных сооружений применяется пластическая модель (теория прочности Кулона-Мора).

Основные положения модели:

1. Пластические деформации (разрушения) происходят путём сдвига по площадкам скольжения.

2. Сдвигу по площадке скольжения препятствует сцепление и трение (рис. 2.1, *а*).

3. Пластичность (прочность) материала определяется величиной только максимальных и минимальных главных напряжений (σ_1 и σ_3).

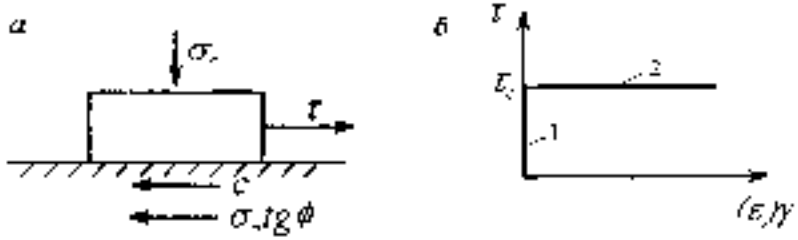


Рис. 2.1. Структурная схема (а) и диаграмма напряжений (б) жёсткопластической модели
1 – отсутствие деформаций; 2 – пластические деформации

Из схемы (см. рис. 2.1, *а*) непосредственно следует условие пластичности (прочности) Кулона-Мора

$$\tau_c = c + \sigma_n \operatorname{tg}\varphi, \qquad (2.1)$$

где τ_c - касательные напряжения на площадках скольжения; c - сцепление; σ_n - нормальные напряжения на площадках скольжения; φ - угол внутреннего трения.

Условие (2.1) называют условием предельного состояния. Графическое изображение уравнения (2.1) представляет собой паспорт прочности горных пород (рис. 2.2, *а*) - огибающая наибольших кругов напряжений, которые испытывает порода на пределе прочности.

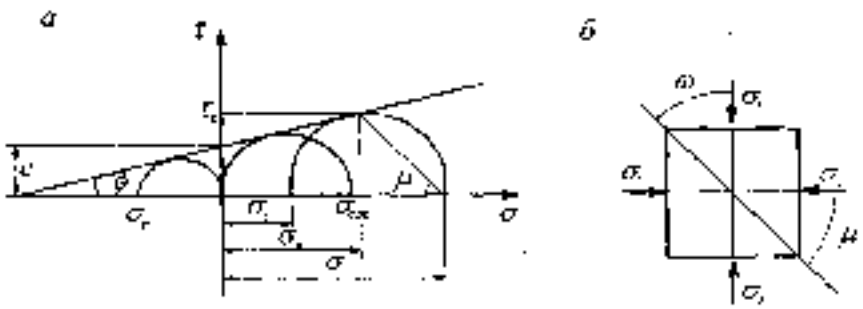


Рис. 2.2. Диаграмма наибольших кругов напряжений (*а*) и ориентировка площадок скольжения относительно главных напряжений (*б*) в пластической среде

Из геометрии кругов напряжений и огибающей можно получить следующие соотношения:

1. Предел прочности на одноосное сжатие

$$\sigma_{сж} = \frac{2c \cdot \cos\varphi}{1 - \sin\varphi}; \qquad (2.2)$$

2. Условие прочности в главных направлениях

$$\sigma_1 = \sigma_{сж} - \beta\sigma_3, \qquad (2.3)$$

где β - параметр объёмной прочности;

$$\beta = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi}; \qquad (2.4)$$

3. Условие пластичности в общем виде

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = (\sigma_x + \sigma_y - 2c \cdot \operatorname{ctg}\varphi)^2 \cdot \sin^2\varphi. \qquad (2.5)$$

Угол наклона площадок скольжения к направлению наибольшего σ_1 и наименьшего σ_3 главных напряжений (см. рис. 2.2, *б*) составляет

$$\mu = \pm\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right); \qquad \omega = \pm\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (2.6)$$

2.2. Построение паспорта прочности породы (задание № 8)

Проверить прочность горных пород в точке массива, расположенной на глубине H = 750 м, определить графически и аналитически прочностные характеристики по результатам испытаний. Горные породы представлены известняками.

Исходные данные: объёмный вес $\gamma = 2{,}68 \cdot 10^{-2}$ МН/м^3; коэффициент Пуассона $\nu = 0{,}35$.

Результаты испытаний:

а) $\sigma_3 = 0$ МПа; $\sigma_1 = |\sigma_{сж}| = 51$ МПа.

б) $\sigma_3 = 22$ МПа; $\sigma_1 = 106$ МПа.

Решение

По данным испытаний строим круги напряжений 1 и 2 (рис. 2.3), к которым проводим общую касательную.

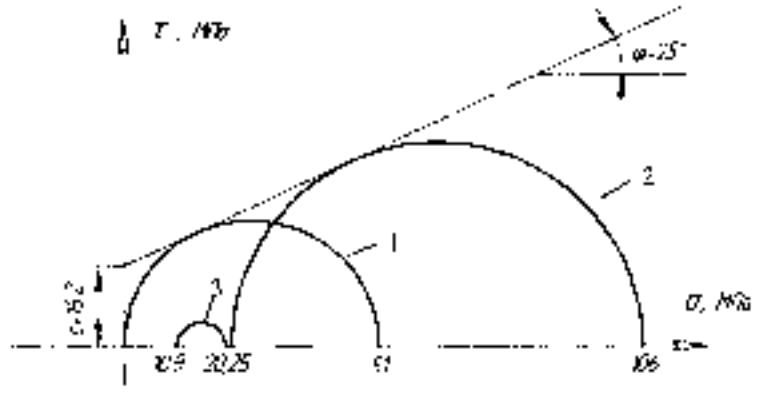


Рис. 2.3. Огибающая наибольших кругов напряжений

Определяем значения компонент напряжений в исследуемой точке массива:

$$\sigma_1^{(0)} = \sigma_2^{(0)} = \gamma H = 0{,}027 \cdot 750 = 20{,}25 \text{ МПа};$$

$$\sigma_x^{(0)} = \sigma_y^{(0)} = \sigma_z^{(0)} = \sigma_3^{(0)} = \lambda\gamma H = \frac{0{,}35}{1 - 0{,}35} \cdot 20{,}25 = 10{,}9 \text{ МПа}.$$

Полученные значения откладываем на оси σ (см. рис. 2.3) и как на диаметре строим круг напряжения 3. Если построенный круг не выйдет за пределы огибающей, то состояние горной породы в данной точке прочное. В том случае, если круг касается огибающей, то порода находится в предельном состоянии. Если круг напряжений пересекает касательную, то наступает разрушение породы.

В данном случае построенный круг напряжений не выходит за пределы огибающей, т. е. состояние горной породы в данной точке прочное.

По графику (см. рис. 2.3) определяем сцепление c = 16,2 МПа и угол внутреннего трения φ = 25°.

Аналитическое решение определения прочностных характеристик породы по результатам испытаний производится по формулам (2.2)–(2.4):

$$\beta = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \quad \Rightarrow \quad \varphi = \arcsin\frac{\beta - 1}{\beta + 1} = \arcsin\frac{1{,}5}{3{,}5} = 25^0 22' 37'';$$

$$\beta = \frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \frac{\sigma_{сж}}{\sigma_3} = \frac{106 - 51}{22} = 2{,}5;$$

$$c = \frac{\sigma_{сж}(1 - \sin\varphi)}{2\cos\varphi} = \frac{51 \cdot 0{,}5714}{2 \cdot 0{,}9035} = 16{,}19 \text{ МПа}.$$

2.3. Проверка прочности целика (задание № 9)

Исходные данные: *целик в форме куба со стороной в = 5,2 м сжимается под действием веса вышележащих пород* ***P = 25000*** *тс (рис. 2.4). Предел прочности на сжатие* $[\sigma_{сж}] = 2470$ *тс/м², на растяжение* $[\sigma_р] = 260$ *тс/м².*

Требуется проверить состояние прочности целика в точках наибольшей концентрации напряжений.

Решение

Так как напряженное состояние каждой четверти вертикального сечения целика одинаково, то достаточно рассмотреть одну четверть сечения. На рис. 2.4, *б* показана правая верхняя часть с эпюрами распределения нормальных и касательных напряжений.

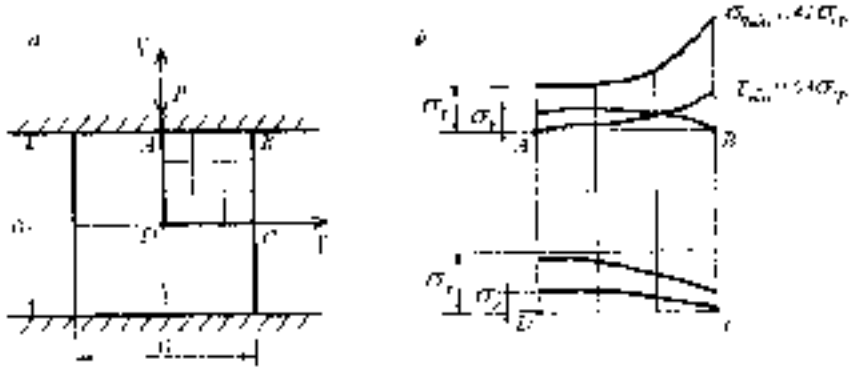


Рис. 2.4. Схема нагрузки (*а*) и напряжений, действующих в элементах целика (*б*)

Наибольшие концентрации напряжений имеют место в центре целика, в точке *D* и у контакта целика с кровлей, в точке *B*.

В точке *D* напряжения вычисляются следующим образом:

$$\sigma_y = \sigma_1 \quad 0{,}04\sigma_{ср} = 0{,}04 \cdot 924{,}6 = 37{,}0 \ \frac{тс}{м^2};$$

$$\sigma_x = \sigma_z = 1{,}11\sigma_{ср} = 1{,}11 \cdot 924{,}6 \quad 1026{,}3 \ \frac{тс}{м^2};$$

$$\tau_{xy} = 0.$$

$$\sigma_{ср} = \frac{P}{a \cdot b} = \frac{25000}{5{,}2^2} = 924{,}6 \ \frac{тс}{м^2}$$

В точке *B* напряжения вычисляются следующим образом: так как в данной точке действуют касательные напряжения τ_{xy}, то вычисление главных напряжений производим по формулам (1.3)

Предварительно производим вычисление напряжений σ_x, σ_y, τ_{xy} по формулам.

$$\tau_{xy} = 0{,}63\sigma_{ср} = 0{,}63 \cdot 924{,}6 = 582{,}5 \frac{тс}{м^2};$$

$$\sigma_y = 0;$$

$$\sigma_x = 1{,}42\sigma_{ср} = 1{,}42 \cdot 924{,}6 = 1312{,}9 \frac{тс}{м^2}.$$

Подставляя полученные значения напряжений в формулу (1.3), получим:

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}(1312{,}9 + 0) + \sqrt{\frac{1}{4}(1312{,}9 - 0)^2 + 582{,}5^2} = 1534 \frac{тс}{м^2};$$

$$\sigma_3 = \frac{1}{2}(1312{,}9 + 0) - \sqrt{\frac{1}{4}(1312{,}9 - 0)^2 - 582{,}5^2} = -221{,}2 \frac{тс}{м^2}.$$

По заданным значениям $[\sigma_{сж}]$ и $[\sigma_р]$ строим диаграмму прочности на следующих кругах напряжений:

1 - $\sigma_1 = [\sigma_р]$; $\sigma_3 = 0$;

2 – $\sigma_1 = 0$; $\sigma_3 = [\sigma_{сж}]$ (рис. 2.5).

Уравнение огибающей кругов принимают в виде параболы

$$\tau = \sqrt{([\sigma_р] + \sigma)f}, \qquad (2.7)$$

где

$$f = 2[\sigma_р] - 2\sqrt{[\sigma_р]([\sigma_р] - [\sigma_{сж}])} + [\sigma_{сж}]; \qquad (2.8)$$

σ - текущее значение нормального напряжения.

$$f = 7 \cdot 260 - 2\sqrt{260(260 + 2470)} + 2470 = 1305 \text{ тс/м}^2.$$

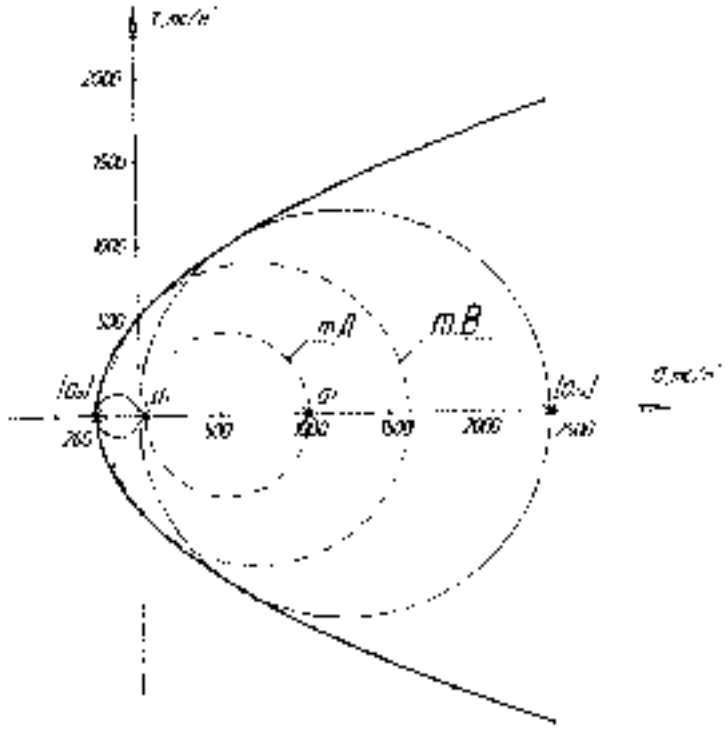


Рис. 2.5. Диаграмма прочности горных работ

Полученные значения, вычисленные по формуле (2.7), записываются в таблицу значений напряжений (таб. 2.1) и используются для построения огибающей кругов напряжений (см. рис. 2.5).

Таблица 2.1

Значения напряжений

Значение σ	$\sigma_р$	$\frac{1}{2}\sigma_р$	0	$\frac{1}{4}\sigma_{сж}$	$\frac{1}{2}\sigma_{сж}$	$\frac{3}{4}\sigma_{сж}$	$\sigma_{сж}$
Значение τ	-260	-130	0	617,5	1235	1852,5	2470
	0	411,9	582,5	1070,1	1306,8	1660,4	1887,5

Для проверки прочности горных пород в точках B и D целика на диаграмме прочности (см. рис. 2.5) строятся соответствующие круги напряжений и по вычисленным для данных точек значениям главные напряжения σ_1 и σ_3.

Если построенный круг не выйдет за пределы огибающей, то состояние породы в данной точке целика прочное, в противном случае должно наступить разрушение в виде трещин, наклонённых к наибольшему нормальному напряжению под углом θ.

Если касание круга напряжений произойдёт на оси σ диаграммы, это значит, что разрушение произойдёт по поверхности, нормаль к которой совпадает с положительным направлением оси главного максимального напряжения. Наклон трещины по отношению к опорной поверхности целика будет, $\beta = 180^\circ - \theta$.

В данном случае, так как круги напряжений не выходят за пределы огибающей, то состояние породы в точках B и D целика прочное.

3. ЖЕСТКО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

3.1. Нагрузка на крепь горизонтальных выработок (задание № 10)

а) ***Определить величину максимальной нагрузки на крепь горизонтальной выработки шириной $2B = 3{,}6$ м, пройденной в песчаниках. Принять концепцию опускающегося столби породы.***

Жестко-пластическая модель массива имеет две области:
1 – участок, где деформации отсутствуют (жесткая область);
2 - пластическая область (рис. 3.1).

Для решения принимаем следующие характеристики пород: $\gamma = 2{,}69$ тс/м^3; $c = 0{,}2$ тс/м^2; $\nu = 0{,}28$; $\varphi = 25^\circ$.

Расчет отпора крепи, необходимого для удержания пород при принятии концепции опускающегося столба пород, осуществляется по формуле

$$P = \frac{\gamma \cdot a}{\lambda \cdot \operatorname{tg}\varphi}\left[1 - \exp\left(-\lambda \cdot \frac{H}{a} \cdot \operatorname{tg}\varphi\right)\right] - \frac{c}{\lambda \cdot \operatorname{tg}\varphi}\left[1 - \exp\left(-\lambda \cdot \frac{H}{a} \cdot \operatorname{tg}\varphi\right)\right], \qquad (3.1)$$

где a – полупролет выработки; c – сцепление горных пород; H – глубина заложения выработки; λ - коэффициент бокового давления

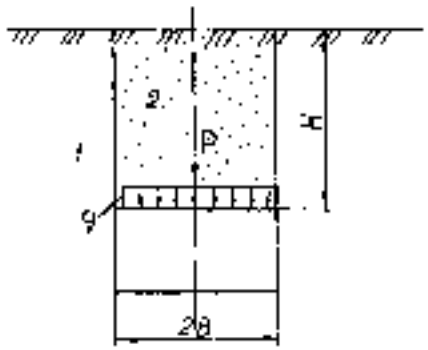


Рис. 3.1. Схема к определению нагрузки на крепь в соответствии с моделью опускающегося столба: 1 – жесткая область; 2 – пластическая область

Максимальная нагрузка на крепь определяется взятием частной производной и приравниванием ее к нулю:

$$\frac{\partial P}{\partial H} = \frac{\gamma a - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi} - \frac{\gamma a - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi}\exp\left(-\lambda \frac{H}{a}\operatorname{tg}\varphi\right) - \frac{\gamma a - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi}\exp\left(-\lambda \frac{H}{a}\operatorname{tg}\varphi\right) = 0;$$

$$\frac{\gamma a - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi}\exp\left(-\lambda \frac{H}{a}\operatorname{tg}\varphi\right) \cdot \frac{\lambda}{a}\operatorname{tg}\varphi = 0;$$

$$\frac{\gamma a - c}{a}\exp\left(-\lambda \frac{H}{a}\operatorname{tg}\varphi\right) = 0. \qquad (3.2)$$

Коэффициент бокового давления начисляется по формуле (1.37)

$$\lambda = \frac{0{,}28}{1 - 0{,}28} = 0{,}39.$$

Подставляем известные данные в формулу (3.2)

$$\frac{2,69}{1,8}\frac{1,8-0,2}{}-\exp\left(-0,39\cdot\frac{H}{1,8}\cdot 1\right)-0;$$

$$2,58\exp(-0,22H)=0\Rightarrow\exp=0.$$

Так как глубина заложения выработки нам не известна, следовательно, $H\to\infty$, то в формуле (3.2) величина $\left(\exp\left(-\lambda\frac{H}{b}\operatorname{tg}\varphi\right)\right)$ тоже стремится в бесконечность, следовательно, максимальная нагрузка на кровлю будет вычисляться по формуле

$$P_{\text{max}}=\frac{\gamma\cdot a}{\lambda\cdot\operatorname{tg}\varphi}-\frac{c}{},$$

$$P_{\text{max}}=\frac{2,69\cdot 1,8}{0,39\cdot 1}\frac{0,2}{}=11,9\ \text{тс/м}^2.$$

б) ***определить нагрузку на крепь горизонтальной выработки прямоугольной формы шириной 2R = 3,0 м, пройденной по пласту суглинков, расположенному в известняках. Расчет производится по методу П. М. Цимбаревича.***

Исходные данные: суглинок: $\gamma = 2,2$ тс/м^3; $\varphi = 23°$; $c = 3$ МПа; кажущийся угол внутреннего трения $\varphi' = 60°$; известняки: $\gamma = 2,68$ тс/м^3; кажущийся угол внутреннего трения $\varphi' = 85$.

Современная расчетная схема для расчета по методу Цимбаревича представлена на схеме (рис. 3.2).

Половина пролета увеличенного свода определяем по формуле

$$a_1=a+h\cdot\operatorname{ctg}\left(45°+\frac{\varphi''}{2}\right), \qquad (3.3)$$

где a – полупролет выработки в проходке; h – высота выработки в проходке, $h = M$; φ' – кажущийся угол внутреннего трения суглинков.

$$a_1=1,5+3\operatorname{ctg}\left(45°+\frac{60°}{2}\right)=2,3\ \text{м}.$$

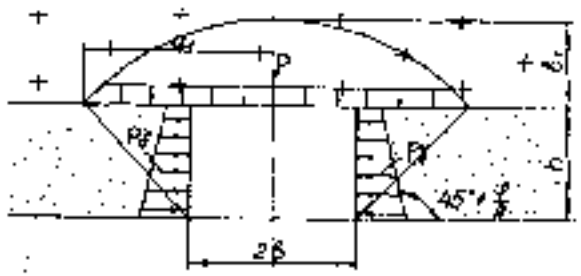


Рис. 3.2. Современная расчетная схема

Высота свода находится по формуле

$$a_1=\frac{a_1}{f}, \qquad (3.4)$$

где f – коэффициент трения суглинков, определяется по формуле

$$f=\frac{[\sigma_{\text{сж}}]}{100}, \qquad (3.5)$$

где

$$[\sigma_{\text{сж}}]=\frac{2c\cdot\cos\varphi}{1-\sin\varphi}, \qquad (3.6)$$

$$[\sigma_{\text{сж}}]=\frac{2\cdot 3\cdot\cos 23^0}{1-\sin 23^0}=9\ \text{МПа}$$

$$f=\frac{900}{100}=0,9$$

$$a_1=\frac{2,5}{0,9}=2,6\ \text{м}.$$

Интенсивность нагрузки на крепь сверху определяем по формуле

$$P_{\text{н}}=k_{\text{р}}\cdot\gamma\cdot a_1, \qquad (3.7)$$

где $k_{\text{р}}$ – коэффициент условий работы грунтового массива, принимается в зависимости от типов грунтов от 1 до 2; для условий зада-

чи в соответствии со СНиП II-44-78 принимаем равным 1, где γ - объемный вес суглинков.

$$P_в = 1 \cdot 2{,}2 \cdot 2{,}6 \quad 5{,}7 \text{ тс/м}^2.$$

Интенсивность боковой нагрузки определяем по формуле:

$$P_б = \gamma\left(k_p \cdot a_1 + 0{,}5h\right) \cdot \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi^к}{2}\right). \qquad (3.8)$$

Где γ – объемный вес, $\varphi^к$ - кажущийся угол внутреннего трения (для условий задачи известняков).

$$P_б = 2{,}68(1 \cdot 2{,}6 + 0{,}5 \cdot 3) \cdot \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{85'}{2}\right) - 0{,}02 \text{ тс/м}^2.$$

3.2. Определение размеров поперечного сечения стойки крепления (задание № 11)

Подобрать сечения круглой деревянной стойки крепления выработки, пройденной на глубине 100 м в породах, объемный вес которых $\gamma = 2{,}4$ тс/м^3; ***имеющийся угол внутреннего трения*** $\varphi^* = 65°$.

Исходные данные: размеры выработки: $в = 4{,}2$ м, $h = 3{,}0$ м, $[\sigma]_{сж}$ - 120 кгс/см^2.

Расчетная схема представлена на рис. 3.3

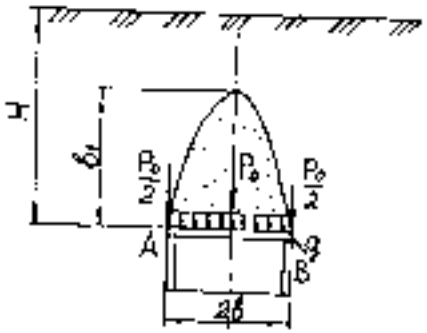


Рис. 3.3 Расчетная схема

При условии, что расстояние между рамами крепи $l_р = 1$ м, то величину вертикальной нагрузки определяем по формуле

$$P_в = q = \frac{4}{3} \cdot \frac{в^2}{f} \cdot \gamma, \qquad (3.9)$$

где $в$ - полупролет выработки; γ - объемный вес породы; f – коэффициент трения породы, равный

$$f = \operatorname{tg} \varphi^*. \qquad (3.10)$$

$$f = \operatorname{tg} 65° = 2{,}145.$$

$$P_в \quad q \quad \frac{4}{3} \cdot \frac{4{,}2^2}{2.145} \cdot 2{,}4 \quad 26{,}3 \text{ тс/м}.$$

Величины сосредоточенных нагрузок в центре P_0 и на краях верхнего элемента крепи P_A, P_B (см. рис. 3.3) вычисляем по формулам

$$P_0 = q \cdot 2в; \qquad (3.11)$$

$$P_A = P_B = \frac{P_0}{2}. \qquad (3.12)$$

$$P_0 = 26{,}3 \cdot 2 \cdot 4{,}2 = 221 \text{ тс};$$

$$P_A = P_B = \frac{221}{2} = 110{,}5 \text{ тс}$$

Подбор сечения стоек ведется методом последовательных приближений с использованием коэффициента умекьшения основного допускаемого напряжения φ.

Для первого приближения задаем $\varphi_1 = 0{,}5$, тогда площадь определяем по формуле

$$S_1 = \frac{P_A}{[\sigma_{сж}] \cdot \varphi_1} \qquad (3.13)$$

$$S_1 = \frac{110500}{120 \cdot 0{,}5} = 1842 \text{ см}^2.$$

Диаметр стойки определяем по формуле

$$d_1 = 2\sqrt{\frac{S_1}{\pi}}. \qquad (3.14)$$

$$d_1 = 2\sqrt{\frac{1842}{3{,}14}} = 48 \text{ см}.$$

Радиус инерции сечения определяем по формуле

$$i = \sqrt{\frac{\pi d_1^4}{64} : \pi \frac{d_1^2}{4}} = \frac{d_1}{4}, \qquad (3.15)$$

$$i = \frac{48}{4} = 12 \text{ см}^2.$$

Гибкость стойки определяем по формуле

$$\lambda = \frac{\mu l}{i}, \qquad (3.16)$$

где μ - коэффициент длины стойки, зависящий от способа закрепления концов стойки; для заданных условий, когда один конец стержня жестко заделан, а другой свободен, принимаем $\mu = 2$;
l – длина стойки, см; i - минимальный радиус инерции поперечного сечения стойки, см.

$$\lambda = \frac{2 \cdot 300}{12} = 50.$$

По таблице 3.1 находим значение $\varphi_1' = 0{,}80$.

Таблица 3.1

Значение коэффициента φ

λ	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
φ	1	0,99	0,97	0,93	0,87	0,80	0,72	0,60	0,48	0,40	0,31	0,25	0,22	0,18	0,16

Отсюда допускаемое напряжение на устойчивость определяем по формуле:

$$[\sigma]_y = [\sigma]_{\text{пер}} \cdot \varphi_1'; \qquad (3.17)$$

$$[\sigma]_y = 120 \cdot 0{,}80 = 96 \text{ кгс/см}^2.$$

Действительное напряжение определяем по формуле

$$\sigma = \frac{P_A}{S_1}; \qquad (3.18)$$

$$\sigma = \frac{110500}{1842} = 60 \text{ кгс/см}^2 < [\sigma_y].$$

Вычисления выполняются до тех пор, пока $[\sigma_y] \geq \sigma$. Значение диаметра d_1 при котором получается это неравенство, принимается за поперечный размер стойки.

В том случае, если $[\sigma_y] < \sigma$, необходимо увеличить сечение стойки, а следовательно, уменьшить значение коэффициента φ.

Для второго приближения $\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi_1'}{2}$, для третьего $\varphi_3 = \frac{\varphi_2 + \varphi_2}{2}$ и т. д.

В данном случае $[\sigma_y] \geq \sigma$, поэтому принимаем значение диаметра стойки $d_1 = 48$ см

3.3. Нагрузка на крепь вертикальных стволов шахт (задание № 12)

а) Определить, на какой глубине ствола радиусом r_0, пройденного в песчаниках, можно для определения давления использовать как формулу М. М. Протодьяконова и Н. С. Булычева.

Исходные данные: $\gamma = 2{,}69$ тс/м^3; $\varphi = 45°$; $Hc = 500$ м; $r_0 = 4{,}2$ м.

Метод Булычева – метод сползающего объема пород вокруг ствола. Давление на крепь определяется весом сползающего объема (рис. 3.4), отделённого от остальной, недеформируемой части массива, поверхностью скольжения.

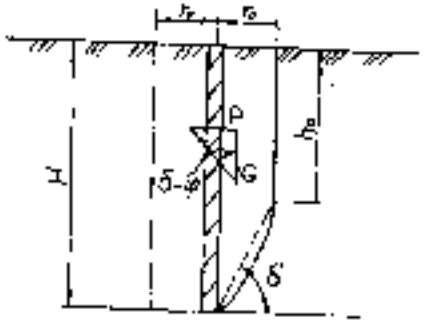


Рис. 3.4 Расчетная схема к определению нагрузки на крепь методом Булычева

Расчетное давление на крепь определяется по следующим выражениям:

$$P = \gamma r_0 \left(\operatorname{tg}(\delta - \varphi) - \frac{B_1}{2B_2 \cos^2(\delta - \varphi)} \right), \qquad (3.19)$$

где

$$\delta = \operatorname{arctg}\left[\sec\varphi \left(\sqrt{1 + 2\frac{Hc}{r_0}} \operatorname{tg}\varphi - \cos\varphi \right) \right]; \qquad (3.20)$$

$$B_1 = \sin 2\delta + \sin 2(\delta - \varphi) - 4\frac{H}{r_0}\cos^2\delta; \qquad (3.21)$$

$$B_2 = 2\frac{Hc}{r_0}\sin 2\delta + \cos 2\delta - \cos 2(\delta - \varphi); \qquad (3.22)$$

$$\delta = \operatorname{arctg}\left[\sec 45° \left(\sqrt{1 + 2\frac{500}{4.2}} \operatorname{tg}45° - \cos 45° \right) \right] = 87{,}25°;$$

$$B_1 = \sin 174{,}5° + \sin 84{,}5° - 4\frac{H}{4{,}2}\cos^2 87{,}25° = 1{,}091 - 0{,}002H;$$

$$B_2 = 2\frac{500}{4{,}2}\sin 174{,}5° + \cos 174{,}5° + \cos 84{,}5° = 21{,}92.$$

Получаем:

$$P = 2{,}69 \cdot 4{,}2\left(\operatorname{tg}42{,}25° - \frac{1{,}091 - 0{,}002H}{2 \cdot 21{,}92 \cdot \cos^2 42{,}25°} \right) =$$

$$= 11{,}3 \cdot \left(0{,}908 - \frac{1{,}091 - 0{,}002H}{24{,}021} \right).$$

Подставляя в полученную выше формулу различные значения H, получаем (таб. 3.2).

Таблица 3.2

Значения давления на крепь ствола по методу Н. С. Булычёва

H, м	10	20	30	40	50	60	70	80	90
P, тс/м^2	9,747	9,766	9,775	9,785	9,794	9,804	9,813	9,822	9,832

H, м	100	110	120	130	140	150	200	250	300
P, тс/м^2	9,841	9,851	9,860	9,869	9,879	9,888	9,935	9,982	10,029

Максимальная величина давления составит:

$$P_{max} = \frac{\gamma r_0}{\operatorname{tg}\varphi} = \frac{2{,}69 \cdot 4{,}2}{\operatorname{tg}45} = 11{,}3 \text{ тс/м}^2.$$

Метод профессора М. М. Протодьяконова основан на аналогии с плоскими подпорными стенками. Давление на крепь вертикального ствола оказывает вес породы за счет сползающей призмы (рис. 3.5)

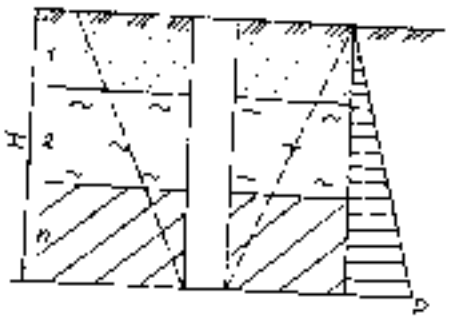


Рис. 3.5 Схема к определению нагрузки на крепь ствола по методу Протодьяконова

Определение нагрузки производится по формуле

$$P = \gamma H \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right); \qquad (3.23)$$

Подставляя в формулу (3.23) различные значения H, получаем значения давления на крепь (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Значения давления на крепь ствола по методу М. М. Протодьяконова

H, м	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90
P, т/м^2	0	9,23	11,54	13,85	16,46	23,08	27,69	32,31	36,92	41,54	

H, м	100	150	200	250	300	350	400	450	500
P, т/м^2	46,15	69,23	92,31	115,38	138,46	161,54	184,61	207,69	230,77

Используя полученные результаты (см. табл. 3.2 и 3.3), строим графики зависимости $P = f(H)$ (рис. 3.6). Находим глубину H, при которой значения давления на крепь, полученные по методу Н. С. Булычева и М. М. Протодьяконова еще совпадают.

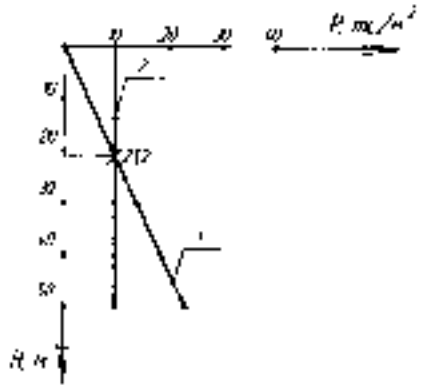
Аналитический метод решения:

$$\gamma \cdot r_0\left[\operatorname{tg}(\delta-\varphi)\cdot\frac{B_1}{2B_2\cos^2(\delta-\varphi)}\cdot\ldots\right] = \gamma \cdot H \operatorname{tg}^2\left(45-\frac{\varphi}{2}\right);$$

$$11{,}3\cdot\left(0{,}908-\frac{1{,}091-0{,}002H}{24{,}021}\right) = 2{,}69\cdot H\cdot\operatorname{tg}^2\left(22{,}5^0\right);$$

$$0{,}260-0{,}513+0{,}00094H = 0{,}462\,H;$$

$$H = 21{,}16\text{ м}.$$



1 - метод М.М. Протодьяконова

2 - метод Н.С. Булычева

Рис. 3.6 Давление на крепь стволов по результатам расчётов

Вывод: для данных условий можно использовать как формулу Протодьяконова, так и формулу Булычёва до глубины ствола, равным 21,2 м. Определение глубины графическим и аналитическим метода дали одинаковые результаты.

*б) **определить максимальное давление и нагрузки, оказываемые засыпкой из щебня на горизонтальный полок, установленный в реконструируемом стволе радиусом r_0.***

Исходные данные: породы - глины твердой консистенции; ν = 0,35; r_0 = 2,18 м; γ = 2,16 т/м^3; c = 4,0 кПа = 0,04 т/м^2; φ = 23°.

Расчет производим по формуле, характеризующей конвенцию опускающегося столба породы (см. рис. 3.1)

$$P = \frac{\gamma e - c}{\lambda \cdot \operatorname{tg}\varphi}\left[1 - \exp\left(-\lambda \frac{H}{e}\operatorname{tg}\varphi\right)\right]. \qquad (3.24)$$

Максимальное давление определяется взятием частной производной, и приравниваем ее к нулю.

$$P(H) = 0.$$

$$\frac{\partial P}{\partial H} = \frac{\gamma e - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi}\cdot\frac{\gamma e - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi}\cdot\exp\left(-\lambda \frac{H}{e}\operatorname{tg}\varphi\right) - \frac{\gamma e - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi}\exp\left(-\lambda \frac{H}{e}\operatorname{tg}\varphi\right)\frac{\lambda}{e}\operatorname{tg}\varphi = 0.$$

$$\frac{\gamma e - c}{e}\exp\left(-\lambda \frac{H}{e}\operatorname{tg}\varphi\right) = 0, \qquad (3.25)$$

Коэффициент бокового давления определяем по формуле (1.6):

$$\lambda = \frac{0{,}35}{1 - 0{,}35} = 0{,}54.$$

Подставляем известные данные в формулу (3.26)

$$\frac{2{,}16 \cdot 2{,}18 - 0{,}04}{2{,}18}\exp\left(-0{,}54 \cdot \frac{H}{2{,}18}\cdot \operatorname{tg}23^\circ\right) = 0.$$

$$2{,}14\exp(-0{,}105H) = 0 \Rightarrow \exp = 0, \text{ при } H \to \infty.$$

$$P_{max} = \frac{\gamma e - c}{\lambda \operatorname{tg}\varphi}; \qquad (3.26)$$

$$P_{max} = \frac{2{,}16 \cdot 2{,}18 - 0{,}04}{0{,}54 \cdot \operatorname{tg}23^\circ} = 20{,}17 \text{ т/м}^2.$$

4. УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

4.1. Определение критического смещения крепи (задание № 13)

Определить величину перемещения крепи $U_к$, при котором разграничивается применение податливой и жесткой крепи.

Исходные данные: $c = 0$ мПа; $\gamma = 2{,}0$ т/м^3; $H = 72$ м; $r_1 = 4{,}2$ м; $\varphi = 20^\circ$; $G = 100$ мПа; $\nu = 0{,}28$.

Упруго-пластическая модель массива горных пород имеет две зоны: упругую I и пластическую II (рис. 4.1), в которых распределение напряжения подчиняется соответственно закону Гука и закону пластического течения – условию Кулона-Мора, при этом упругие деформации предшествуют пластическим (см. рис. 4.1, *а*).

Необходимо построить график равновесного состояния системы «массив-крепь».

Определение координат точки A ($U_к$; $P_к$) (рис. 4.2), соответствующей переходу от линейных деформаций к нелинейным, производится по формуле

$$P_к = \gamma H(1 - \sin\varphi); \qquad (4.1)$$

$$P_к = 2 \cdot 72(1 - \sin 30^\circ) = 72 \text{ т/м}^2.$$

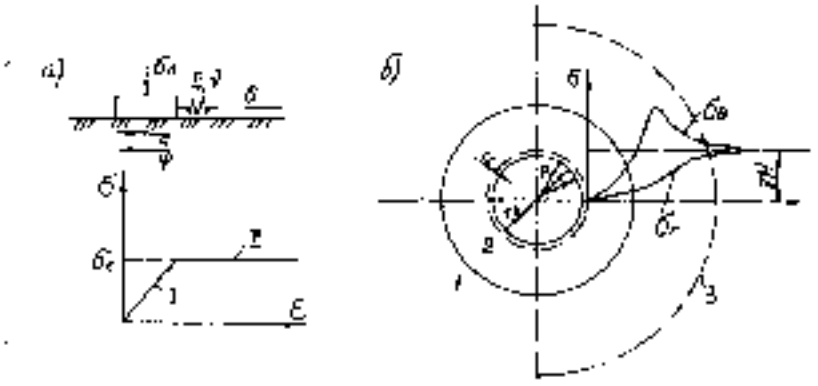
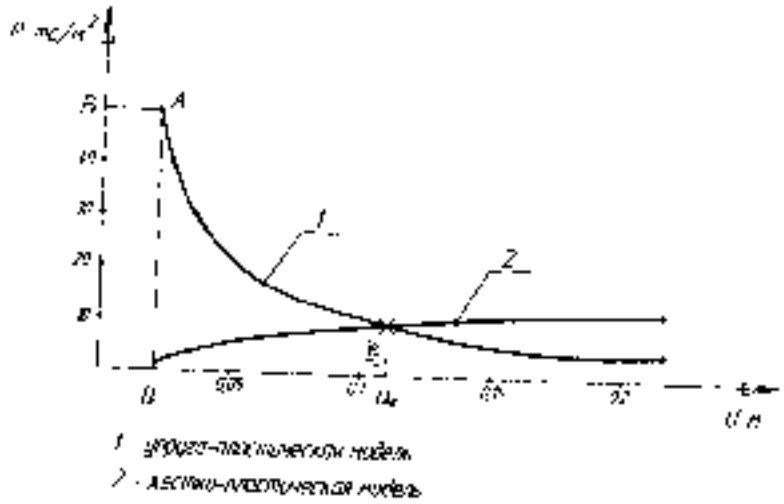


Рис. 4.1. Схема упруго-пластической модели.
а–1 – область упругих деформаций; II – область пластических деформаций.
б–1 – зона упругих деформаций, 2 – зона пластических деформаций;
3 – граница влияния выработки



1 – упруго-пластической модели
2 – жестко-пластической модели

Рис. 4.2. График равновесных состояний

Величину перемещения U_1 определяем по формуле

$$U_1 = r_0 \frac{\gamma H}{2G}\left(1 - \frac{P_c}{\gamma H}\right); \qquad (4.2)$$

$$U_c = 4{,}2\ \frac{2 \cdot 72}{2 \cdot 10^4}\left(1 - \frac{72}{2 \cdot 72}\right) = 0{,}015 \text{ м}.$$

Полученные значения P_c и U_c откладываем на осях P и U (см. рис. 4.2).

Давая P различные значения ($P < P_c$) получаем соответствующие им значения радиуса зоны пластических деформаций, который вычисляется по формуле

$$\frac{r_c}{r_0} = \left[\frac{\gamma H}{P}(1 - \sin\varphi)\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad (4.3)$$

где $\alpha = \dfrac{2 \cdot \sin\varphi}{1 - \sin\varphi}$.

$$\alpha = \frac{2\sin 30^\circ}{1 - \sin 30^\circ} = 2.$$

$$\frac{r_c}{r_0} = \left[\frac{2 \cdot 72}{P}\left(1 - \sin 30^\circ\right)\right]^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{72}{P}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Зная значения $\dfrac{r_c}{r_0}$ вычисляем соответствующие им смещения контура выработки при увеличении зоны пластических деформаций по формуле

$$U = r_0 \frac{\gamma H}{2G}\left(\frac{r_c}{r_0}\right)^2 \sin\varphi; \qquad (4.4)$$

$$U = 4{,}2 \cdot \frac{2 \cdot 72}{2 \cdot 10^4}\left(\frac{r_c}{r_0}\right)^2 \sin 30^\circ - 0{,}015\left(\frac{r_c}{r_0}\right)^2.$$

Результаты приведены в табл. 4.1. По полученным данным строится график зависимости $P = f(u)$ (см. рис. 4.2).

Таблица 4.1

Вычисление давления на кровлю и смещения контура выработки

Давление на кровлю P, тс/м²	$\frac{r_c}{r_0}$	Смещение контура выработки U, м	Жестко-пласт. модель	
			выработка, U, м	давление на кровлю P, тс/м²
50	1,20	0,022	0,84	1,60
40	1,34	0,027	1,44	2,64
30	1,55	0,036	2,31	4,04
20	1,90	0,054	3,77	6,08
10	2,68	0,108	7,07	9,59
5	3,80	0,216	11,74	12,71

Рост смещения контура выработки сопряжён с уменьшением давления на крепь (см. рис. 4.2). Предоставляя крепи возможность деформироваться, податливая крепь обеспечивает снижение нагрузки на крепь. Однако увеличение смещения ведет к росту пластической деформации, т. е. все большей объем горного массива заключён между крепью и границей зоны. Это может привести к отрыву какой-то части массива и образованию либо свода обрушения, либо опускающегося столба пород, верхней границей которого будет граница зоны пластических деформаций.

Для условий задачи предположим, что образуется столб пород. Тогда, используя жёстко-пластическую модель массива при отсутствии сцепления пород, имеем

$$P_{ст} = \frac{\gamma \cdot r_0}{2\lambda \cdot \operatorname{tg}\varphi}\left[1 - \exp\left(-2\lambda \frac{H}{r_0} \cdot \operatorname{tg}\varphi\right)\right], \qquad (4.5)$$

при этом высота столба H будет ограничиваться радиусами зоны пластических деформаций $r_п$, т. е.

$$H = r_п \cdot \eta_0 = \eta_0\left(\frac{r_п}{r_0} - 1\right). \qquad (4.6)$$

Значения давления на крепь от действия опускающегося столба пород определяем по формуле (4.6) и записываем в табл. 4.1.

Соответственно, зная значения H, легко вычислить и значения давления на крепь от действия опускающегося столба пород (см. табл. 4.1).

На основании полученных данных - $U_{ст}$ и $P_{ст}$ - строится график зависимости $P_{ст} = f(U_{ст})$ (см. рис. 4.2).

Точка пересечения графиков 1 и 2 – критическое значение перемещения крепи, $U_{кр} = 0{,}11$ м, которое показывает, что дальнейшее использование податливой крепи необоснованно, т. е. необходимо переходить на жесткую крепь, рассчитанную на заданную нагрузку.

5. УСТОЙЧИВОСТЬ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК

5.1. Расчет ленточных целиков (задание № 14)

До какой глубины рационально использовать оборудование шириной 3,9 м, при отработке рудного тела с оставлением ленточных целиков, при $[\sigma_{сж}] = 8860\frac{тс}{м^2}$, мощностью рудного тела m = 10 м, $\gamma_{ср} = 2{,}8\frac{тс}{м^3}$; $\gamma_0 = 3{,}6\frac{тс}{м^3}$, n = 1,5. Критерий рациональности - величина потерь (оставление в целике) $П$ < 30 %. Требование по технике безопасности: ширина камеры $A \geq 3\,a$, где a – ширина оборудования.

Принимаем $П$ потери = 30 %; $\frac{x}{A} = 0{,}3$; => $x = A \cdot 0{,}3 = 4{,}5$ м.

Под устойчивостью горных пород понимается их способность сохранить форму и размеры обнажений, образуемых при строительстве горных выработок.

При расчете несущей способности целиков в условиях упругого деформирования и хрупкого разрушения полагается, что целики воспринимает вес всей толщи налегающих пород в пределах площади выработанного пространства. По этому методу размеры ленточных целиков определяют по теории прочности Мора, в предположении, что целики работают в условиях одноосного сжатия.

Для ленточных целиков (рис. 5.1, *а*) ширина целика определяется по формуле

$$x = \frac{A}{\frac{[\sigma_{сж}]}{n \cdot H \cdot \gamma_{пор\phi}} - \frac{h_0\gamma_0}{H \cdot \gamma_{пор}} + 1}, \qquad (5.1)$$

где A – ширина камеры, м; h_0 – высота целика (мощность залежи), м; γ_0 – объемный вес породы в целике, тс/м^3; $\gamma_{пор}$ – средний объемный вес породы над целиком, тс/м^3; n – коэффициент запаса прочности; H – глубина, м.

Для столбчатых целиков, окружённых выработанным пространством в виде камер с поперечными размерами A x B (рис. 5.1, б) ширина целика определяется по формуле

$$x = \frac{A + A\dfrac{B}{L}}{\dfrac{[\sigma_{сж}]}{n \cdot H \cdot \gamma_{пор}} - \dfrac{k_0 \gamma_0}{H \cdot \gamma_{пор}} - \dfrac{B}{L}}; \qquad (5.2)$$

где L - длина столбчатого целика.

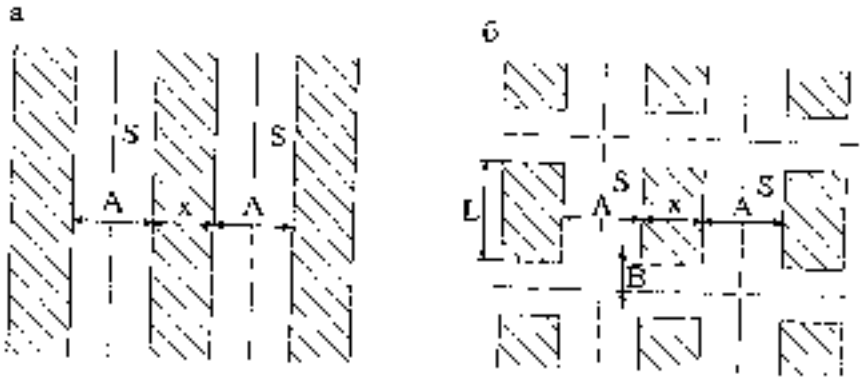


Рис. 5.1. Схема к определению размеров целиков:
а) ленточные целики; б) столбчатые целики.

Из формулы (5.1) выражаем H и находим глубину, при которой рационально использовать оборудование шириной a по формуле:

$$H = \frac{\dfrac{[\sigma_{сж}]}{n \cdot \gamma_{пор}} - \dfrac{k_0 \gamma_0}{\gamma_{пор}}}{\left(\dfrac{A}{x} + 1\right)}; \qquad (5.3)$$

$$H = \frac{\dfrac{8860}{1,5} - \dfrac{10 \cdot 3,6}{2,8}}{3,33 + 1} = 486,5 \text{ м}.$$

Таким образом, для заданных условий данное оборудование рационально использовать до глубины 486,5 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Булычев, Н. С. Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

Булычев, Н. С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1989. – 270 с.

ГОСТ 20522-96 "Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний"

ГОСТ 21153.8-88 - Породы горные. Метод определения предела прочности при объемном сжатии.

Новые в содержание горных пород и крепи сооружений: методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Горное давление» для специальности 09.01 "Маркшейдерское дело"/сост. Ю. И. Турицын, Г. В. Матонин, З. А. Киселёва; Уральский горный институт. – Екатеринбург: УГИ, 1992. – 46 с.

Зотеев, О. В. Геомеханика: учебное пособие / О. В. Зотеев, В. А. Осипов. – Екатеринбург: УГГА, 1997. – 128 с.

Кацауров, И. Н. Механика горных пород / И. Н. Кацауров. – М.: Недра, 1981. – 166 с.

СНиП 2-01-07-85 «Нагрузки и воздействия».

СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы».

СНиП 32-02-2003 «Метрополитены».

СНиП 32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные».

СНиП II-94-80 «Подземные горные выработки».

СНиП II 94-80 «Тоннели железнодорожные и автодорожные».

Турицын, Ю. И. Горная геомеханика. Ч. 2: учебное пособие / Ю. И. Турицын, В. Н. Яковлев. – Екатеринбург: УГГГА, 2001. – 192 с.

Турчанинов, И. А. Основы механики горных пород / И. А. Турчанинов, М. А. Иофис, Э. В. Каспарьян. – Л.: Недра, 1989. – 488 с.

Шуцкий, А. С. Определение нагрузки на крепь горных выработок: учебное пособие / А. С. Шуцкий. – Свердловск, 1979. – 77 с.

Индивидуальные поправки

Алфавит	Фамилия	Имя	Отчество
	N1	N2	N3
А	5	140	70
Б	10	135	65
В	15	130	60
Г	20	125	55
Д	25	120	50
Е	30	115	45
Ж	35	110	40
З	40	105	35
И	45	100	30
К	50	95	25
Л	55	90	20
М	60	85	15
Н	65	80	10
О	70	75	5
П	75	70	140
Р	80	65	135
С	85	60	130
Т	90	55	125
У	95	50	120
Ф	100	45	115
Х	105	40	110
Ц	110	35	105
Ч	115	30	100
Ш	120	25	95
Щ	125	20	90
Э	130	15	85
Ю	135	10	80
Я	140	5	75

Примечание. Индивидуальные поправки определяются по начальным буквам (инициалам) фамилии, имени, отчества. Например, Гущин Пётр Евгеньевич получает следующие поправки: N1=20, N2=70, N3=45.

Корректировка исходных данных заданий

Номер раздела	Номер задания	Корректировка в исходные данные заданий
1.2	1	$\sigma_1 = 547 - N1;\ \sigma_3 = 226 - N2;$ [МПа]
1.3	2	$H = 39 + N3;$ [м]; $\varepsilon_x = 6 \cdot 10^{-3} - (0{,}01 \cdot N3) \cdot 10^{-3}$
1.4	3	$H = 790 - N2;\ \eta_0 = 2 + (0{,}01 \cdot N1);$ [м]
1.5	4	$H = 1200 - N3;$ [м]; $\varepsilon_y = 1{,}66 \cdot 10^{-4} - (0{,}01 \cdot N1) \cdot 10^{-6};$ $\varepsilon_y = 0{,}03 \cdot 10^{-4} + (0{,}01 \cdot N2) \cdot 10^{-4}$
1.6	5	$\eta_{0(1)} = 2 + (0{,}01 \cdot N1);\ \eta_{0(2)} = 2{,}8 - (0{,}01 \cdot N2);$ $l = 47 + (0{,}1 \cdot N3);$ [м]
1.7	6	$H = 100 + N1;\ \eta_0 = 2{,}5 + (0{,}01 \cdot N3)$ [м]
1.8	7	$H = 280 + N2;\ \eta_0 = 2{,}8 + (0{,}01 \cdot N1)$; [м]
2.2	8	$H = 750 - N1$, [м]; $[\sigma_{сж}] = 51 + (0{,}1 \cdot N3);$ $[\sigma_1] = 106 + (0{,}1 \cdot N2);$ [МПа]
2.3	9	$a = 5 + (0{,}01 \cdot N1)$; [м]; $[\sigma_p] = 260 + N2;$ $[\frac{тс}{м^2}]$
3.1	10, а	$2a = 3{,}6 + (0{,}01 \cdot N3)$; [м]
3.1	10, б	$2a = 3{,}0 - (0{,}01 \cdot N1)$; [м]
3.2	11	$H = 100 + N2;\ h = 3{,}0 + (0{,}01 \cdot N2)$; [м]; $[\sigma]_{дер} = 120 + (0{,}1 \cdot N1);$ $[\frac{кгс}{см^2}]$
3.3	12	$H = 500 + N1,\ \eta_0 = 4{,}2 + (0{,}01 \cdot N3)$; [м]
4.1	13	$H = 72 + N2;\ \eta_1 = 4{,}2 + (0{,}01 \cdot N1)$; [м]
5.1	14	$a = 3{,}9 + (0{,}01 \cdot N1)$; [м]; $[\sigma_{сж}] = 8860 - N3;$ $[\frac{тс}{м^2}]$

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров
«____» _____ 20____ г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.Б.1.29 ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Специальность
21.05.04 Горное дело
Специализация № 4 «Маркшейдерское дело»

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2019

Автор: Жабко А.В., доцент, к.т.н.

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрен методической комиссией факультета
Маркшейдерского дела	Горно-технологического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Гордеев В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 09.04.2019 г.	Протокол № 7 от 19.04.2019 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург-2019

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа обучающихся (СРО) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРО, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и назва-

ния, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса обучающимся необходимо:

самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

Темы на самостоятельное изучение выдаются студентам на лекционных занятиях.

1. Определение геомеханики как фундаментальной части горной науки.
2. Свойства горных пород и массивов
3. Естественное напряженное состояние горного массива
4. Методы изучения горного давления
5. Математические модели горного массива
6. Методы решения задач механики сплошной среды
7. Управление горным давлением
8. Опорное давление
9. Расчет нагрузок на крепь
10. Динамические проявления горного давления
11. Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.

ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Основы горной геомеханики» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине [1-5]. Работа с материалом должна носить системный характер.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если обучающийся предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

Тема 1: Определение геомеханики как фундаментальной части горной науки.

1. Содержание и задачи дисциплины.
2. Теоретическое и практическое значение геомеханики для маркшейдеров и горняков.
3. Связь курса с другими дисциплинами.
4. Предмет, объекты изучения.
5. Задачи геомеханики.

Тема 2: Свойства горных пород и массивов

1. Классификация свойств горных пород.
2. Плотностные, прочностные и деформационные характеристики горных пород.
3. Роль трещиноватости в формировании свойств горных массивов.
4. Методы определения свойств горных массивов.
5. Коэффициент структурного ослабления.
6. Исходные физико-механические характеристики горных пород и массивов

Тема 3: Естественное напряженное состояние горного массива

1. Напряженное состояние нетронутого массива горных пород как упругой среды.
2. Напряженное состояние массива раздельно-зернистых пород.
3.Влияние тектонических сил при оценке напряженного состояния массивов горных пород.
4. Методы определения естественных напряжений на малых базах.
5. Методы определения естественных напряжений на больших базах.

Тема 4: Методы изучения горного давления

1. Общие сведения о методах изучения горного давления.
2. Методы измерений в натурных условиях.
3. Предметное моделирование.
4. Метод эквивалентных материалов.
5. Поляризационно-оптический метод.
6. Математическое моделирование.
7. Аналитические методы исследования напряженно-деформированного состояния и прочности горных пород.
8. Применение моделей сплошных и дискретных сред

Тема 5: Математические модели горного массива

1. Математические модели горного массива: упругая.
2. Математические модели горного массива упругопластическая.
3. Математические модели горного массива жесткопластическая.

Тема 6: Методы решения задач механики сплошной среды

1. Аналитические методы решения.
2. Задача Кирша, Буссинеска, Фламана.
3. Бигармоническое уравнение и его приложения.
4. Теорема Леви-Митчела.
5. Приближенные методы решения задач теории упругости.
6. Метод конечных элементов.
7. Метод граничных интегральных уравнений.

Тема 7: Управление горным давлением

1. Общие сведения об управлении горным давлением.
2. Способы, повышающие устойчивость выработок.
3. Параметры управления горным давлением, снижающие нагрузку.
4. Расчет опорных целиков.
5. Расчет закладочных смесей.

Тема 8: Опорное давление

1. Опорное давление.
2. Теории горного давления.

Тема 9: Расчет нагрузок на крепь

1. Общие сведения о расчете нагрузок на крепь.
2. Методы расчета нагрузок на крепь горизонтальных горных выработок.
3. Методы расчета нагрузок на крепь наклонных горных выработок
4. Методы расчета нагрузок на крепь вертикальных горных выработок.
5. Методы механики подземных сооружений.

Тема 10: Динамические проявления горного давления

1. Общие сведения о динамических проявлениях горного давления.
2. Классификация динамических явлений.
3. Причины возникновения и механизм горных ударов.
4. Условия возникновения внезапных выбросов и представление о их механизме.

Тема 11: Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.

1. Прогноз и профилактика динамических проявлений горного давления.
2. Прогнозирование динамических проявлений горного давления на основе локального геофизического резонанса.
3. Опыт разработки удароопасных месторождений.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Основы горной геомеханики*» обучающемуся рекомендуется:

Повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы горной геомеханики*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

Рекомендуемая литература

1. Туринцев Ю.И., Яковлев В.Н. Горная геомеханика ч. 2. Горное давление при подземной разработке месторождений: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, 2001. – 192 с..

2. Макаров А.Б. Практическая геомеханика: пособие для горных инженеров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.

3. Зотеев О.В. Геомеханика: Учебное пособие. — Екатеринбург: УГГУ, ИГД УРО РАН, 2003. — 252 с.

4. Учебное пособие “Горная геомеханика. Ч.2. Горное давление при подземной разработке месторождений” по специальности 21.05.04 «Горное дело».

5. Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине “Основы горной геомеханики”для студентов специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Маркшейдерское дело» (МД), Сост.: В.Н.Яковлев, УГГУ, Екатеринбург, 2019. 63 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

А.В.Гальянов

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Учебно-методическое пособие

к самостоятельной работе
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение
1.Повторение материала лекций
2.Самостоятельное изучение тем курса
3.Подготовка к практическим занятиям
4.Подготовка к опросу и экзамену
5. Вопросы по темам самоподготовки
Рекомендуемая литература

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие является руководством к самостоятельной работе обучающихся по дисциплине «Математическая статистика в горном деле». Этот процесс предусматривает непосредственную работу с рекомендованной литературой.

Теоретические вопросы рассматриваются в учебном пособии «Математическая обработка результатов измерений», в котором приводятся основные приемы и методы сбора, систематизации и обработки информации массовых явлений, процессов, множеств сведений. На примерах из практики горного производства иллюстрируется возможность использования классических вероятностных схем при статистическом анализе процессов горного производства, результатов массовых измерений, наблюдений, опробования и оценки качества минерального сырья.

Самостоятельная работа по освоению программы курса «Математическая статистика в горном деле» предполагает возможность получить консультацию и разъяснения по возникшим вопросам у преподавателя в отведенное для этого время.

Форма контроля, предусмотренная учебным планом - экзамен.; Теоретические вопросы дисциплины распределены по экзаменационным билетам. На подготовку отводится 40-60 минут. Оценка знаний производится в пятибалльной системе.

2.ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

Конспект лекций является подсобным материалом при самостоятельной работе при освоении тем курса дисциплины. В разделе 5 данных «методических указаний » приведены ключевые вопросы каждой темы и ссылки на литературные источники, в которых они раскрываются. Работая с этой литературой целесообразно делать записи и пометки, которые помогут при подготовке к экзамену.

3.САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

Самостоятельная работа над дисциплиной «Математическая статистика в горном деле» включает в себя освоение теоретической части по рекомендуемым литературным источникам. Освоению теоретической части поможет раздел 5 данных «методических указаний», где весь курс дисциплины распределен по темам с указанием разделов в рекомендуемой литературе.

Содержание тем дисциплины

Содержание теоретических (лекционных) занятий

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

Содержание и задачи дисциплины, ее теоретическое и практическое значение для маркшейдеров. Связь курса с другими дисциплинами. Предмет, объекты изучения и задачи статистических исследований.

Тема 2: Виды случайных величин. Генеральная совокупность выборка

Понятие случайной величины. Условия применимости методов математической статистики к анализу информационных сведений. Понятие генеральной совокупности сведений. Выборки из генеральной совокупности сведений.

Тема 3: Обработка статистических сведений. Количественные характеристики и оценка представительности статистических сведений

Метод моментов. Геометрическая интерпретация первого и второго начального моментов. Оценка погрешностей статистических характеристик. Оценка значимости расхождения статистических характеристик двух независимых выборок. Основы закона больших чисел.

Тема 4: Основы корреляционного анализа. Парная корреляция. Корреляция трех совместных событий

Корреляция как понятие. Статистический анализ двух совместных событий. Корреляционное поле, метод обработки спорной корреляции. Количественные показатели корреляции и оценка их значимости. Корреляция

трех совместных событий как частный случай множественной корреляции, метод обработки.

Тема 5: Математические модели для описания эмпирических зависимостей. Многофакторные модели первого порядка

Виды математических моделей для представления зависимости между двумя показателями. Строгий и упрощенные методы определения неизвестных констант в уравнениях связи. Уравнения плоскостей и поверхностей параболического типа.

Тема 6: Законы статистических распределений случайных величин

Виды случайных величин (дискретные и непрерывные). Классические вероятностные схемы случайных событий, связь между характеристиками распределений случайных событий. Геометрические особенности распределений случайных величин. Нормальный закон распределения случайных величин и его значимость в системе естественных наук.

4.ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Подготовка к практическим занятиям есть из составляющих общего процесса освоения дисциплины. Она включает в себя подбор необходимых методических материалов и средств для выполнения практических занятий.

5.ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ И ЭКЗАМЕНУ

Подготовка обучающихся к опросу и экзамену является заключительным этапом самостоятельной работы по освоению программы курса дисциплины «Математическая статистика в горном деле». Она состоит в проверке усвоенных знаний путем ответов на вопросы, которые представлены в «Методическом пособии», на основании которого составлены экзаменационные билеты.

Примеры вопросов в билетах

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

БИЛЕТ №

по дисциплине _____Математическая статистика в горном деле_____

содержание билета: 1. Краткая историческая справка становления статистики.

2.Объект, предмет, цель и задачи математической статистики.

Составил __Гальянов А. В._____ "Утверждаю"
"_6_"__марта_ 2019 г. Зав. кафедрой : _____В. А. Гордеев

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

БИЛЕТ №

по дисциплине _____Математическая статистика в горном деле_____

содержание билета: 1. Понятие о статистической совокупности. Генеральная_____
совокупность. Виды выборок._____

Составил __Гальянов А. В._____ "Утверждаю"
"_6_"__марта_ 2019 г. Зав. кафедрой : _____В. А. Гордеев

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

БИЛЕТ №

по дисциплине _____Математическая статистика в горном деле_____

содержание билета: 1. Основные положения Закона больших чисел._____._

Составил __Гальянов А. В._____ "Утверждаю"
"_6_"__марта_ 2019 г. Зав. кафедрой : _____В. А. Гордеев

6.ВОПРОСЫ ПО ТЕМАМ САМОПОДГОТОВКИ

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины

1. Что такое математическая статистика. Объект, предмет, цель и задачи статистических исследований?
2. Назовите основные этапы развития и становления математической статистики?
3. Какие предпосылки стимулировали возникновение и развитие теории вероятностей и математической статистики?

[1-Введение, п.2.1-2.3]

Тема 2: Виды случайных величин. Генеральная совокупность, выборка

1. Раскройте сущность понятий случайная величина, случайное событие?
2. Какими основными признаками характеризуются случайные величины?
3. Раскройте сущность понятий качественная однородность, внешняя независимость, внутренняя связанность?
4. Что такое генеральная совокупность информационных сведений?

5. Какими количественными характеристиками оценивается совокупность случайных величин?
6. Что такое выборка из генеральной совокупности? Назовите виды выборки?
7. Какие принципы закладываются в требования к объему выборки?

[1-п.2.2-2.4, 2.6]

Тема 3: Обработка статистических сведений. Количественные характеристики и оценка представительности статистических сведений

1. Назовите формы представления статистических сведений?
2. Что такое частота, частость и вероятность появления события?
3. Каков физический и геометрический смысл среднего значения?
4. Что характеризует стандартное отклонение случайной величины?
5. Какова сущность понятий ошибка и погрешность измерений?
6. В чем состоит сущность метода моментов в процедуре вычислительных действий при статистической обработке?
7. Как оценить точность статистических характеристик?
8. Как оценить значимость расхождений средних значений двух независимых выборок?
9. Как оценить значимость расхождения стандартных отклонений двух не зависимых выборок?
10. В чем состоит сущность закона больших чисел?
11. Что характеризуют первый и второй начальные моменты в схеме обработки статистических данных?
12. Раскройте сущность классового интервала в схемах статистической обработки информационных сведений, какое условие закладывается в обоснование классового интервала?

[1-п.2.4,2.7,4.1-4.7]

Тема 4: Основы корреляционного анализа. Парная корреляция. Корреляция трех совместных событий

1. Что такое корреляция как понятие? Назовите основные термины и понятия корреляционного анализа?
2. Назовите основные задачи корреляционного анализа и примеры из практики горного производства?
3. Назовите критерий и его свойства при оценке точности связи между двумя совместными событиями?
4. Что такое корреляционное поле и как оно формируется?
5. Что такое коэффициент корреляции, его свойства и геометрическая интерпретация?
6. Объясните схему вычислений корреляционной таблицы?

7. Как рассчитываются статистические характеристики в корреляционном анализе?
8. В чем отличие между коэффициентом корреляции и корреляционном отношении?
9. В чем сущность «ложной» корреляции?
10. Назовите сущность корреляционного анализа качественных признаков и ранговой корреляции?

[1-п.5.1-5.7]

Тема 5: Математические модели для описания эмпирических зависимостей. Многофакторные модели первого порядка

1. Назовите виды математических моделей двух переменных величин?
2. Покажите на примере сущность метода наименьших квадратов определения констант в математических моделях, аппроксимирующих экспериментальные данные?
3. Покажите на примере упрощенный способ решения параболических моделей аппроксимации опытных данных?
4. Покажите на примере упрощенный способ решения степенной функции, аппроксимирующей опытные данные?
5. Покажите на примере упрощенный способ решения показательной функции, аппроксимирующей опытные данные?
6. Как оценить тесноту связи между двумя показателями, которая аппроксимируется нелинейной функцией?

[1-п.6,7]

Тема 6: Законы статистических распределений случайных величин

1. Назовите сущность альтернативных событий. Вероятностная схема Бернулли как основа биномиального закона распределения?
2. Расскажите сущность вероятностной схемы распределения Пуассона. Основные соотношения между вероятностными характеристиками?
3. Назовите особенности закона равномерного распределения случайных событий?
4. Назовите особенности экспоненциального закона распределения случайностей событий?
5. Назовите особенности вероятностной схемы случайных событий, приводящих к нормальному закону распределения. Распределение случайных ошибок как модель нормального распределения?
6. В чем геометрическая сущность распределения Рэлея?

[1-п.8,9]

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гальянов А.В. Математическая обработка результатов измерений: учебное пособие. Изд.:2-е, испр., доп. / А.В. Гальянов; Урал.гос.горный ун-т.т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2010. 316 с.
2. Теория ошибок измерений и уравнительные вычисления: учеб. пособие / В.А. Гордеев. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. - 429 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Гальянов А.В.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Учебное пособие

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело
специализация «Маркшейдерское дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург

2019

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 7

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ 10

1.1. Алгоритм научно-познавательной деятельности 10

1.2. Структура теоретического знания 16

1.3. Основы организации и проведения эксперимента 23

2. СТАТИСТИКА КАК ОБЛАСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ 31

2.1. Краткая историческая справка становления статистики 31

2.2. Объект, предмет, цель и задачи математической статистики 51

2.3. Основные термины и понятия 55

2.4. Виды случайных величин и формы их представления 58

2.5. Связь математической статистики с теорией вероятностей 67

2.6. Понятие о статистической совокупности. Генеральная совокупность. Выборка 69

2.7. Основные положения Закона больших чисел 73

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ 75

3.1. Задача Бюффона 75

3.2. Оценка гранулометрического состава взорванной горной массы 84

3.3. Оценка степени разведанности контуров рудных тел 90

3.4. Оценка горно-геометрических графиков 96

4. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ 105

4.1. Оценка точности результатов измерений при малом количестве наблюдений 105

4.2. Обработка совокупности статистических сведений. Метод моментов 106

4.3. Оценка погрешности среднего значения и дисперсии выборки 115

4.4. Значимость расхождения средних значений двух независимых выборок 118

4.5. Значимость расхождения дисперсий двух независимых выборок 122
4.6. Требования к объему выборки 127
4.7. Оценка устойчивости статистической функции распределения совокупности 130
4.8. Непараметрический критерий проверки статистических гипотез 133
4.9. Методический подход к обоснованию представительности массы пробоотбора при оценке качественных характеристик рудной массы . 141
4.10. Полная обработка статистических распределений случайных величин..... 144

5. ОСНОВЫ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА..... 156

5.1. Термины и понятия 156
5.2. Задачи корреляционного анализа..... 159
5.3. Корреляционное поле 163
5.4. Корреляционная таблица и ее обработка методом моментов 169
5.5. Оценка тесноты корреляционной зависимости..... 181
5.6. Элементы статистики качественных признаков..... 190
5.7. Корреляционное отношение как мера тесноты связи нелинейных зависимостей между случайными величинами 194
5.8. Ранговая корреляция..... 201
5.9. Ложная корреляция..... 204

6. ПОДБОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АППРОКСИМАЦИИ ЭМПИРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ 211

6.1. Линейная функция $y=ax+b$ 211
6.2. Параболическая функция $y=\sum_{0}^{n} a_n x^n$ 217
6.3. Степенная функция $y=ax^n$ 220
6.4. Показательная функция $y=ae^{bx^n}$ 224

7. ЭЛЕМЕНТЫ МНОЖЕСТВЕННОЙ КОРРЕЛЯЦИИ 230

7.1. Корреляция между тремя совместными событиями 231

7.2. Схема экспертной оценки 242

7.3. Линейная модель многофакторного анализа 248

7.4. Модель поверхности второго порядка 251

8. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ СХЕМЫ ДИСКРЕТНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН 253

8.1. Испытания Бернулли. Биномиальное распределение 253

8.2. Геометрическое распределение (Распределение Фарри) 258

8.3. Распределение Паскаля 260

8.4. Гипергеометрическое распределение 262

8.5. Распределение Пуассона 264

9. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ СХЕМЫ НЕПРЕРЫВНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН 270

9.1. Закон равномерной плотности 270

9.2. Распределение Симпсона (треугольное распределение) 272

9.3. Экспоненциальное (показательное) распределение 274

9.4. Нормальное (гауссово) распределение 275

9.5. Двумерное нормальное распределение 278

9.6. Вероятность попадания случайной точки на плоскости в заданную область. Распределение Рэлея 285

9.7. Многомерное нормальное распределение Максвелла 288

9.8. Распределение модуля нормально распределенной случайной величины 291

9.9. Логарифмически нормальное (логнормальное) распределение 292

9.10. Распределение монотонной функции одного случайного аргумента .. 295

9.11. Распределение Вейбулла 297

Распределение Вейбулла при $n = 1$ превращается в экспоненциальное распределение, и при $n = 2$ – в распределение Рэлея. 299

9.12. Гамма – распределение 299
9.13. Обобщенная модель распределения случайных величин 300
9.14. Распределение качественно однородных случайных величин при их объединении..... 304

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ ПО РАЗДЕЛАМ..... 311

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА 316

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее второе издание представляет собой значительно расширенный и переработанный курс лекций по дисциплине «Математическая обработка результатов измерений», читаемый студентам по программе подготовки специалистов горного профиля. При этом мы ставили перед собой задачу проиллюстрировать на ярких примерах из практики горного инженера приемы обработки информации, ее осмысление и графическое представление. И сегодня, когда существуют прекрасные программы для компьютерной обработки информации, совершенно не исключен диалог «Пользователь − ЭВМ». Напротив, компьютерные технологии предполагают, что пользователь программного обеспечения в первую очередь выступает в диалоге с компьютером как специалист-технолог и только потом уже − как оператор, обслуживающий программу. Компьютер − механизм быстрого счета, а не «панацея от всех зол». Он никогда не исключит необходимости присутствия рядом вдумчивого и грамотного человека.

Мы сочли возможным включить в это издание раздел, излагающий основные методологические аспекты научно-познавательной деятельности, предполагая при этом, что курс этой дисциплины ориентирован не только на студенческую аудиторию, но и на соискателей ученых степеней, инженеров и научных работников.

Бурное развитие горного производства в XX в способствовало становлению горной науки как области естественнонаучных знаний о рациональной и эффективной отработке месторождений полезных ископаемых. Определяющую роль в этом процессе сыграли исполь-

зование и развитие математических методов при решении широкого круга задач, выдвигаемых горным производством. Одна из особенностей горной науки состоит в том, что освоение месторождения сопровождается таким потоком информации, с которым даже современная вычислительная техника не в состоянии справиться. Сюда входят весь спектр геологических сведений, материалы разведки и подсчета запасов, текущая информация о технологических процессах, состояние оборудования, экологический мониторинг, поток экономических сведений и операций и многие другие сведения. Естественно, что в этих условиях развитие и разработка методов обобщения информации, придания ей наглядности, объемности, концентрированности (сжатости) составляют важное направление исследований, которое неразрывной нитью связывает математические дисциплины с дисциплинами горной науки. Ярким примером тому служит создание проф. П. К. Соболевским нового (на момент начала XX в) научного направления в горном деле – геометризации месторождений полезных ископаемых.

Объектами изучения в «Геометрии недр» являются геохимическое поле, природные и технологические процессы, развивающиеся во времени. Геометрия форм и свойств геологических объектов, а также закономерности формирования качества минерального сырья в процессе отработки месторождений выступают предметом изучения. Поскольку все природные явления и процессы протекают в системе сложных и многообразных причинно-следственных соотношений, результирующие проявления содержат в себе как закономерную, так и «случайную» составляющие. Методы распознавания, разделения и

оценки уровня значимости этих двух факторов в информационном потоке сведений о месторождении и технологических режимах добычи полезных ископаемых составляют главное содержание горно-геометрического анализа.

Ознакомление с вероятностными методами исследования позволяет овладеть современным комплексом вероятностно-статистических знаний, необходимых для решения широкого круга горно-геометрических задач, выдвигаемых практикой геологоразведочных работ и отработки месторождений полезных ископаемых.

Книга может оказаться полезной в решении широкого круга инженерных задач и потому не имеет ограничений в специальности исследователя. Изложение в ней ориентировано на владение математическими знаниями в объеме читаемого курса в технических высших учебных заведениях.

Автор выражает искреннюю благодарность профессору, доктору техн. наук В. А. Гордееву за поддержку в работе над учебным пособием, а также Н. А. Барабошкиной и Ж. И. Пионтик за техническую помощь в подготовке рукописи к изданию.

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Научное исследование есть многогранный процесс получения нового знания через отражение окружающей действительности в сознании человека.

1.1. Алгоритм научно-познавательной деятельности

Тезис "наука – производительная сила" в системе общественных отношений получил статус стратегического направления развития цивилизации во второй половине XX века. Этому способствовало продуктивное развитие математики, физики, химии, электроники, биологии, с одной стороны, и металлургии, станко- и машиностроения, увеличения масштаба производства горно-добывающего комплекса, с другой. Научно-познавательная деятельность отдельных "фанатов" вышла за пределы скромных лабораторных помещений, переместив центр тяжести в специализированные лабораторные комплексы, академические институты, опытные промышленные производства – сформировалась индустрия научного знания. Весь XX век прошел под влиянием материалистической концепции в сфере науки и общественных отношений; приобрела четкие контуры гносеология не только как область философских знаний, а в большей степени как технология получения нового рационального знания.

Знание связывается с умственной деятельностью человека и представляет собой информированность о некоторой совокупности

сведений о чем-нибудь или о чем-либо. Из этого следует, что знание как категория гносеологии проявляется в двух формах – сохранение в памяти информационных сведений и продуцирование из этих сведений нового, неизвестного ранее знания. Познавательная деятельность связывается с функционированием второй сигнальной системы коры головного мозга. Таким образом, знание есть синтез определенного объема сведений об объекте внимания в сознании человека.

Знание обладает свойством востребованности, и поэтому оно развивается целенаправленно в полном соответствии с требованиями эпохи; знание всегда конкретно, что находится в полном соответствии с многообразием проявления «агрессивности» окружающей среды обитания человека и необходимостью, в связи с этим, реакции человека на ее воздействие. Продуцированные знания могут "опережать свое время", соответствовать потребностям своего времени, отставать (в силу консервативности общественной мировоззренческой ауры) от своего времени. Знаний никогда не бывает много, знания генерируются в умах отдельных субъектов, а принадлежат всем, передаются из поколения в поколение, постоянно накапливаются, тем самым расширяя сектор взаимодействия Человека с Природой. Новое знание формируется этапно, проходя последовательно от эвристических форм к научным: фантазия, интуиция, догадка, идея, концепция, гипотеза, теория. Регулирующая и управляющая функции сознания проявляются в форме веры (принятие за истину чего-либо без доказательства), мнения и суждения, сомнения и убеждения (рис. 1.1).

Знание

Синтез сведений об объекте внимания в сознании человека

Форма отображения в сознании

Вера − признание неочевидного за истину чего-либо без доказательства

Мнение − высказанная точка зрения

Суждение − логическое построение утверждения

Убежденность − абсолютная уверенность в истинности чего-либо

Сомнение −отсутствие твердой (абсолютной) уверенности в истинности чего-либо

Воображение − конструирование мнимого образа

Мировоззренческая концепция − умозрительное восприятие окружающего мира

Форма проявления знания
Компетентность
Профессиональность

Форма представления и использование знания

Представление	**Использование**
Эвристическое	Инновация
Догадка	
Интуиция	
Эмпирическое	Объяснение − раскрытие Сущности
Набор эмпирических сведений	
Научное	Прогнозирование, расчет
Концепция	
Гипотеза	
Теория	

Рис. 1.1. Принципиальная структурная схема формирования знания

Вера есть обязательный атрибут индивидуального сознания; принятие на веру чего-либо означает признание истинности некоего суждения о вещах вовсе не очевидных для субъекта и, может быть, даже не известных ему, но утверждаемых некоторыми авторитетами. Аксиоматика (принятие без доказательства) и постулирование (утверждение без доказательства) лежат в основаниях теоретического знания.

Мнение как высказанная точка зрения предполагает наличие некоторых знаний и представлений об объекте и предмете обсуждения. Мнение – это всегда предположение, т. е. точка зрения, оцениваемая некоторой вероятностью по отношению к истине.

Суждение предусматривает достаточно строгое логическое построение утверждения, опирающееся на некоторые базовые знания о предмете обсуждения. Выраженная вслух мысль отражает отношение субъекта к сути предмета обсуждения.

Убежденность и сомнение как две стороны одной медали составляют диалектическое противоречие между абсолютным и относительным знанием, определяют степень эмоционального возбуждения субъекта в процессе дискуссии или публичного выступления.

Всякое суждение предполагает образность мышления («Если знаешь, то покажи, а не можешь показать − значит, ничего-то ты и не знаешь» (П. К. Соболевский)). Конструирование мнимого образа есть важнейшая функция головного мозга в управлении рефлекторной деятельностью через **воображение и запоминание**. Все это вместе взятое формирует мировоззренческую концепцию человека (субъекта) как умозрительное восприятие и отображение окружающего мира.

Формы проявления знания и его отражение в сознании находятся в диалектическом единстве и противоречии. Противоречия эти не антагонистические, а своим синтезом дополняют друг друга, равноправно участвуя в расширении наших представлений об окружающем мире. Знание конкретно и потому целенаправленно; его появление связывается с создателем (субъектом), и потому оно индивидуально и адресно; знание обладает новизной, пока не станет достоянием общественности и не приобретет одну из форм своего использования.

Рассмотрение познавательной деятельности в виде процесса приводит к необходимости введения понятия «технология» в контексте его прямой транскрипции как совокупности способов, средств и знаний, получения новых сведений об объекте исследования. Познавательная деятельность связывается с аналитической работой мозга и выполнением определенного объема механической работы субъектом. От интуиции к догадке, а от нее к идее − таковы первые шаги к рациональному знанию, к его Олимпу − теоретическому осмыслению и представлению причинно-следственных взаимосвязей.

Каждый человек в силу социальной структуры организации общества имеет широкий круг общения и обмена различными сведениями с членами общества, что повышает уровень его информированности, осведомленности, уровень эрудированности и энциклопедичности.

Народная мудрость, уходящая своими корнями, по-видимому, в античный мир, гласит: «Если хочешь стать богаче, поделись с ближним самым дорогим для тебя». Ученик спрашивает у своего учителя: «Скажи, Учитель, как стать богатым?» После раздумья Учитель отве-

тил: «Если мы с тобой обменяемся монетами равного достоинства, ни ты, ни я не станем богаче. У нас по-прежнему в кармане будет одна монета. Но если мы обменяемся знаниями, то и ты, и я станем богаче в два раза». Это, вероятно, единственная в природе ситуация, когда $(-a) + a = 2a$.

Обширность знаний − это широта горизонта мысленного обозрения окружающего мира. Многосторонность и обширность сведений характеризуют энциклопедичность знаний. Энциклопедисты − высоко интеллектуальные личности, «ходячий банк сведений», они обладают прекрасной памятью, им свойственны глубокие обобщения и выдвижение идей.

Компетентность личности есть свидетельство обширных знаний в определенном секторе научных проблем и задач в определенной области ее научной специализации. Когда К. Гаусса попросили ответить на вопрос, что такое математика, он ответил: «Математика есть то, что под этим понимают компетентные люди». Дифференциация научных знаний создает предпосылки для все более глубокого проникновения к источнику причинно-следственных взаимодействий в явлениях природы и общественных отношениях, открывая новые особенности, свойства, явления и законы этого взаимодействия. Всё в мире связано, но не всё в состоянии охватить разум одного человека − коротка жизнь, бесконечен поток информации. Сегодня порой быстрее и дешевле вновь открыть что-либо, чем отыскать нужное в океане информационных сведений. Знание, подкрепленное умением, определяет уровень профессионализма человека.

Знание представляется в форме изложения концепций, гипотезы, теории, отражая тем самым глубину и широту знаний. Концепция есть системное изложение сущности; гипотеза есть своеобразная модель явления или процесса, связывающая отрывочные сведения в единую, логически не противоречивую систему; теория − завершающая ступень познания, устанавливающая жесткую детерминированную связь между причиной и следствием в системе знаний, принятых за основу. Естественно, что рациональное знание воплощается в практической деятельности человека через объяснение чего-либо, прогнозирование, инженерный расчет, инновацию и т. д., что, собственно говоря, и делает знания производительной силой в общественном развитии.

Таким образом, структурно процесс познания (рис. 1.2) может быть представлен (образно) информационным потоком от явления природы к субъекту через осмысление, синтезирование, принятие решения и действие.

1.2. Структура теоретического знания

То, что вкладывается нами в понятие «мышление», в повседневном общении есть способность мозга конструировать образы в форме воображения, сопоставлять, синтезировать, принимать решение и передавать команду всей совокупности управляющих и исполняющих органов. Мышление есть проявление сложных биофизических и химических реакций, происходящих в коре головного мозга и организме под воздействием внешнего раздражителя, в качестве которого выступает окружающая среда.



Рис. 1.2. Обобщенная структурная схема процесса познания

Мышление есть биопроцесс выработки «управляющих команд» для нашего организма, которые в первую очередь направлены на обеспечение самозащиты и нормального функционирования в условиях его существования. Низшие формы мышления связываются с функционированием первой сигнальной системы коры головного мозга (инстинкты), высшие связываются с действием второй сигнальной системы, что, собственно, и отличает человека от остального мира млекопитающих. Речь и аналитическая работа мозга − главные атрибуты мыслительной деятельности человека.

Мышление как форма работы мозга определяет процесс познавательной деятельности человека. Сама же деятельность рассматривается как целенаправленный процесс приобретения, освоения и получения новых знаний. Изучением этого процесса занимается наука гносеология, что буквально означает «теория познания».

С определенной долей условности формы проявления познавательной деятельности можно представить в последовательности от первого ознакомления с явлением до выяснения причинно-следственных соотношений. Естественно, что приобретение знаний начинается с целенаправленного наблюдения и сбора сведений об объекте осмысления. Первая инстинктивная реакция на внешнее воздействие со стороны возбудителя ощущений − «Внимание! Опасность!». После сбалансированности системы «опасность − защита − не опасно» возникает любопытство со своими вопросами − «Что это такое? Что это значит?» Ощущение опасности временно затормаживается в сознании, происходит накопление сведений и осмысление степени полезности и опасности их для жизни. Структурно этот про-

цесс может быть представлен в виде последовательности операционной деятельности мозга:

- ***контакт*** «субъект − объект». Объект выступает как источник некоторого вида физического воздействия на наши органы чувств. Субъект в этом случае является «приемным устройством», которое воспринятые ощущения передает на обработку мозгу;
- ***восприятие*** (прием) сведений. Поток сведений, поступающих извне, распределяется по центрам коры головного мозга, запоминается;
- ***осмысление***. Центр инстинкта «опасности» в коре головного мозга вырабатывает соответствующую защитную реакцию. Отсутствие прямой опасности для жизни возбуждает у субъекта любопытство, любопытство удовлетворяется наблюдением, закреплением в памяти, сопоставлением с известным (первые начала анализа). Сравнение и сопоставление вырабатывают первые очевидные обобщения, закрепляют его в памяти как «факт»;
- ***синтезирование***. Накопленный определенный объем сведений концентрируется в виде образа, понятия и его сущности. Раскрытие формы и содержания причинно-следственных соотношений и представляет собой процесс получение нового знания, процесс познавательной деятельности. Это этап эвристической деятельности мозга.

Структурно познавательную деятельность можно разделить на формы эмпирического и теоретического знания (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Принципиальная схема видов познавательной деятельности

Основу эмпирического знания составляет преобладание формального представления сущности явления, фиксирование факта.

Статистическая обработка сведений, представление тенденций и закономерностей в виде эмпирических уравнений и мнемонических правил наиболее контрастно характеризуют эмпирические знания. В противопоставление этому теоретическое знание делает упор на раскрытие сущности явления через установление формы воздействия системы независимых факторов на явление, аналитическое описание и объяснение причин этого воздействия. Теоретическое знание позволяет прогнозировать воздействие и управлять им. Оно базируется на

объективных и достоверных сведениях, догадках, образном мышлении.

Существуют два метода познания – индуктивный и дедуктивный (рис. 1.4). По отношению друг к другу это противоположности, которые, однако, не существуют отдельно, они образуют диалектическое единство. Индуктивный метод познавательной деятельности предусматривает изучение явления от частного к общему, от простого к сложному, от эксперимента к теории. Здесь Человек находится как бы в центре Мира, пытаясь объять необъятное. Через отдельные частности он постигает этот мир сначала достаточно продуктивно, затем поток информации достигает предела насыщения для конкретного человека, переизбыток сведений формирует шумовой экран, энтропия системы знаний возрастает, назревает кризисная ситуация, требующая пересмотра всего достигнутого, известного с иных концептуальных позиций, руководствуясь иными идеями. Человек и Мир меняются местами – Человек встает над этим Миром, охватывая его в своем мышлении.

Из хаоса частных сведений формируется новое, объемное, масштабное представление. От общего к частному, от целого к деталям – вот основа дедуктивного метода. Классическим историческим примером этому служит смена геоцентрической картины мира на гелиоцентрическую в первой половине XVI века Н. Коперником. С этого момента берет свое начало современное научное знание. Диалектический материализм как система взглядов на общие законы развития в XIX веке (К. Маркс, Ф. Энгельс) стал основой теории познания.



Рис. 1.4.– Познание человеком окружающего мира

Создание теории природного явления или процесса предполагает построение логически непротиворечивой конструкции в системе причин и следствий, формы и содержания, явления и сущности. Выработка терминологии, определение понятий, формулирование аксиом, постулатов и исходных концепций, наконец, классифицирование – неотъемлемые составляющие теоретического мышления (рис. 1.5). Венцом теоретического знания является формулирование закона.

1.3. Основы организации и проведения эксперимента

Эксперимент, опыт, организованный в лабораторных условиях, систематическое наблюдение и осмысление составляют основу рационального знания. Проведение эксперимента есть своеобразное искусство, требующее от исполнителя абсолютной честности, высокого профессионализма, решительности, смелости, упорства. Физика, астрономия, биология, химия являют собой классические примеры роли экспериментальных исследований в становлении этих фундаментальных направлений науки. История любой науки предоставляет обширный список своих великих экспериментаторов. Различают физический эксперимент, имитационное моделирование, мысленный эксперимент, включающий и математическое моделирование с использованием технических возможностей вычислительных средств. Эксперимент и опыт как обобщающие понятия всегда целенаправленны и конкретны. Их результат есть фундамент для построения теоретических представлений.

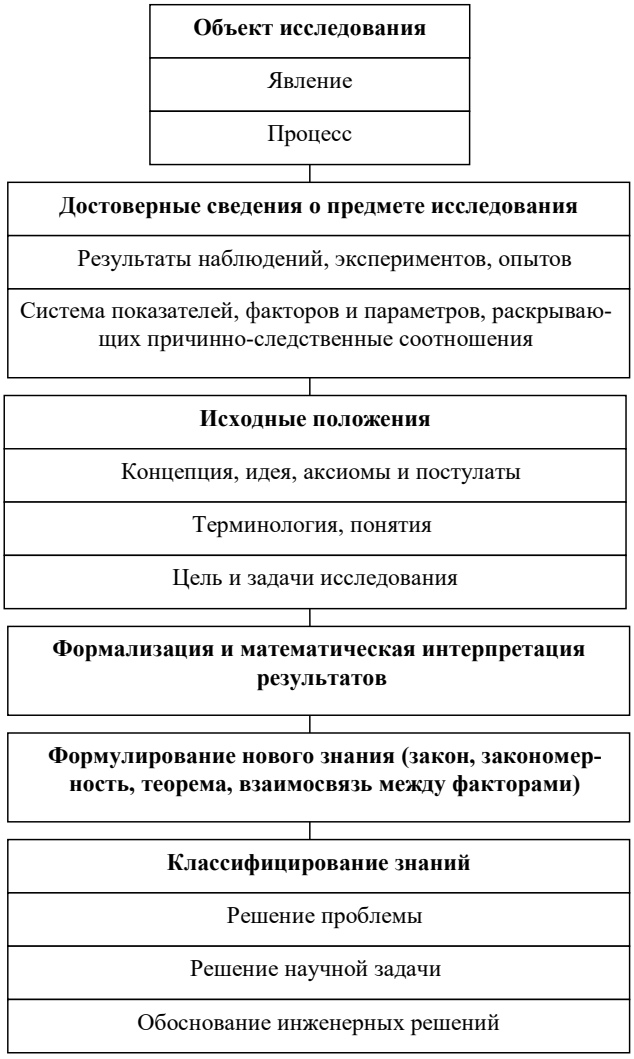


Рис.1.5. Структура теоретического знания

Эксперимент как форма научного исследования всегда производится в условиях задаваемых ограничений как в плане подбора воздействующих факторов, так и в области изменения следствия (функции). Эксперимент реализует принцип познания от частного к общему, и только система поставленных экспериментов создает возможность для их обобщения. Поэтому главная задача эксперимента состоит в получении надежного результата, и это требование определяет весь технологический регламент его проведения. Чем детальней проработана технологическая схема проведения эксперимента, тем меньше степень риска в получении ошибочного результата.

Познавательная сущность эксперимента состоит в установлении формы взаимосвязи между воздействием внешних по отношению к явлению факторов и внутренним механизмом реакции объекта на эти воздействия.

Горная наука как система знаний о рациональном использовании недр – классический пример места эксперимента в разработке технологий добычи полезных ископаемых. Опытным путем человек пришел к выводу о необходимости придания горным выработкам круглой и овальной формы как наиболее эффективной в обеспечении устойчивости открытых поверхностей в очистном пространстве. Противодействие давлению горного массива в районах интенсивных горных работ невозможно без непосредственного изучения физико-механических свойств пород; изучение механики разрушения горных пород взрывом предусматривает проведение экспериментов как в реальных условиях горного предприятия, так и в лабораторных условиях, включая имитационное моделирование и применение компьютер-

ных технологий. Промышленный эксперимент – наиболее сложный и ответственный вид исследования, поскольку он для установившегося технологического режима является инородным элементом, от которого "система" старается освободиться.

Вид эксперимента определяет цель и задачи, которые перед ним ставятся. Алгоритм формулирования цели можно представить как исследование (всестороннее изучение, удовлетворение любопытства) закономерностей, взаимосвязей между некоторыми факторами (причинами) в явлении, процессе, оказывающими определенное влияние на изменения чего-либо (следствие) в наблюдаемом объекте, для использования полученных знаний. В категорию "задач" входит раскрытие путей достижения поставленной цели через решение конкретных вопросов организационного, технологического и аналитического характера. Поэтому ключевым понятием здесь выступает глагол в повелительном наклонении (провести, выполнить, установить и т. д.), направленный на конкретное действие для получения конкретного результата как необходимой составляющей в общей системе знаний. Ясное представление о цели и путях ее достижения есть условие успешного проведения эксперимента. Вместе с тем, цель и задачи, которые ставятся перед экспериментатором, должны корреспондироваться с видом эксперимента. Некорректно, например, ставить перед мысленным экспериментом задачи, которые могут и должны быть решены только в процессе промышленного эксперимента.

Главной задачей промышленного эксперимента следует считать получение ответа на вопросы:

- в какой степени эффективна та или иная инженерная технологическая или организационная разработка;
- насколько технологична испытываемая система;
- какие элементы системы требуют доработки для расширенного ее воспроизводства (внедрение в действующий технологический регламент).

Промышленный эксперимент очень дорогостоящее мероприятие, с одной стороны, и многоплановое в части информативности, с другой. Организация эксперимента начинается с разработки локального проекта с выполнением всех требований и технической документации, оценкой экономической и технологической эффективности. Обязательным элементом промышленного эксперимента является полное описание всех операций, производимых в этот период, хронометраж, фотографирование, ведение журнала. Обсуждение результатов промышленного эксперимента – его завершающая стадия. Детально представленные результаты обработки и осмысления эксперимента позволяют сделать объективное заключение о выполнении поставленных задач. Промышленный эксперимент можно сравнить с военными учениями в боевых условиях. Малейшая несогласованность в операциях может свести все усилия по организации эксперимента на нет, а в оценке результатов появится непредусмотренный фактор неопределенности. Примерами промышленного эксперимента могут служить проведение опытных взрывов на карьерах, испытание новых взрывчатых веществ и схем инициирования, новой техники и отдельных ее узлов, систем отработки и схем рудоподготовки, испытание нового оборудования, инструментов и т. д.

Имитационное моделирование – «домашние игры в войнушку». Здесь реальный технологический процесс или природное явление «загоняется» в жесткие рамки масштаба, как по геометрическим параметрам, так и физическим характеристикам. Подготовка и проведение имитационного моделирования требуют хорошей материальной базы для изготовителя макетного образца в полном соответствии с теорией моделирования. Естественно, что воздействие реальных внешних факторов в полном их многообразии не исключить и не учесть, но зато в таком эксперименте можно целенаправленно изменять, а значит, управлять самим процессом в заданном направлении, создавая условия, которые в промышленном эксперименте могут и не реализоваться.

Имитационное моделирование широко распространено в самолето- и кораблестроении, архитектуре. Геологи совместно с физиками изучают вероятные процессы минералообразования, физико-химические способы обогащения полезных ископаемых; в лабораторных условиях изучаются физико-технические свойства горных пород и такие природные явления, как сегрегация сыпучих сред при формировании насыпных тел, оползни, сдвижение горных пород в бортах карьеров, фильтрация в отвалах горных пород. Изучение процесса выпуска взорванных горных пород через дучки при подземном способе отработки месторождений оказалось возможным только на прозрачных моделях. Создание крупной модели многофункционального и многоразового использования порой обходится в затратах весьма значительных, что накладывает определенные ограничения на

широту экспериментальных задач, но сохраняет высокие требования к подготовке и проведению эксперимента.

Главной особенностью моделирования следует считать то обстоятельство, что полученный результат практически не может быть напрямую перенесен на реальный процесс или явление. Здесь существуют различные переходные коэффициенты, которые вносят искажение в эмпирическое знание. Поэтому основная задача исследований, проводимых на моделях, состоит в установлении принципиальной формы проявления причинно-следственных связей в процессе или явлении. К числу несомненного преимущества этого метода исследования относится возможность повторного проведения эксперимента и изменения некоторых исходных параметров.

Мысленный эксперимент и математическое моделирование широко используются в теоретических исследованиях, которые опираются на некоторые основополагающие закономерности и позволяют получить строгие аналитические выражения для описания процесса или явления. Константы математических выражений приобретают здесь ясный физический смысл, взаимосвязь между причиной и следствием приобретает детерминированный характер.

Современное развитие вычислительной техники значительно расширило возможности математического моделирования в горной науке. Исследование напряженного состояния массива и сдвижения горных пород в районе интенсивного ведения горных работ, оптимизация режимов горных работ и управление горным производством, диспетчеризация технологических потоков и транспортных систем невозможны без автоматизации вычислительных операций. Основное

достоинство мысленного эксперимента, которого нет среди ранее рассмотренных, состоит в том, что он позволяет исследовать многофакторные функции с любой заданной детальностью в любой комбинации изучаемых факторов. Многовариантность, скорость и арифметическая безошибочность вычислительных операций делают этот метод все привлекательней в глубоких и тонких исследованиях технологических процессов. Но этот метод требует большой аналитической работы на стадии формирования алгоритма и его реализации в программном обеспечении исследований.

2. СТАТИСТИКА КАК ОБЛАСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

2.1. Краткая историческая справка становления статистики

Собирание различных исторических сведений, их хронологическое ранжирование, описание событий и т. д. – все это делалось историками, торговцами, послами с древнейших времен. Но только эпоха Возрождения подготовила благодатную почву для развития наук, производства, культуры.

Возникновение статистики стимулировалось потребностью в учете развивающегося мануфактурного производства, сельского хозяйства, налогообложения, а также демографическими аспектами, настоятельными военными и финансовыми потребностями. Человечество в течение неопределенно долгого времени просто использовало результаты своих учетов для непосредственных практических целей: доход, расход, накопление. Потребность в числовых сведениях, что несомненно обеспечивало возможность сравнения и наглядность, привела к изобретению статистических операций, особой статистической системы сбора и обработки информации, которые, тем не менее, соответствовали тогдашнему уровню общественного развития.

К середине XVII в. в Европе созрели объективные предпосылки для изучения естественного движения населения в городах, и первой такой работой принято считать исследования английского купца Дж. Граунта (1620-1674) «Естественные и политические наблюдения, перечисленные в прилагаемом оглавлении и сделанные над бюллете-

нями смертности. По отношению к управлению, религии, торговле, росту, воздуху, болезням и разным изменениям означенного города» (1662). Уже само название говорит о широте охвата статистического материала, относящегося, правда, только к Лондону. Он первый на конкретном примере подметил специфические закономерности, присущие совокупности массовых случайных явлений, показал необходимость критически подходить к отбору и исследованию статистических данных, построил первую таблицу смертности населения. Как главнейшие закономерности он констатировал: рождаемость мальчиков по отношению к девочкам составила 14:13; мужчин умирает больше, чем женщин; смертность выше в начале жизни; смертность в большом городе выше, чем в провинции; осень – нездоровое время года с точки зрения эпидемий; каждый брак в среднем дает 4 ребенка; аборты и мертворожденные составляют около 5 % крещений; ряд болезней и случайностей имеют устойчивый процент среди других причин смерти, в то время как болезни заразные очень колеблются и т. д. Дж. Граунт приблизился к пониманию и объяснению проявления того, что в последующем получит название "Закон больших чисел".

Современником Дж. Граунта был замечательный его соотечественник В. Петти (1623-1687), который в период 1671-1676 гг. подготовил свой знаменитый трактат «Политическая арифметика», увидевший свет, однако, только в 1690 г. Его работы посвящены широкому кругу вопросов экономического, политического, демографического, налогового характера, лейтмотивом которых были экономические выгоды окрепшей к тому времени в Англии крупной буржуазии. К. Маркс признавал за ним приоритет в создании политической эко-

номии, отмечая, что Петти уже сделал первую попытку связать потребительскую стоимость с количеством труда. Сочетание статистического и теоретико-экономического методов изучения тогдашнего общества – величайшая заслуга Петти как ученого. В основном же теоретическом вопросе – законе больших чисел – он стоял далеко позади Граунта.

Продолжателем развития идей Дж. Граунта был известный английский астроном Э. Галлей (1656-1742). В 1693 г. в трудах Королевского общества, основанного в 1622 г. Британской академией наук, опубликованы две его статьи, посвященные оценке смертности по материалам пастора города Бреславля К. Неймана. Он составил таблицы смертности дифференцированно по возрастам, ввел в обращение понятие «вероятной продолжительности жизни», высказал в очень ясной и определенной форме идею закона больших чисел, совершенно сознательно выработал и применил на практике методы устранения «грубых» отклонений. Крупной заслугой Э. Галлея следует считать формулирование проблем формальной теории статистики и безупречное решение большинства из них теоретически. Очень современны его представления на проблему народонаселения: «рост и увеличение человечества не столь сдерживается чем-то, лежащим в природе человека, сколько вследствие осторожности, проявляемой большинством населения при решении вступить в брак, исходя из перспективы иметь заботы и бремя по содержанию семьи».

Непосредственными продолжателями развития идей Петти в Англии были Г. Кинг и К. Давенант, уделившие главное внимание статистике населения. Изучая интенсивность прироста населения,

Г. Кинг первым провел эксперимент по экстраполяции установленных им соотношений назад во времени до 1500 г. до н.э. и вперед до 2300 г. современного летоисчисления. Его представления о численности населения Англии иллюстрируются следующим порядком цифр. За 1500 лет до н.э. в Англии проживало от 100 до 1000 человек, а во всем мире – около 5 млн человек. Когда римляне вторглись на Британский остров в 53 г. до н.э., там уже проживало около 360 тыс. жителей. Ко времени Вильгельма-Завоевателя (1066 г.) население Англии несколько превышало 2 млн человек, в 1260 г. – 2750 тыс. человек. По оценкам К. Кинга, в 1700 г. число жителей страны составляло 5500 тыс. человек (всеобщей переписи населения в то время еще не существовало); к 2000 г. оно должно возрасти до 8280 тыс., а к 2300 г. превысить 11000 тыс. человек. Сегодня мы не можем без доброй улыбки рассматривать его оценки. Отдавая должное этому ученому, мы должны оценивать его вклад в общее развитие идей через призму интеллектуального потенциала того далекого времени. Представив замечательные для своего времени статистические сведения, он первым сделал попытку исчислить финансовые потери Англии от эпидемий, пожара в Лондоне (1666 г.), войн с Голландией и Францией.

Ярким и интересным представителем английской школы политической арифметики является К. Давенант. Ему принадлежит приоритет в попытке свести учение политической арифметики к некоторой системе: установить ее значение для государственного управления. Он рассматривает налоги, торговлю и население как три главных составляющих благосостояния страны. Его главный вывод сводится к утверждению того, что многочисленного населения еще не-

достаточно для процветания страны, необходимо еще хорошее управление ею.

Для развития статистики как способа сбора и обработки информации требовался фундамент, основа, каркас для избежания ошибок и обеспечения объективности. Во все времена опорой научного знания были математические знания. В 1718 г. А. де Муавр публикует труд «Учение о случайностях», а в 1724 г. – «Трактат о пожизненных рентах», где впервые элементы теории вероятностей находят свое приложение к вопросам страхования жизни. В 1740 г. Т. Симпсон издает книгу «Трактат о природе и законах случая». Работы этих двух известных математиков следует оценивать как начало формирования математической теории статистики или в сегодняшней трактовке – математической статистики.

Благодатная почва для становления политической арифметики в конце XVIII в. создалась в Голландии, которая в экономическом отношении была ведущей в числе европейских государств. Здесь большим распространением пользовались ежегодные ренты и тонтины (своеобразная форма займов, впервые введенная во Франции Л. Тонти в 1653 г.). Тонтины – это ежегодные уплаты за занятый капитал, которые распределялись между выжившими. Эти вопросы исследовали Я. Ван Даль, И. Хюдле, И. де Витт, В. Карсеум и другие. Для математической статистики все же большее значение имеют работы Х. Гюйгенса, который в истории математики считается первым систематизатором теории вероятностей. Опираясь на свои исследования по теории вероятностей, он вносит ясность в различие понятий средней и вероятной продолжительности жизни: средняя продолжитель-

ность жизни означает оценку интервала времени между рождением и смертью; вероятная продолжительность жизни указывает на вероятность проживания еще определенного количества лет для каждой возрастной группы людей. Реализовать идеи Х. Гюйгенса пытался И. де Граф, опубликовавший в 1729 г. результаты своих исследований. В достаточно сложной форме изложения он формулирует закон, согласно которому вычисляется вероятность дожить до определенного критического возраста, если ты уже прожил столько-то лет. Вестерворд представил данные И. де Графа в алгебраической форме, которая в современной записи имеет вид

$$y = 1 - \left(\frac{x}{92}\right)^n,$$

где y – есть вероятность дожить до 92 лет (принятый Графом предел человеческой жизни), если ваш возраст достиг x лет ; n – постоянная величина, устанавливаемая эмпирически.

По-своему интересны исследования Н. Стрюйка о смертности населения. Его таблицы смертности ценны тем, что они оценивают продолжительность жизни современного ему поколения. В одной из ранних работ Стрюйк сделал попытку оценить общую численность населения на планете. Он предполагал, что в середине XVIII в. на планете проживало 500 млн человек и что каждый час умирает 2 тыс. человек.

Вклад французских статистиков в формирование политической арифметики следует оценить в большей степени организацией форм сбора и хранения информации. Сюлли, будучи министром финансов с 1599 г. при Генрихе IV, ввел с 1609 г. систему публичных отчетов

Франции, включающую 25 форм. Кольбер продолжал развивать структуру отчетности: он составил подробную инструкцию для сбора и обработки сведений о состоянии финансов, населения, подушной подати и т. д.; им организован архив статистических сведений, благодаря которому сохранилась статистическая документация XVII-XVIII веков. Маршал Франции С. Вобан (1704) систематизирует формы и формуляры сбора информации для переписи населения; в 1746 г. А. Депарсье публикует «Трактат о вероятностях продолжительности человеческой жизни», высоко оцененный Ж. Л. Л. Бюффоном, в котором совершенно отчетливо указывается в качестве основного требования к выборочному методу соблюдение условия «подобия» или в сегодняшнем представлении – соблюдение условия качественной однородности выборки.

Справедливости ради следует отметить, что исследователи истории статистики отмечают, что Германия в XVII- XVIII веках не подарила миру сколь-нибудь новых и интересных идей. Германия еще не сформировалась как государство с сильной централизованной системой управления.

Первым государством, организовавшим государственную статистику населения в полном виде, стала Швеция. В развитии ее демографии ведущую роль играла Академия наук, созданная в 1739 г., и Табельная комиссия, утвержденная королем в 1748 г. Наиболее известными демографами Швеции XVIII в. считаются П.-В. Варгентин, Л.-Ф. Меннадер, Э.-О. Рунеберг, А. Модер, Г. Никандер. Создание специального статистического органа и успешная его работа служили образцом и прообразом для статистических организаций в других

странах. Материалы Табельной комиссии представили общественности достоверные данные о составе населения целой страны.

Для математической теории статистики интерес представляют исследования Д. Бернулли о смертности от оспы, демографические исследования П. С. Лапласа и его аналитические работы по теории вероятностей (1812). Важнейшей заслугой французских исследователей в теоретической статистике является разработка выборочного метода.

В России статистических исследований как системы обобщающего анализа не проводилось вплоть до конца XIX в. Отдельные статьи И. Я. Горлова (1849), В. В. Святловского (1906), К. Ф. Германа (1917), А. А. Кауфмана (1922) носили обзорный, описательный характер того, что сделано за границей, и частично разбросанные сведения о Российском государстве.

Можно указать на три обстоятельства, сдерживавших развитие политической арифметики в России. Это, во-первых, патриархальный уклад государственного обустройства, который стал изменяться коренным образом только с эпохи Петра I; это, во-вторых, обширность территории и, в-третьих, государственная засекреченность в отношении каких-либо цифровых сведений о пополнении казны, о населении и природных ресурсах. Но именно эти обстоятельства побудили необходимость приведения в порядок разбросанных сведений о состоянии государства Российского в начале XVIII в., когда Петр I начал «прорубать окно в Европу». Наперекор всему миру Россия избрала свой путь вхождения в цивилизованное сообщество народов.

Исходным моментом стало составление «Большого чертежа» – прообраза географической карты – на основе абрисных зарисовок XV-XVII веков. Думные дьяки Ф. Лихачев и М. Данилов в 1627 г. составили новую карту и дали ее описание. Не следует, однако, ее представлять как карту сегодняшнего вида. Она представляла собой подобие свода описаний отдельных маршрутов по рекам и дорогам, пути, по которому татары вторгались в Московское государство, расстояния между главными населенными пунктами и еще некоторые сведения.

Петр I в полной мере осознал необходимость детального географического изучения территории России, при нем началась работа по созданию географического атласа и написанию географии. Этот период истории связывают с именами И. Н. Делиля, Л. Эйлера, И. К. Кириллова. Первый русский атлас опубликован в 1734 г. Общественная и государственная деятельность В. Н. Татищева и основателя русской науки М. В. Ломоносова создали предпосылки возникновения экономической географии и организации академией наук экспедиций для изучения территории России. Последняя четверть XVIII в. достаточно насыщена новейшими изданиями обобщающего характера по экономической географии: С. И. Плещеев (1786), Н. Д. Жулковский и М. Антоновский (1795); географические словари (Полунин, 1773; Н. И. Новиков, 1780), М. И. Щербатов (1755-1777), И. И. Голиков (1797).

В истории российской науки почетное и уважительное место отведено Д. Бернулли, жившему в России в период 1725-1733 гг., но на протяжении всей жизни не порвавшему связи с Российской Ака-

демией наук. Ему принадлежат первые попытки статистическим путем разрешить вопрос о значении прививки оспы для уменьшения смертности и продления средней продолжительности жизни (1760). Д. Бернулли, много проработавший над теорией вероятностей, имел правильное представление о значении закона больших чисел для статистики.

Энциклопедический ум М. В. Ломоносова не обошел вниманием его интерес к экономическому и социально-политическому изучению России. Известен его трактат в виде письма графу И. И. Шувалову, в котором он поднимает на государственный статус вопросы политической арифметики и экономической географии.

В истории развития нашей статистической мысли и практики особое место занимает «Наказ императрицы Екатерины II» (1764). Этот наказ следует рассматривать как синтез известных идей в отношении политики народонаселения. В 1786 г. Л. И. Крафт, подытоживая свои наблюдения об естественном движении народонаселения г. Петербурга, высказывает пожелание о создании государственной статистики населения России. Ему следует приписать приоритет в понимании статистических закономерностей как объективного отражения взаимоотношений между постоянными и случайными причинами.

Знаменательным событием в истории отечественной статистической науки является выход в свет семитомного труда М. Д. Чулкова в период 1781-1788 гг., который насчитывает 21 книгу на 14509 страницах в четвертую долю листа (что-то, близкое к современному формату А-4). В определенном смысле этот труд может рассматриваться

как энциклопедическое сочинение, включившее в себя достаточно обширные сведения по политической арифметике на момент написания этого труда.

Все же следует признать, что хотя статистика в XVIII в. и получила широкое распространение, она представляла собой в большей степени описательный предмет. Фундаментальный характер она стала приобретать по мере насыщения математическими знаниями.

Таким образом, статистическая мысль к XIX в. подготовила объективные предпосылки к переходу на качественно новый уровень исследований, связанный с формулированием математической статистики как основы для широкомасштабного, организованного на единой научной платформе изучения массовых случайных событий с широким привлечением теории вероятностей, выборочного метода и обоснованием закона больших чисел.

Работы Д. Бернулли (1700-1782), П. С. Лапласа (1749-1827), К. Гаусса (1777-1855), А. Кетле (1796-1874) стали теми первыми аккордами, которыми начинается симфония. С именем К. Гаусса связывается развитие теории случайных ошибок, установление закона их распределения, получившего название «нормального» или «Гаусса», разработка метода наименьших квадратов.

Чрезвычайно важным фактом в развитии математической статистики следует считать основание в 1891 г. Уэлдоном, Ф. Гальтоном (1822-1911) и К. Пирсоном (1857-1936) журнала «Биометрика», посвященного изучению биологических проблем с помощью статистических методов.

Первые основания теории корреляции заложены Ф. Гальтоном при изучении наследственности у человека; К. Пирсон совершенствует систему обработки статистических сведений, разрабатывает метод парной корреляции, вводит для оценки тесноты связи понятие коэффициента корреляции и схему его вычисления, разрабатывает математические модели для описания эмпирических кривых распределения показателей. Шведский астроном Шарлье (1931) расширил область эмпирического использования нормального закона распределения и распределения Пуассона, введя поправки за третий и четвертый начальные моменты.

Плодотворным для теории математической статистики был XX век, сформировавший все направления этой новой научной дисциплины, которая устойчиво скреплена фундаментальными исследованиями А. М. Ляпунова, П. Л. Чебышева, А. А. Маркова, Е. Е. Слуцкого, А. Я. Хинчина, Стьюдента (Госсета), Н. И. Идельсона, Р. А. Фишера, М. Кендэла, Дж. Неймана, В. Феллера, А. Н. Колмогорова, В. И. Романовского, А. К. Митропольского, К. Пирсона, С. Н. Берштейна, Б. Л. Ван дер Вардена, Б. В. Гнеденко, Н. В. Смирнова, Н. Арлея, Я. И. Лукомского, А. С. Чеботарева, О. В. Сармонова, А. А. Чупрова, Т. Андерсона и еще многих-многих других.

Статистика из предмета собирательного превратилась в строгую математическую дисциплину. Область применения математической статистики не ограничена. Она прочно вошла в физику, астрономию, биологию, технические дисциплины инженерных знаний, сельское хозяйство, финансы, социальные науки, в исследование языка и т. д. Можно образно сказать, что математическая статистика это инженер-

ный язык для прочтения содержания «между строчек», заключенного в множестве информационных сведений о событиях и явлениях окружающей нас действительности.

Таблица 2.1

Исторические этапы становления и развития статистики в XVII-XVIII веках

Год	Автор	Работа, область знания
1	2	3
XVII в. 1662	Джон Граунт (1620-1674) Англия	Естественные и политические наблюдения, перечисленные в прилагаемом оглавлении над «Бюллетенями смертности» (Демография)
1679	Вильям Петти (1623-1687) Англия	Политическая арифметика (Экономическая статистика)
1693	Эдмунд Галлей (1656-1742, астроном) Англия	Демографические исследования о смертности и продолжительности жизни
1660	Герман Конранг (1606-1681) Германия	Становление школы государствоведения (курс лекций)
XVIII в.	Ольденбургер **Германия**	Публикация курса лекций Г. Конринга по отрывочным записям
	Мартин Шмейцель (1679-1747)	Курс политико-статистический
	Годфрид Ахенваль (1719-1772)	Описательно-информационный материал по отдельным странам: земля, продукты, население, торговля, деньги, формы правления, государственное устройство и управление и т. д.

Продолжение табл. 2.1

1	2	3
	Август Людвиг Шлёцер (1735-1809)	Табличная статистика. Зарождение идеи сравнительного изучения разных стран в наглядной форме.
1807	А. Ниман	
1741	Анхерсен (1700-1765) Дания	Описание культурных государств в таблицах
1765	Кроме (1753-1833) Германия	О величине и населении всех европейских государств
1766	Мюрэ Германия	Опубликовал в трудах Бернского экономического общества сведения по статистике населения
Вторая половина XVIII в.	**Германия**	Запрет на публикации статистических сведений. Репрессии: пастор Вазер в Цюрихе был казнен
1758	А. Ф. Бюшанг (1724-1793)	Сравнительная статистика. Статистика как часть географии. Вступление к обстоятельному и полезному познанию географического положения и государственного устройства европейских государств и республик
Конец XVII-первая половина XVIII в.	**Англия**	Политическая арифметика

Продолжение табл. 2.1

1	2	3
1696	Григорий Кинг (1648-1712)	Рукописный вариант «Естественные и политические наблюдения и выводы о положении и условиях Англии». Опубликована в 1801 г. Демографическая направленность
1699	Карл Делвенант (1656-1714)	Трактат о вероятных способах, как сделать так, чтобы народ получил выгоды; о торговом балансе
1707	И. Смарт	Таблицы простых процентов и учета
1712	Д. Арбутнот	Установил, что рождаемость мальчиков выше, чем девочек (период 1629-1710 гг.)
1713	В. Дерхем (1657-1735)	Физико-теология или доказательство существования и свойства Бога на основании его мироздания. Попытка объяснить закономерности рождаемости как «справедливое наказание рода человеческого за его грехи, но также мудрое средство держать его в равновесии».
1718	А. де Муавр (1667-1754)	Учение о случайности
1739	В. Мэйтленд	История города Лондона
1740	Т. Симпсон (1710-1761)	Трактат о природе случая
1750	Т. Шорт	Демографические сведения по городам и селам
1759	К. Моррис	Издает сборник бюллетеней смертности 1657-1758 гг.

Продолжение табл. 2.1

1	2	3
1670	**Голландия** Яков Ван Даль	Исследование ренты, публичных займов, продолжительности жизни
	Христиан Гюйгенс (11629-1695)	Первая систематизация теории вероятностей. Показал различия между средней и вероятной продолжительностью жизни
1671	Иоанн Хюуле (1628-1704)	Расчеты по страхованию жизни
1671	И. де Витт	Стоимость пожизненной ренты в сравнении со стоимостью обычной ренты
1729	И. де Граф	Первая попытка установить закон вероятности дожить до 92 лет, если прожито уже *x* лет
1743	Н. Дюайн	Влияние времени года на смертность
1740	Н. Стрюйн (1687-1769)	Статистика мира о народонаселении и смертности. Таблицы смертности
1737-1742	В. Керсебум (1691-1771)	Вопросы демографии. Разрабатывал идею, как найти количество населения на основании данных о рождении и средней продолжительности жизни
1748	Г. Гравесанд	Зарождение идеи выборочного метода и устойчивости средних показателей (Закон больших чисел)
1577	**Франция** Жан Боден	Шесть книг республики. Соображения о пользе статистики

Продолжение табл. 2.1

1	2	3
1596-1611	Сюлли	Организация статистической отчетности в области управления, финансов, торговли и т. д. Организация архивов статистической документации
1662-1670	Кольбер	
1704	С. Вобан (1633-1717)	Таблицы переписи населения. Сведения о рождаемости, состоянии, налогообложении. Обобщение статистических сведений по всей Франции
1709	Ш. Согрэн	
1711	Т. Булэнвилье	
1766	Ж. Бюффон	Геометрическая вероятность. Статистика рождаемости и смертности г. Парижа и его окрестностей. Трактат о вероятностях продолжительности человеческой жизни. Смертность разных групп населения. Первые указания на учет однородности выборочных сведений. Крупный теоретик политической арифметики
1746	А. Депарсье (1703-1768)	
	Германия	
1689	К. Нейман (1648-1715)	Установил отсутствие связи между фазами луны и рождением и смертью человека, а также между годами возраста и кабалистическими (магическими) членами

Продолжение табл. 2.1

1	2	3
1700	Г. В. Лейбниц (1646-1716)	«Исследования по политической арифметике человеческой жизни». Провозгласил принцип: «После добродетели выше всего стоит здоровье»
1721	Д. Голль (1665-1731)	Обширная медицинская статистика по Германии
1737	Х. Кундман (1684-1751)	«Размышления над листами больных и умерших с медицинскими замечаниями»
	Швеция	Демография
1728	Э. Бенцелиус	Создание предпосылок для организации государственной статистики населения Швеции
1746	П. Эльвиус	
1746	И. А. Лантиграузен	
1739		Создание академии наук
1748		Создание Табельной комиссии
1755 1761 1765 1771	Табельная комиссия	Первый доклад по статистике населения. Доклады о положении Швеции
1754-1755	Варгентин (1717-1783)	Шесть статей «Замечания о пользе ежегодных списков новорожденных и умерших в стране»
1766-1809	Э.-Ф. Рунеберг Э.-О. Рунеберг Г. Никандер (1744-1815)	Анализ материалов Табличной комиссии за 40 лет. Разработка методики сбора и обработки статистических сведений по стране

Продолжение табл. 2.1

1	2	3
	Франция	
1761	Ж. Даламбер (1717-1783)	Выступил против исследований Бернулли, посвященных анализу смертности от оспы.
1762-1770	Ж.-Ж. Экспильи (1719-1793)	Издает 6 томов статистических сведений по провинциям Франции
1766	М. Мессанс	«Исследования о населении округов… и нескольких провинций и городов Королевства с размышлениями о цене хлеба во Франции и Англии с 1674 до 1764 гг.». Применил метод параллельных рядов и установил тесную связь заболеваемости и смертности с экономическими условиями
1778	Мохо	«Состояние населения», «Причины прогресса и упадка населения». Систематизировал методы исчисления населения. Отмечает влияние климата на рождаемость
1787	Э. Э. Дювильяр (1755-1832)	Развил теоретические вопросы демографии, математическую обработку, теорию страхования жизни. Применил вероятностный подход к расчету таблиц смертности
1812	П. С. Лаплас (1749-1827)	«Аналитическая теория вероятностей». Первое научное обоснование методов демографических исследований. Выборочный метод во Франции стал обычным приемом исследований

Продолжение табл. 2.1

1	2	3
1719-1788	**Россия** В. Н. Татищев (1686-1750)	Экономическая география Становление экономической географии. Составление атласа и географического словаря
	М. В. Ломоносов (1711-1765)	
	С. И. Плещеев	
1727	И. К. Кириллов	Первое статистическое описание России, первый отечественный атлас
1775-1777	М. М. Щербаков (1733-1790)	«Статистика в рассуждении России»
1790	И. Герман	«Статистические изображения России в отношении населения, свойств земли, естественных продуктов, сельского хозяйства, горного дела, мануфактур и торговли»
1797	И. И. Голиков	«Дополнения к деяниям Петра Великого. Т. XVIII»
1733	А. П. Волынский (1689-1740)	«Регламент или Устав конюшенный». Описание выборочного метода изучения местности
1766-1768	Д. Бернулли (1700-1782)	Политическая география. «Об употреблении алгоритма бесконечно малых в теории вероятностей»

1781	Российская Академия наук	Собрание разных знаний о законах рождения и смертности в роде человеческом

Продолжение табл. 2.1

1	2	3
1786	Л. Ю. Крафт (1743-1814)	Совершенствование методов обработки статистических данных. Предложение о создании государственной статистики населения в России. Приложение статистических методов к изучению причинных связей и влиянию разных факторов на интенсивность массовых явлений
1797-1803	А. К. Шторх	Историко-статистическая картина Российского государства в конце XVIII столетия». Статистическая мысль в России до XIX в. развивалась самобытным путем на фоне всеобщей истории статистики

2.2. Объект, предмет, цель и задачи математической статистики

Статистика как наука дает возможность приобретать и накапливать знания о массовых, повторяющихся событиях, явлениях и процессах путем специально организованной системы сбора и обработки соответствующей информации.

Наша познавательная деятельность в процессе изучения недр и технологий извлечения полезных ископаемых из земных глубин преследует решение следующей группы задач: теоретическое описание явлений, интерпретация эмпирических закономерностей в технологических процессах, пространственное геометрическое представление формы и свойств горных пород. Обобщая производственный опыт, мы, тем самым, сопоставляем известное с гипотетическими представлениями, связываем определенную группу фактов с ранее наблюдаемыми закономерностями, тенденциями и пытаемся выявить новые формы проявления закономерностей, либо подтвердить уже известные. По мере накопления новых знаний и представлений разрабатываются новые теории, совершенствуются технологические режимы добычи и переработки полезных ископаемых. Установление отношения между причиной и следствием является главной задачей всякой науки, и математическая статистика как инструмент глубокого анализа вооружает исследователя способами и приемами обращения с такими информационными множествами сведений, которые исчисляются десятками, сотнями тысяч и более статистических единиц. Вообще, для статистики нет ограничения в сторону увеличения объема информации. Здесь действует принцип: чем больше, тем лучше, тем надежнее статистические оценки. Однако практика выработала несколько мнемонических правил, регламентирующих границы минимальных объемов выборок, исходя из условий необходимой и достаточной представительности, точности, надежности статистических выводов. Таким образом, ***объектом*** математической статистики являются информационные множества сведений о различных явлениях

природы, процессах, свойствах окружающего мира, а также о различных аспектах экономической и общественно-политической жизни, которые носят массовый характер и изменяются под действием причин объективного характера. ***Область*** использования методов математической статистики практически не имеет ограничения, если удовлетворяются требования к массиву информации: внешняя независимость, качественная однородность, внутренняя связанность.

Что попадает в сектор интересов статистики, что является предметом ее изучения? ***Предметом*** изучения математической статистики являются закономерности, которые проявляются в совокупности сведений массового характера. Из этого непосредственно вытекает ***цель*** статистических исследований, которая состоит в выявлении закономерностей в системе сведений массового характера, в установлении причинно-следственных взаимосвязей, оценке значимости статистических гипотез, разработке практических рекомендаций для пользователя этой информации.

Так, если нас интересует взаимодействие погрузочного оборудования (экскаваторы) с транспортными средствами (автосамосвалы разной грузоподъемности), то объектом нашего любопытства будет технологическое звено «забой – экскаватор – автосамосвал – пункт разгрузки». Естественно, что предметом исследования станут цикл погрузки, время рейса автосамосвала, количество рейсов автосамосвалов, время ожидания под погрузкой, длина очереди и т. д. Вся эта информация носит статистический характер, поддается хронометражным наблюдениям и потому служит исходным массивом сведений. Поэтому корректно сформулированная цель предусматривает

исследование взаимодействия погрузочного оборудования с технологическим автотранспортом путем установления статистических закономерностей, присутствующих в этом взаимодействии, для принятия решений, направленных на повышение производительности и безопасности рассматриваемого элемента системы.

В ***задачу*** статистических исследований входят:

- оконтуривание объема выборки. При анализе производственных процессов исследователь сталкивается с огромным массивом информации, фиксирующей все многообразие условий протекания процессов во времени и технологическом пространстве. Эта информация представляется в виде журнальных записей автоматизированных систем, регистрации самопишущих приборов и т. д. Объем такой информации с позиций вычислителя и математической терминологии бесконечно большой, поэтому первым этапом становится выработка критериев ограничения, которые, тем не менее, должны обеспечить представительность результатов и их точность;
- фильтрация информации для достижения объективности статистических выводов. Используемая информация должна удовлетворять условию качественной однородности, что и обеспечивает правильность сопоставлений, обобщения и группировки. Что означает условие качественной однородности блока информации? Образно говоря, невозможно допускать, чтобы гвозди и шурупы попадали в одну статистическую совокупность. Когда приходится исследовать какую-либо технологическую систему, например, обозначенную выше, необходимо, чтобы марка автосамосвалов была одна, чтобы была не только одна грузоподъемность, но и одна модификация и т. д. Огрехи

некачественной фильтрации информации проявляются незамедлительно в неверном результате, потерях времени и определенных затратах;

- поиск аргументов, обосновывающих независимость информационных сведений друг от друга. Это фактически означает принятие этой информации как схемы случайных событий, внешне не зависимых, а значит, исход одного события не влияет на исход последующих. Выполнение этого условия позволяет совершенно обоснованно использовать классическую математическую статистику в поисках закономерностей в массовых событиях;
- оценка причинно-следственных отношений в массовых явлениях. Решение этой составляющей характеризует зрелость исполнителя, поскольку определяет как методологию исследования, так и целевую функцию эксперимента – получение достоверной информации об изучаемом процессе. Статистическую обработку можно сопоставить с организацией и проведением эксперимента с тем незначительным отличием, что в эксперименте приходится добывать первичную информацию и затем ее осмысливать, а в обработке массовых явлений эксперимент уже проведен, и через молчаливую армаду сведений исследователь вскрывает внутреннюю взаимосвязь в явлении.

2.3. Основные термины и понятия

Любая отрасль знаний оперирует определенными понятиями и терминами. В математической статистике используются следующие основополагающие понятия.

Событие **–** некоторое совершенное действие. Например, человек родился, выпал снег, выполнено измерение, произошла авария и т. д. Событие представляется по следующей схеме: дано, результирующий исход, требуется знать. Например: подбрасывается монетка; событие состоит в выпадении «герба» или «решки»; необходимо оценить вероятность выпадения герба, выпадения герба *n* раз при *m* бросаниях и т. д.

Сведения (информация) **–** знание, представление, являющееся объектом хранения, переработки, передачи. Сведения представляются как в количественной, так и в качественной формах. Мерой информативности (осведомленности) является количество информации. Например: при игре в орлянку сведением является количество выпадений герба или решки *n* раз при *m* испытаниях (подбрасываниях); количество аварийных ситуаций в шахте или карьере в единицу времени (смена, сутки, месяц) и т. д. Всякое зафиксированное событие является сведением, содержащим определенный объем информации.

Вероятность события – предел, к которому стремится отношение количества интересующих нас сведений *n* к общему количеству сведений (испытаний) *N*.

$$P = \lim_{N \to \infty} \frac{n}{N}.$$

Частость появления события – отношение количества интересующих нас сведений *n* к общему количеству проведенных испытаний *N*.

$$p = \frac{n}{N}, \qquad (2.1)$$

$$p \to P \qquad \text{при} \qquad N \to \infty.$$

В практике инженерных расчетов частость выступает мерой (оценкой) вероятности события.

Случайность – непредсказуемость результата единичного события на фоне массовых испытаний. Количественной мерой случайности выступает вероятность появления события.

Случайное событие – событие, которое может произойти или может не произойти, принять любое значение в границах области его определения и которое оценивается некоторой вероятностью.

Закономерность – предсказуемость, предопределенность события, оценивается вероятностью $P > 0{,}5$.

Совместные события – события, происходящие одновременно, вместе. Например, растущий организм человека характеризуется ростом, весом, размером стопы; поточная технологическая система включает в себя определенное количество элементов с последовательной схемой взаимодействия, работающих одновременно; система экскаваторный забой – автотранспорт – перегрузочный склад – ж.д. транспорт – приемных бункер ДОФ есть комплекс совместно работающих независимых структур системы.

Несовместные события – события, которые не могут происходить одновременно. Например, монетка при бросании не может одновременно упасть на обе стороны; игровой кубик не может одновременно упасть на две грани; экскаватор не может производить погрузку одновременно двух автосамосвалов.

Генеральная совокупность событий – полное множество событий как конечное, так и бесконечное. Например, материалы под-

счета запасов полезного ископаемого при разведке месторождения; информация о текущей деятельности горного предприятия и т. д.

Выборка из генеральной совокупности – ограниченное количество сведений, изъятых из генеральной совокупности для исследования явления.

Статистики совокупности сведений – количественные оценки, характеризующие совокупность сведений:

– математическое ожидание случайной величины

$$M(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i P_i ,$$

где n – количество испытаний,

x_i, P_i – результат i-го испытания и его вероятность;

– среднее значение случайной величины

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=i}^{n} x_i ;$$

– стандарт колебаний случайной величины

$$\sigma = \left[M\left(\Delta^2\right) \right]^{0,5} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - M(x)\right)^2 P_i} ;$$

– среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^2} .$$

2.4. Виды случайных величин и формы их представления

Наблюдаемые события и явления подразделяются на достоверные, невозможные, случайные. **Достоверное** событие оценивается вероятностью, равной единице ($P = 1$), **невозможное**, соответственно, нулевой вероятностью ($P = 0$) и, наконец, **случайное** – $0 < P < 1$. Случайной называют величину, которая в результате испытания может принять только одно из возможных значений, наперед неизвестное и зависящее от причин, которые заранее не могут быть учтены.

Примером случайных величин (рис. 2.1) в информационном поле горного предпрятия могут служить:

- аварийность, травматизм, простои горно-транспортного оборудования;
- количество рейсов технологического автотранспорта при транспортировке горной массы;
- полнота загрузки кузовов технологического транспорта;
- сменная производительность горно-транспортного оборудования;
- изменение качественных характеристик минерального сырья в рудном потоке;
- количество команд, выполняемых горным диспетчером в некоторый период времени;
- ошибки измерений и измерительных систем и т. д.

Все природные явления и события, имеющие повторяющийся массовый характер, содержат в себе элемент случайности, непредсказуемости, неопределенности. Всякий раз, сопоставляя выборочное единичное значение с элементами генеральной совокупности, мы встречаемся с необходимостью оценить и объяснить уровень несоот-

ветствия между частным значением и общим, между свершившимся фактом и возможностью его повторения, между случайными факторами и закономерным следствием.

Случайные величины подразделяются на ***дискретные*** (счетные) и ***непрерывные*** (постоянно изменяющиеся во времени и пространстве). Примером дискретных величин является количество оборудования, команд диспетчера, технологических линий, пунктов опорного обоснования, съемочных ситуационных точек, проб и т. д. Примерами непрерывных случайных величин являются погрешности измерения, расходные коэффициенты, простои, объемы горной массы, производительность, массовая доля химических элементов в горных породах, физико-технические характеристики горных пород и т. д.

Для количественного сравнения событий, как и случайных величин, используют их **вероятности**: отношение числа благоприятствующих исходов (n) события к общему числу всех равновозможных элементарных исходов испытания (N):

$$P = n / N.$$

Наиболее полной характеристикой случайной величины x служит функция плотности распределения вероятностей этой случайной величины

$$y = f(x).$$

Формы представления функции f приведены на рис. 2.1 (полигон, гистограмма, непрерывное распределение).

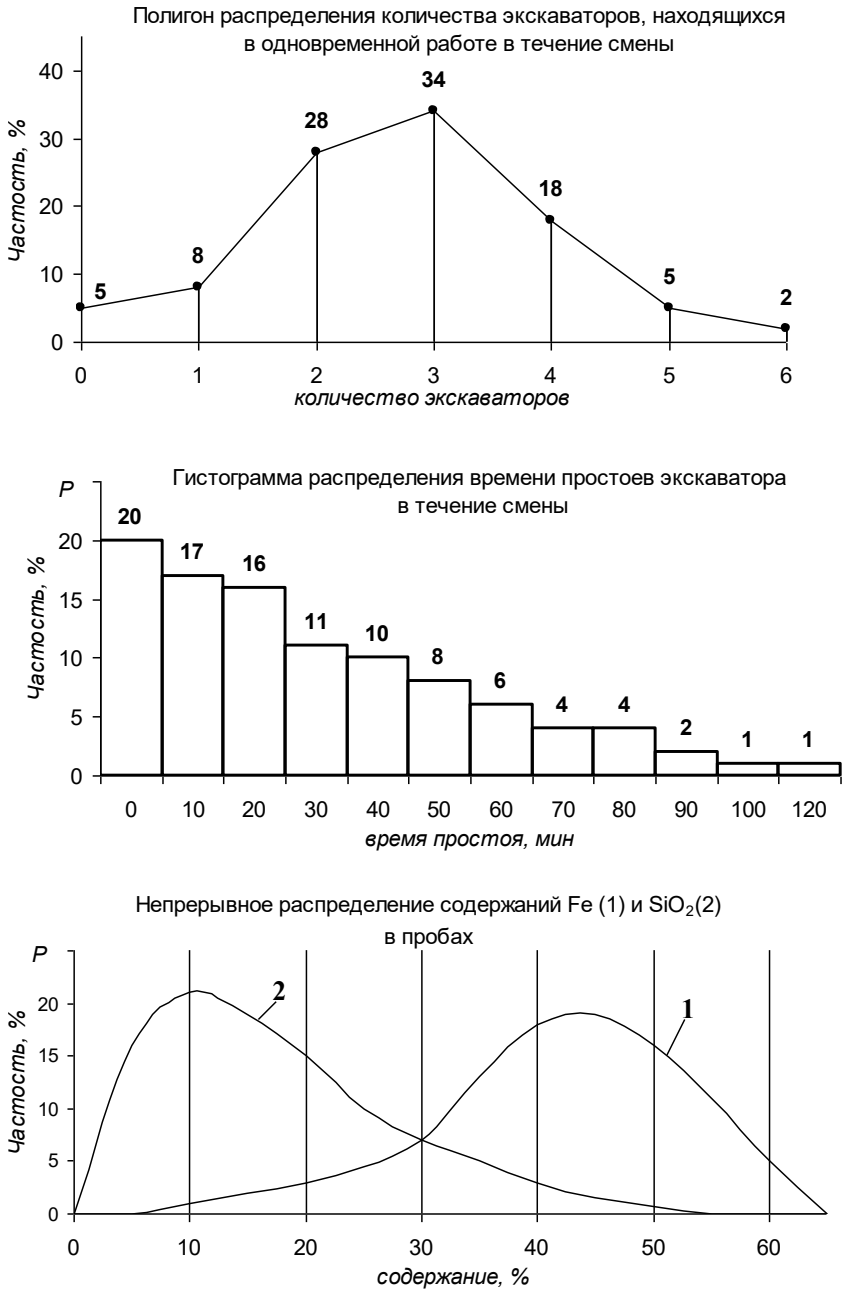


Рис. 2.1. Формы представления плотности распределения случайной величины

На практике часто закон распределения неизвестен. В таких случаях для решения инженерных задач используют некоторые числовые характеристики случайной величины (статистики).

– **Математическое ожидание**

$$\bar{x} = M(x),$$

$\bar{x} = \sum P_i x_i$ – для дискретных случайных величин,

$\bar{x} = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x)dx$ – для непрерывных случайных величин.

– **Дисперсия**

$$D(x) = \sigma^2 = M\,[x - M(x)]^2,$$

$\sigma^2 = \sum P_i x_i^2 - \bar{x}^2$ для дискретных случайных величин,

$\sigma^2 = \int_a^b x^2 f(x)dx - \bar{x}^2$ для непрерывных случайных величин.

– **Асимметрия** (A) – мера скошенности распределения.

Из теории моментов известно

$$m_n = M(x^n), \quad \text{т. е.} \quad M(x) = m_1,$$

где m_n – начальный момент n-го порядка.

Центральный момент n-го порядка

$$\mu_n = M\left((x - m_1)^n\right).$$

Так, асимметрия определяется по формуле

$$A = \mu_3 / \sigma^3, \quad M_3 = m_3 - 3m_1m_2 + 2m_1^3.$$

Различают правую асимметрию ($A > 0$) и левую ($A < 0$). На рис. 2.1 кривая (2) – $A > 0$, кривая (1) – $A < 0$.

– **Эксцесс** (Эк) – мера сплюснотости распределения

$$\text{Эк} = \mu_4 / \sigma^4 - 3,$$

$$\mu_4 = m_4 - 4m_3m_1 + 6m_2m_1^2 - 3m_1^4.$$

Другие числовые характеристики случайной величины:

- **мода** (Мо) – наиболее вероятное значение случайной величины;
- **медиана** (Ме) – значение случайной величины, при котором площадь, ограниченная кривой распределения, делится пополам.

В экспертных оценках при значительном количестве данных n рекомендуется использовать упрощенные значения рассмотренных характеристик:

$$\sigma = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{6}, \tag{2.2}$$

$$A = \frac{\bar{x} - \text{Мо}}{\sigma}, \tag{2.3}$$

$$\text{Эк} = \frac{\sigma}{c} f(x = \text{Мо}) - 0{,}4, \tag{2.4}$$

где $f(x)$ – плотность распределения случайной величины;

σ – стандарт (среднее квадратическое отклонение);

c – классовый интервал.

Формулы (2.2)–(2.4) раскрывают геометрический смысл стандарта, асимметрии и эксцесса. Стандарт σ характеризует область изменения случайной величины, асимметрия A – скошенность, эксцесс Эк – сплюснутость кривой распределения (рис. 2.2).

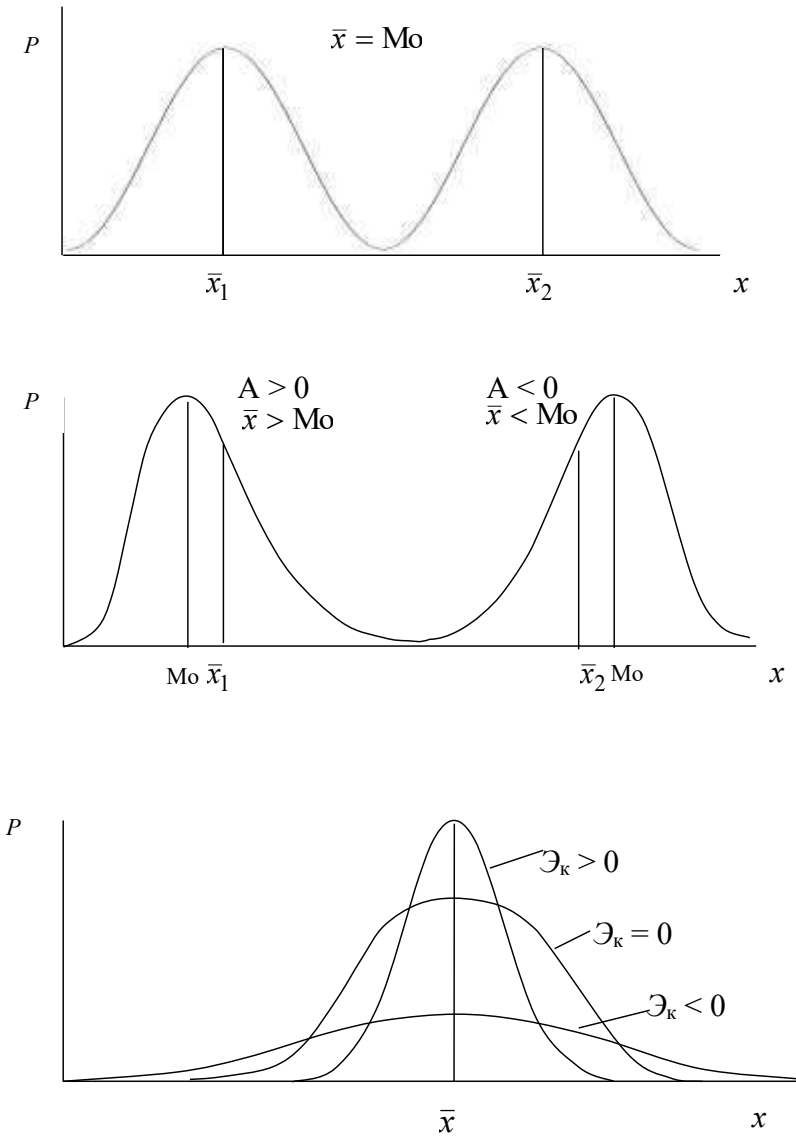


Рис. 2.2. Основные статистики распределений случайных величин

Плотность распределения случайной величины $y = f(x)$, или закон ее распределения, показывает вероятность или частость события $y_i = f(x_i)$ в общей совокупности (статистическом коллективе) рассматриваемых событий.

Отношение $\sigma/\bar{x}$ характеризует степень изменчивости показателя и называется коэффициентом вариации

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100, \qquad (2.5)$$

где V – коэффициент вариации, %.

Коэффициент вариации (V) еще в тридцатые годы был положен в основу количественной оценки степени изменчивости геологических показателей, участвующих в подсчете запасов.

Положительный знак у показателя асимметрии говорит о том, что распределение правоасимметричное («хвост» вправо); отрицательное значение – о левоасимметричном характере распределения показателя («хвост» влево).

Положительное значение эксцесса (Эк > 0) означает островершинный характер распределения; «шляпа Наполеона» характерна для распределений с отрицательным эксцессом (Эк < 0), при Эк = 0 распределение приближается к нормальному.

Асимметрия и эксцесс статистических распределений являются характеристиками относительными, в отличие от математического ожидания и стандарта, которые следует рассматривать как абсолютные оценки. Относительными указанные характеристики считаются потому, что их абсолютные значения находятся в прямой зависимо-

сти от представительности исходной информации: чем большей объемной или массовой представительностью обладает первичная информация, тем меньше абсолютное значение стандарта (σ), асимметрии (А) и эксцесса (Эк). Общий вид этой зависимости приближается к экспоненте (рис. 2.3) вида $f(q) = be^{-cq}$, где q – объемная (массовая) представительность пробы, константы b и c определяются для каждого показателя.

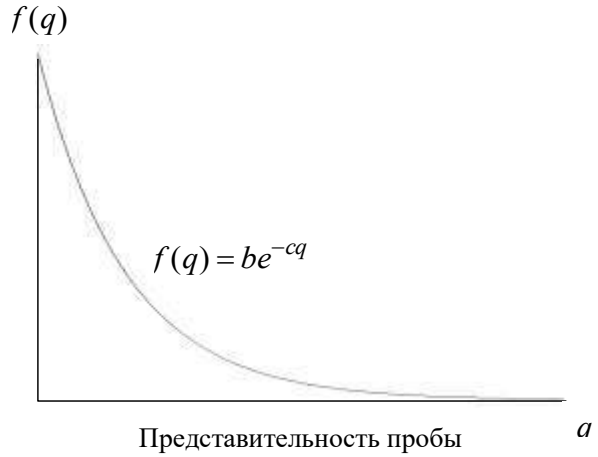


Рис. 2.3 – Характер изменения статистик распределения от представительности проб (исходной информации)

Это обстоятельство необходимо иметь в виду всякий раз, когда сопоставляются статистические коллективы по одному показателю, но различной исходной природы своего образования. Например, сопоставляется распределение содержаний компонента в руде по данным разведки и по данным опробования в технологическом процессе переработки. При разведке опробованию подлежит материал керна, контроль качества на обогатительной фабрике производится по результатам отбора проб по специальной технологии и регламенту

дробленого и смешанного рудного материала. И, хотя для химанализа подготавливаются навески одного веса, все же они представляют собой рудный материал разной природы и представительности.

Существует мнемоническое правило для оценки характера асимметрии распределения показателя статистического коллектива: если исследуемый параметр имеет (или может иметь) предельное максимальное значение, то кривая плотности распределения будет иметь отрицательную (левую) асимметрию; если исследуемый параметр ограничен минимальным значением (чаще всего нулем), то кривая плотности распределения будет иметь положительную (правую) асимметрию. Примером первого случая является распределение содержания железа на большинстве исследуемых месторождений, так как существует предел минерального насыщения – 72 %. Абсолютное большинство распределений содержания полезных компонентов в рудах имеют положительную асимметрию.

2.5. Связь математической статистики с теорией вероятностей

Вся история развития статистики как науки о сборе и обобщении массовой информации свидетельствует о неразрывной, самой тесной связи ее с развитием математического анализа и основ теории вероятностей. Отсюда и основная задача математической статистики – разработка способов сбора, обработки и анализа массовых сведений в зависимости от конкретных целей исследования.

Связь теоретической статистики с теорией вероятностей становится вполне очевидной, если, опираясь на закон больших чисел, вероятностные характеристики явлений рассматривать как предельные соотношения при бесконечно растущем числе испытаний. Тогда теория вероятностей представляется предельной статистикой, если испытания удовлетворяют определенным условиям (качественной однородности, внутренней связанности, внешней независимости). Четкое оконтуривание этих условий позволяет сделать выводы, вытекающие из обработки статистического материала, распространять на объемы большого масштаба с вероятностной оценкой такого действия. Теория вероятностей играет в математической статистике роль методологического основания, обеспечивающего устойчивость всего аналитического построения основ математической статистики. Для изучения математической статистики и теории вероятностей необходимо широкое знание современной математики. Основы математического анализа находят отражение в предельных теоремах закона больших чисел, учении о распределениях случайных величин, в теории моментов. Дифференциальные уравнения лежат в основе изучения стохастических процессов. Интегральные уравнения составляют основу методов решения задач теории выборок; матричное исчисление играет важную роль в теории Марковских процессов и т. д. Именно единение задач статистики с арсеналом математических знаний способствовало возникновению и развитию теории математической статистики и теории вероятностей.

В практике анализа данных разведки и эксплуатации месторождений, а также исследовании процессов горного производства методы

математической статистики, наравне с геометрическими, составляют аналитическую основу горно-геометрического анализа как строгой физико-математической методики решения всего комплекса задач, возникающих при освоении месторождений полезных ископаемых.

2.6. Понятие о статистической совокупности. Генеральная совокупность. Выборка

Под ***статистической совокупностью*** сведений понимается численное множество информационных оценок об объекте исследования. Такие оценки могут быть представлены в форме количественных и качественных характеристик. Количественные характеристики обозначаются числом, качественные (или атрибутивные) представляются в описательной форме. Примером атрибутивных сведений может служить целый ряд минералогических оценок, характеристики формы кусков горных пород, цветовые и вкусовые оценки, шероховатость поверхности и т. д., т. е. такие оценки, которые напрямую воспринимаются нашими органами чувств. Такая совокупность сведений образует статистический коллектив.

Статистический коллектив или статистическая (в смысле массовая) совокупность сведений, которые подлежат исследованию, называется ***генеральной***. Генеральная совокупность, как и математическое множество, бывает бесконечной, конечной, но практически не считываемой, конечной считываемой. В зависимости от вида генеральной совокупности математическая статистика разработала методы ее изучения.

Конечные считываемые совокупности изучаются методом полного исследования объектов статистического коллектива (***сплошная выборка***). Примером может служить парк горно-транспортного оборудования горного предприятия, технико-экономические показатели производства в отчетный период, материалы подсчета запасов полезных ископаемых, материалы опробования качества сырья, выполняемого службой ОТК предприятия, геологической службой и службами, контролирующими экологические параметры условий ведения горных работ, и т. д.

Конечные, но практически не считываемые совокупности, приравниваются к бесконечным. Их изучение опирается на ***выборочный метод***, в основу которого положен принцип обеспечения репрезентативности (представительности) получаемых статистических характеристик. Выборка считается репрезентативной, если статистические оценки удовлетворяют заданным параметрам точности, достоверности и надежности. Точность исчисляемых характеристик оценивается погрешностью их определения; достоверность и надежность – суть вероятностные показатели этих оценок.

Выборочная совокупность или просто ***выборка*** из статистической совокупности есть определенное количество сведений, изъятых из генеральной совокупности тем или иным способом. Количество сведений определяет собой объем совокупности (выборочной или генеральной). Выборка считается представительной, если она отвечает условию случайности самой процедуры отбора сведений, а ее объем обеспечивает требуемую точность и достоверность оценок.

В зависимости от способа отбора различают следующие виды выборок:

- случайная выборка с возвратом;
- случайная выборка без возврата;
- механическая;
- типическая;
- серийная.

Выборка с возвратом. Из генеральной совокупности сведений извлекается носитель информации (статистический объект), он фиксируется и вновь возвращается в генеральную совокупность. Классическим примером такой выборки является извлечение шаров из урны, карт из колоды – объекты теории вероятностей.

Выборка без возврата (бесповторная). Из генеральной совокупности извлекается объект, он включается в систему анализа, но не возвращается в исходную генеральную совокупность. Применяется для изучения бесконечных и практически бесконечных статистических коллективов. В условиях действующего горного предприятия этим условиям отвечает вся совокупность информационных потоков о хозяйственной и производственной деятельности.

Механическим называют отбор, основанный на заданном регламенте отбора информации. Вся система технологического контроля за качественными показателями процесса обогащения полезного ископаемого основана на регулярном во времени отборе проб, включая как ручной, так и механический способы. Главный принцип механического способа формирования выборки состоит в регулярности некоторого постоянного параметра, пропорционального времени.

Типической называется выборка, при которой отбор производится из конкретных и автономных структур (источников) информационного потока. Такая выборка характерна для многостаночных производств, параллельных схем цепи аппаратов горного производства. Например, информационный поток о производстве горных работ складывается из частных информационных потоков добычных единиц, участков, карьеров, шахт.

Идея ***серийного*** отбора заключается в том, что выборка объектов информации производится не в единичном исполнении, а несколькими, т. е. сериями, и каждая серия подвергается сплошному обследованию. Этот вид формирования выборки используется для изучения влияния внешних, по отношению к явлению или процессу, факторов, сезонности производства, влияния демографических факторов и других.

Способ выборки при обработке информации обосновывается задачей, стоящей перед исследователем. Так, подсчет запасов полезного ископаемого требует полной обработки всех сведений, получаемых при разведке. Это объясняется тем, что геологическая информация, формирующаяся при буровых работах и геофизических измерениях, очень дорогая и практически исключает возможность повторного получения сведений. При анализе производственной деятельности горного предприятия за период год и более вполне оправдывает себя серийный способ отбора информации, например, месячный, по кварталам. Чем меньше временной интервал анализа, тем полней объем информационных сведений должен участвовать в таком анализе, вплоть до полного набора сведений.

2.7. Основные положения Закона больших чисел

Закон больших чисел – система теорем теории вероятностей, доказывающих устойчивость выборочных статистик (среднее, дисперсия и др.) с увеличением объема выборки. Внешнее проявление закона больших чисел находит свое выражение в близости частостей к соответствующим им вероятностям. При этом степень этой близости поддается объективной количественной оценке.

Яков Бернулли (1654-1705) при рассмотрении модели случайного события A с исходом «да – нет» впервые показал, что если вероятность наступления события A постоянна и равна p, то сколь бы мало ни было положительное число ε, с вероятностью P сколь угодно близкой к единице, можно утверждать, что при достаточно большом числе испытаний N разность $\frac{n}{N} - p$ по абсолютной величине окажется меньше ε при любой сколь угодно малом значении η:

$$P\left\{\left| \frac{n}{N} - p \right| \le \varepsilon \right\} \ge 1 - \eta. \qquad (2.6)$$

Симон Дени Пуассон (1781 – 1840) обобщил теорему Бернулли на случай, когда вероятность p меняется в ходе испытаний. Он впервые ввел термин «закон больших чисел»:

$$P\left\{\left| \frac{n}{N} - \overline{p} \right| \le \varepsilon \right\} \ge 1 - \eta, \qquad (2.7)$$

где $\overline{p}$ принимается как среднее значение.

Пафнутий Львович Чебышев (1821-1894) доказал теорему об устойчивости математического ожидания в выборочной совокупно-

сти с увеличением ее объема *n*: при достаточно большом числе испытаний *n* можно с вероятностью сколь угодно близкой к единице утверждать, что разность между средним значением $\bar{x}$ показателя из выборки и его математическим ожиданием *M*(*X*) по абсолютной величине окажется меньше сколь угодно малого числа ε:

$$P\left\{ \left| \bar{x} - \mathrm{M}(X) \right| \le \varepsilon \right\} \ge 1 - \eta. \qquad (2.8)$$

Закономерность приближения распределения выборочных средних к нормальному распределению с увеличением объема выборки обобщена в теореме Александра Михайловича Ляпунова (1857-1918): случайная переменная величина, состоящая из большого числа взаимно независимых слагаемых, среди которых нет ни одного резко выделяющегося своей колеблемостью, имеет нормальное распределение:

$$P\left\{ \left| \bar{x} - \mathrm{M}(X) \right| \le t \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}} \right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-t}^{t} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \qquad (2.9)$$

Некоторые ограничения, накладываемые перечисленными теоремами, были сняты в работах А. А. Маркова (1856–1922), С. Н. Бернштейна (1880–1968) и других ученых в 20 веке. Они показали, что действие закона больших чисел распространяется и на совокупность зависимых величин.

Закон больших чисел играет важную роль в практических приложениях теории вероятностей, доказывая устойчивость выборочных характеристик из генеральной совокупности, которые приобретают, таким образом, определенный закономерный характер, что и позволяет использовать их в исследовании массовых явлений с полной определенностью и оценкой точности получаемых результатов.

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ

3.1. Задача Бюффона

Геометрическая вероятность – один из самых старых объектов исследования в теории вероятностей. Большой интерес к этим исследованиям обусловлен широким диапазоном применения геометрической вероятности в естествознании. В теории геометрической вероятности случайными элементами являются не числа, а геометрические объекты, такие как точки, линии, плоские и объемные фигуры. Первой и главной задачей при использовании метода геометрической вероятности является выбор системы координат, которые определяют объект единственным образом в пространстве измерений, а затем уже определяется вероятное распределение в области изменения этих координат.

Рассмотрим классическую задачу, которая положила начало теории геометрической вероятности – задачу Бюффона об игле.

Жорж Луи Леклер де Бюффон (1707-1788) – французский естествоиспытатель, энциклопедист, автор 36 томов «Естественной истории», включающей, в частности, историю и теорию Земли, историю минералов, животных, птиц, естественную историю человека и т. д.

В одном из своих исследований по теории вероятностей Бюффон поставил задачу определить вероятность попадания иглы длиной l на линию при бросании иглы случайным образом на плоскость, на которой имеется система параллельных линий (L – расстояние между линиями) (рис. 3.1).

Игла не попадает на сетку, если будет выполнено условие

$$\frac{l}{2}\sin\alpha = y \le \frac{L}{2}.$$

При свободном и независимом бросании иглы на параллельную сетку угол α будет изменяться в пределах $0 \le \alpha \le \pi$, а y изменяется в пределах $0 \le y \le 0{,}5L$. Примем ортогональную систему координат: y, α. (рис. 3.1).

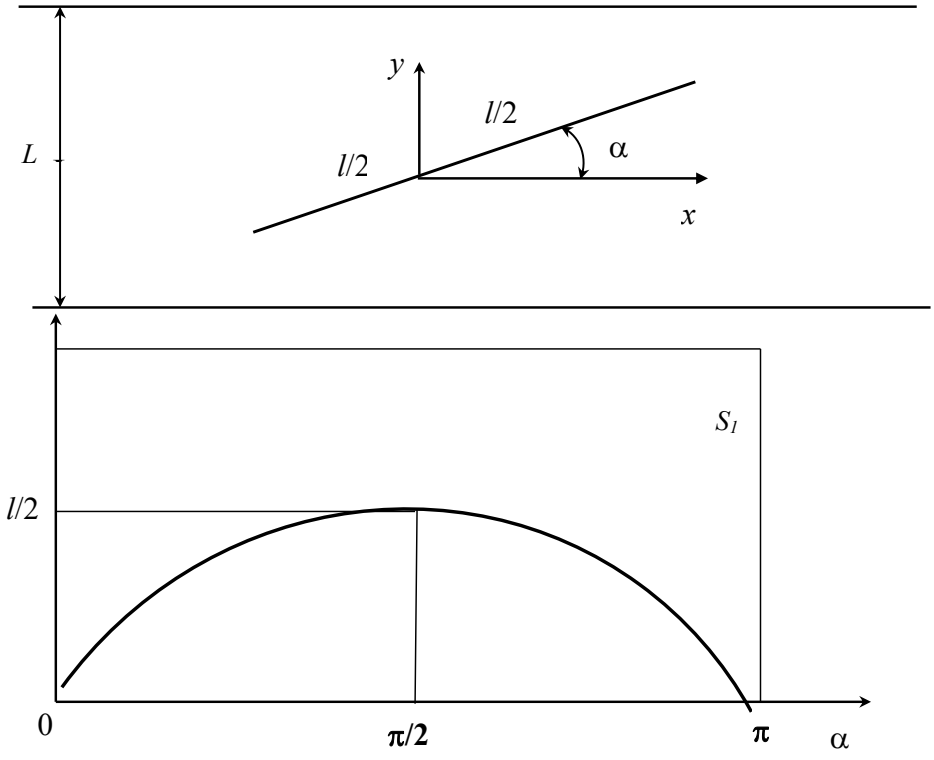


Рис. 3.1 – Задача Бюффона (вероятность попадания иголки на сетку)

Метод геометрической вероятности позволяет численно оценить искомую вероятность

$$P = S_2/S_1.$$

Но $$S_1 = \frac{L}{2}\pi, \qquad S_2 = \int_0^{\pi} y\,dL = \frac{l}{2}\int_0^{\pi} \sin\alpha\,dL = l,$$

откуда

$$P = \frac{2l}{\pi L}. \tag{3.1}$$

Формула (3.1) и есть соотношение, впервые полученное Бюффоном. Поскольку по определению вероятности

$$P = \frac{n}{N},$$

где N – общее количество опытных бросков, а n – количество случаев попадания иглы на сетку, то

$$\frac{2l}{\pi L} = \frac{n}{N}. \tag{3.2}$$

Соотношение (3.2) позволяет проверить правильность идеи геометрической вероятности путем определения числа π из опытов (табл. 3.1). Из формулы (3.2) имеем

$$\pi = \frac{2lN}{Ln}.$$

Главный вывод, вытекающий из проведенных опытов, сводится к утверждению: геометрические методы оценки вероятности событий правомерны, но геометрические константы целесообразно вычислять точными математическими методами.

Идея задачи Бюффона может найти широкое прикладное применение в практике оценки данных геологоразведочных работ, гранулометрии взорванной горной массы, в медицине и т. д. Рассмотрим несколько частных задач.

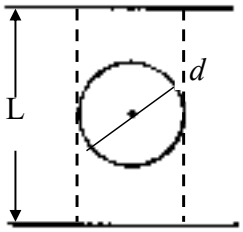
Таблица 3.1

Определение числа π с использованием задачи Бюффона (№ 1-7 по [3])

Испытатель	Отношение $\frac{l}{L}$	Кол-во бросков N	Кол-во попаданий иглы на сетку *n*	Полученное значение числа π *
Вольф (1850)	0,8	5000	2532	3,1596
Смит (1855)	0,6	3204	1218	3,1553
Де Морган (1860)	1,0	600	382	3,1370
Фокс (1884)	0,75	1030	489	3,1595
Лаззерини (1901)	0,83	3408	1801	3,1412
Рейна (1925)	0,5419	2520	859	3,1795
Гриджеман (1960)	0,7857	2	1	3,1428
Среднее	0,72892	15764	7289	3,15288
Гальянов А.В. (1965)	1,50	100 200 300 400 500	96 191 286 382 477	3,1250 3,1414 3,1468 3,1414 3,1446
	1,00	100 200 300 400 500	63 129 191 254 318	3,1746 3,1008 3,1414 3,1496 3,1446
	0,50	100 200 300 400 500	30 65 95 127 158	3,3333 3,0769 3,1579 3,1496 3,1646
(2003)	0,30	500 1000 1500 2000	97 191 286 383	3,0928 3,1414 3,1468 3,1332
Среднее	1,00	1500	953	3,14795

Задача 1. Оценить вероятность попадания на параллельную сетку контура круга **.**

Дано:



L – расстояние между линиями сетки;

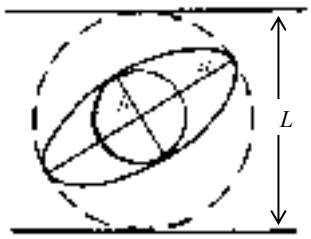
d – диаметр круга.

Очевидно, что искомая вероятность определится по формуле

$$P = \frac{d}{L} \ . \qquad (3.3)$$

Задача 2. Оценить вероятность попадания на параллельную сетку контура эллипса.

Дано:



L – расстояние между линиями сетки;

a – большая полуось эллипса;

b – малая полуось эллипса.

Искомая вероятность *P* должна находиться в интервале

$$2\frac{b}{l} \le P \le \frac{4a}{\pi L}.$$

Если эллипс задан уравнением $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, то

$$y = \frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}\ .$$

Любая точка *M* на эллипсе определяется координатами x_M, y_M. Производная *dy/dx* в точке *M* равна

$$y'_{x_M} = -\frac{b}{a}\frac{x_M}{\sqrt{a^2 - {x_M}^2}} = -\mathrm{tg}\beta_M\ .$$

Условие касания или пересечения эллипса сетки состоит в том, что производная в точке M должна быть равна нулю, а $y_M \geq L/2$. Для выполнения этого условия оси эллипса должны повернуться на угол β_M

$$\beta_M = \operatorname{arctg} \frac{b}{a} \frac{x_M}{\sqrt{a^2 - x_M{}^2}}.$$

При повороте оси эллипса на угол β_M, точка M займет положение $M'(x'_M, y'_M)$.

$$y'_M = R_M \sin(\alpha_M + \beta_M), \tag{3.4}$$

$$x'_M = R_M \cos(\alpha_M + \beta_M)$$

$$R = \sqrt{x_M^2 + y_M^2},$$

$$\alpha_M = \operatorname{arctg} \frac{y_M}{x_M}.$$

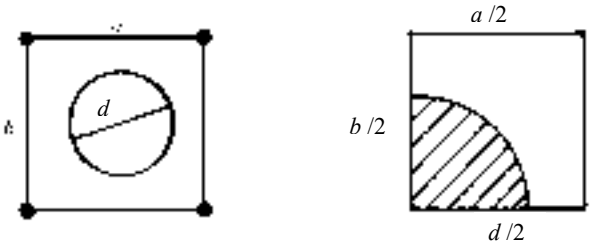
Интегрируя (3.4) по углу β ($0 \leq \beta \leq \pi$), после деления на π получим искомую вероятность

$$P = \frac{2}{L}\left[b + \frac{2}{\pi}(a - b)\right]. \tag{3.5}$$

При $a = b$ (круг) приходим к формуле (3.3), а при $b = 0$ – к формуле Бюффона.

Задача 3. Оценить вероятность подсечения разведочной скважиной рудного тела.

Дано: сеть скважин $a \times b$; рудное тело в плане имеет форму круга диаметром d.



В системе координат *x*, *y* при $L \le \max(a, b)$ геометрические построения дают четверть круга в прямоугольнике со сторонами $\frac{1}{2}a, \frac{1}{2}b$.

Искомая вероятность определится как отношение площадей круга и сетки скважин

$$P = \frac{\pi d^2}{4ab}. \tag{3.6}$$

Из этого следует, что сетка скважин обязательно подсечет рудное тело, если выполняется условие

$$ab \le \frac{\pi}{4} d^2. \tag{3.7}$$

Для *квадратной* сетки получим

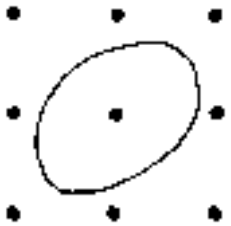
$$a \le \frac{d}{2}\sqrt{\pi}.$$

Для *прямоугольной* сетки и $a < d < b$ искомая вероятность оценивается из выражения

$$P = \frac{a\sqrt{d^2 - a^2} + d^2 \arcsin\frac{a}{d}}{2ab}. \tag{3.8}$$

Задача 4. Оценить вероятность подсечения сетью скважин рудного тела, имеющего в плане форму эллипса.

Дано: сетка скважин $a \times b$; *A, B* – большая и малая полуоси эллипса.



Аналогично задаче 3 получим:

При $2A < \max(a, b)$

$$P = \frac{\pi AB}{ab}. \tag{3.9}$$

При $a < 2A < b$

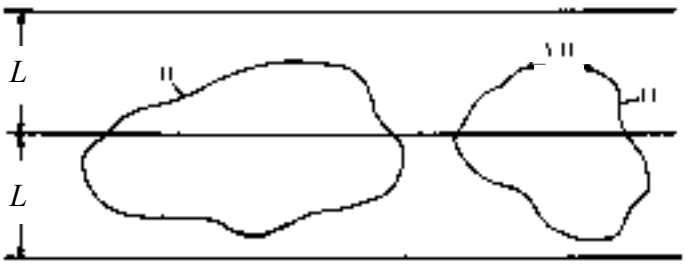
$$P = \frac{2B\left(\frac{b}{2}\sqrt{A^2 - \frac{b^2}{4}} + A^2 \arcsin\frac{b}{2A}\right)}{Aab}. \tag{3.10}$$

Задача 5. Оценить вероятность попадания замкнутого контура на параллельную сетку.

Дано: L – расстояние между линиями; П – периметр контура.

$$P = \frac{\Pi}{\pi L}. \tag{3.11}$$

Нетрудно видеть, что формулы (3.1) и (3.3) полностью соответствуют выражению (3.11).



Если контур разомкнутый, то оценка вероятности также сводится к формуле (3.11):

$$P = \frac{\Pi + \Delta\Pi}{\pi L}. \qquad (3.12)$$

Задача 6. Оценить вероятную длину линии.

Из формулы (3.2) непосредственно следует, что длина иглы l равна

$$l = \frac{\pi l}{2} \cdot \frac{n}{N}.$$

Следовательно, если произведено N бросаний иглы на сетку, а n из них пересекли сетку, то можно определить длину иглы.

Это позволяет поставить следующую задачу: на сетку бросаются иглы разной длины. Какова средняя длина игл $\bar{l}$?

Дано: L = 60 мм. Количество игл N_1 длиной l_1 равно 100, из них при бросании на сетку попало n_1 = 70. Количество игл N_2 длиной l_2 равно 100, из них на сетку попало n_2 = 50.

$$\bar{l} = \frac{l_1 N_1 + l_2 N_2}{N_1 + N_2}.$$

Согласно формуле (3.2)

$$l_1 = \frac{\pi}{2} L \frac{n_1}{N_1}, \qquad l_2 = \frac{\pi}{2} L \frac{n_2}{N_2}.$$

Тогда

$$\bar{l} = \frac{\frac{\pi}{2} L \left(\frac{n_1}{N_1} N_1 + \frac{n_2}{N_2} N_2 \right)}{N_1 + N_2} = \frac{\pi}{2} L \frac{n_1 + n_2}{N_1 + N_2}.$$

$$n_1 + n_2 = n, \qquad N_1 + N_2 = N.$$

Окончательно получим

$$\bar{l} = \frac{\pi}{2} L \frac{n}{N}. \qquad (3.13)$$

В условиях примера:

$$\bar{l} = \frac{\pi}{2} \cdot 60 \frac{120}{200} = 56{,}5 \text{ мм}.$$

Действительно,

$$l_1 = \frac{\pi}{2} 60 \frac{70}{100} = 66{,}0 \text{ мм}, \qquad l_2 = \frac{\pi}{2} 60 \frac{50}{100} = 47{,}1 \text{ мм}$$

$$\bar{l} = \frac{65{,}97 \cdot 100 + 47{,}12 \cdot 100}{200} = 56{,}5 \text{ мм}.$$

3.2. Оценка гранулометрического состава взорванной горной массы

Эффективность взрывных работ на карьерах оценивается целым рядом показателей: расход ВВ, выход взорванной массы с 1 пог. м взрывной скважины, выход негабарита, средний размер куска, ширина развала, разлет кусков и т. д. Гранулометрический состав взорванной горной массы относится к той группе технологических характеристик, которые связаны с работой горнотранспортного и дробильного оборудования. Обобщение многочисленных исследований по изучению гранулометрии взорванных горных пород показало, что она подчиняется некоторой, достаточно общей, вероятностной схеме распределения кусков по их крупности в зависимости от среднего значения (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Усредненные характеристики взрывной горной массы (ГМ)

Средняя величина куска в ГМ, $\bar{x}$, м	Выход фракций γ, %			
	0 – 0,2	0,2 – 0,8	более 0,8	Итого
0,1	85	15	–	100
0,2	75	24	1	100
0,3	50	46	4	100
0,4	36	54	10	100
0,5	25	55	20	100
0,6	17	48	35	100
0,7	10	45	45	100

Особенности этого распределения состоят в следующем:

– грансостав взорванной горной массы отражает трещиноватость массива и степень раскрытия трещин под воздействием взрывного разрушения;

– выход мелких фракций (менее 0,2 м) находится в обратной зависимости с выходом крупных фракций (более 0,8 м);

– увеличение среднего размера куска определяется увеличением выхода крупных фракций и соответствующим снижением выхода мелкой фракции.

Эмпирическое представление этой зависимости приведено ниже:

$$F(x) = 1 - \exp[-12{,}2\exp(-3{,}65\bar{x})x^{(1+0{,}35\bar{x})}], \qquad (3.14)$$

где $F(x)$ – функция распределения (кумулятивная кривая);

$\bar{x}$ – размер среднего куска, м;

x – текущий размер крупности куска (аргумент функции), м.

Данные табл. 3.2 достаточно удовлетворительно коррелируются с частными определениями (корреляционное отношение $\eta = 0{,}88$).

На практике получили распространение три способа оценки грансостава взорванной горной массы: линейный замер по сетке на поверхности развала горных пород; замеры на фотографиях поверхности развала с привязкой к масштабной рейке; стереофотограмметрический метод. Все эти методы, являясь линейными, дают завышенные оценки выхода крупных фракций. Нами рекомендован метод оценки гранулометрии взорванных горных пород, основанный на исследовании представительной по объему массы пород непосредственно на горном предприятии с использованием идем геометрической вероятности. Порядок проведения эксперимента:

- выбрать площадку для разгрузки автосамосвала;
- разгрузить 6-10 автосамосвалов и бульдозером разровнять навал по площадке так, чтобы толщина слоя составляла 0,5-1,0 м (в зависимости от максимального куска, оконтурить границы площадки замеров путем создания бровки навала;
- на «подушке» разровненной горной массы разбить сеть параллельных линий (через 1 м), произвести подсчет кусков попавших на линию сетки, с дифференциацией по крупности (d_i) (рис. 3.2);
- произвести тахеометрическую съемку площадки до и после формирования навала, выполнить камеральную обработку полевых наблюдений.

По этой схеме был проведен эксперимент на карьере ОАО «Ураласбест». Было разгружено на площадке уступа девять автоса-

мосвалов грузоподъемностью 30 т (паспортная грузоподъемность), что составляет 270 т, загрузка контролировалась визуальной оценкой высоты «шапки» загрузки. Недогруз автосамосвалов, таким образом, был исключен. Сформированная «подушка» при средней мощности 0,9 м заняла площадь 150 м^2 по верхней бровке прямоугольной формы с округленными углами и 178 м^2 – по нижней бровке, так что по основанию размеры навала составили 11,5×15,5 м^2, геометрический объем навала – 147,6 м^3. Все крупные куски вскрыты и замерены.

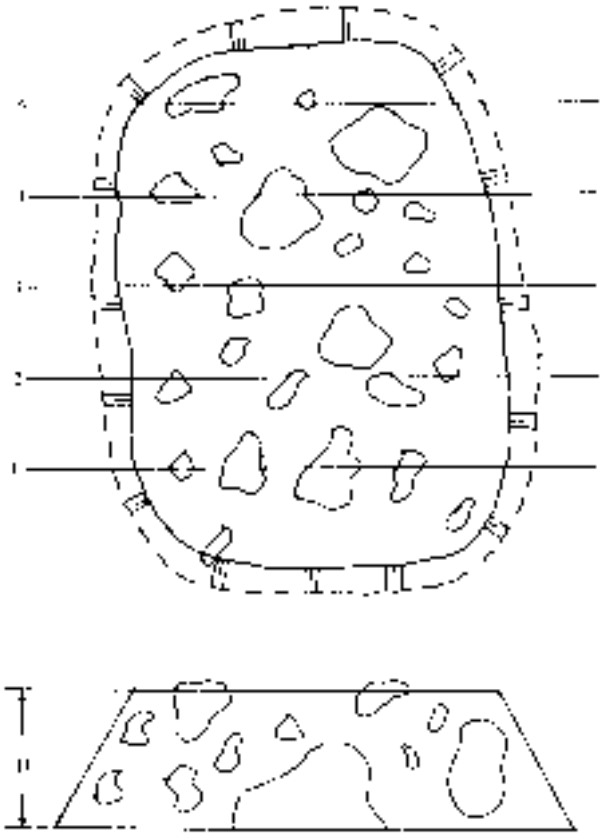


Рис. 3.2. Задача Бюффона в приложении к решению объемной задачи оценки грансостава рудной массы

Диапазон изменения размеров кусков разделен на 15-ти сантиметровые интервалы и результаты поштучного измерения занесены в журнал полевых наблюдений, на основании которых произведены вероятностные расчеты (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Расчет распределения кусков породы по крупности в навале

Класс крупности d, м	0,15–0,30	0,30–0,45	0,45–0,70	0,60–0,80	более 0,8
Кол-во кусков, n	150	91	70	22	12
Вероятность попадания куска на сетку, P_l	0,15–0,30	0,30–0,45	0,45–0,70	0,60–0,80	1,0
Вероятность подсечения кусков плоскостью P_s	0,17–0,33	0,33–0,50	0,50–0,67	0,67–0,90	1,0
Полная вероятность P_v	0,056	0,156	0,307	0,550	1,0
Вероятное количество кусков в навале, N	2679	583	228	40	12
Объем куска v, м^3	0,008	0,031	0,081	0,195	0,522
Объем всех кусков V, м^3	21,43	18,07	18,47	7,80	6,262

Вероятность попадания куска на параллельную линейную сетку, разбитую на поверхности навала (расстояние между линиями сетки 1 м), определена по формуле

$$P_l = \frac{d}{l}, \quad \text{и при } l = 1 \text{ м} \quad P_l = d .$$

Аналогично произведен расчет вероятности попадания куска на плоскость, секущую навал параллельно основанию

$$P_s = \frac{d}{h}.$$

Полная вероятность совместных событий составляет

$$P_v = P_l P_s = \frac{d^2}{lh} = \frac{n}{N}.$$

Отсюда $N = \frac{n}{P_v}$.

Объем, занимаемый кусками,

$$V = \sum_{i=1}^{n} N_i v_i .$$

Таким образом, в эксперименте объем кускового материала составил 72,03 м^3. Из общего объема навала 147,60 м^3 на фракцию мельче 0,15 м приходится 147,60 – 72,03 = 75,57 м^3.

В итоге грансостав горной массы исследуемой пробы представлен следующими соотношениями классов крупности при среднем значении $\bar{d}$ =0,27 м:

0 – 0,15	74,97	50,8
0,15 – 0,30	21,43	14,5
0,30 – 0,45	18,07	12,2
0,45 – 0,60	18,47	12,5
0,60 – 0,80	7,8	5,4
более 0,80	6,86	4,6
	147,60 м^3	100,0

При плотности пород $\rho = 2{,}8$ т/м^3 270 т горной массы соответствуют 96,43 м^3 пород в целике. Таким образом, коэффициент разрыхления

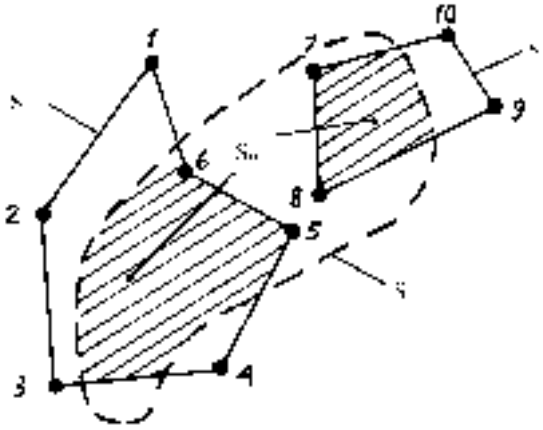
$$k_p = \frac{147{,}60}{96{,}43} = 1{,}53 .$$

Объем кусков определяется в соответствии с геометрической фигурой, принятой в качестве аналога.

3.3. Оценка степени разведанности контуров рудных тел

Основной задачей детальной разведки месторождений является уточнение и перевод запасов категорий C_1 и C_2 в более высокие категории (В, А) и получение всех необходимых данных для составления проекта на разработку месторождения. В основе категоризации запасов по степени разведанности лежат три критерия: размер месторождения, его строение, выдержанность мощности рудных тел и распределение основных компонентов; плотность разведочной сети; точность подсчета запасов. В процессе эксплуатации на первый план выступает четвертый критерий – достоверность геометрии контуров рудных тел, подлежащих отработке в пределах годовой производственной программы горных работ. С ответом на этот вопрос связывается развитие вскрышных и добычных работ, формирование качества руды, расчет показателей полноты извлечения балансовых запасов и другие. Элементы геометрической вероятности обеспечивают вполне научные количественные характеристики при оценке достоверности оконтуривания рудных тел и плотности сети опробования.

Идея такой оценки состоит в сопоставлении участков рудного поля, оконтуренных по данным отработки, с различными этапами оконтуривания (рис. 3.3).



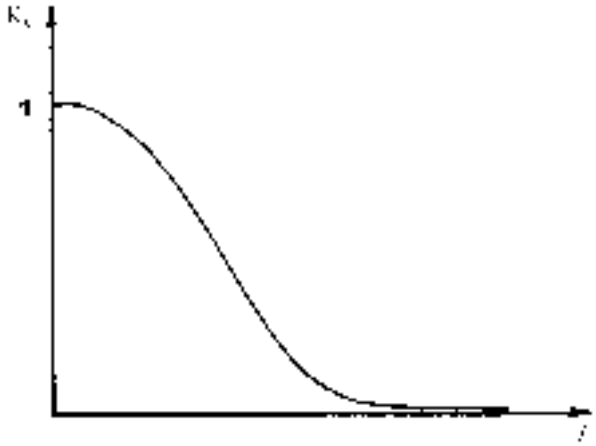


Рис. 3.3. Оценка достоверности оконтуривания рудных тел

Пусть на стадии детальной разведки рудные тела оконтурены в границах точек 1÷6 и 7÷10. Общая площадь разведанных запасов S_p

$$S_p = S_1(1\text{-}6) + S_2(7\text{-}10).$$

После отработки фактический контур рудного тела ограничил площадь S_o.

Прямое сопоставление площадей S_o и S_p или фактически погашенных запасов с данными разведки, например,

$$K_p = \frac{S_p - S_o}{S_p} = 1 - \frac{S_o}{S_p}, \qquad (3.15)$$

означает степень (уровень) несовпадения разведанных запасов с ожидаемыми по результатам отработки: $K_p < 0$ свидетельствует о занижении разведанных запасов, а $K_p > 0$ – о завышении их. Однако значение K_p не характеризует подтверждения запасов в определенных пространственных границах. Если площадь (запасы), подтвержденные отработкой классифицировать как достоверные и обозначить их через $S_д$, то отношение этих запасов к разведанным (S_p) будет характеризовать степень достоверности запасов в контурах разведки.

$$K_д = \frac{S_д}{S_p}.$$

Значение $K_д$ изменяется от 0 до 1. Поскольку $S_д$ и S_p есть функции плотности разведочной сети l, можно записать

$$K_д = \frac{S_д(l)}{S_p(l)}. \qquad (3.16)$$

Зависимость (3.16) имеет вид убывающей экспоненты (рис. 3.4)

$$K_д = \exp(-\lambda l^n)$$

и может трактоваться как геометрическая вероятность.

Согласно определению, энтропия

$$Э = -P \ln P, \quad P \cong K_д. \qquad (3.17)$$

Тогда при $n = 2$ $K_д = P = e^{-\lambda l^2}$, $Э = -\lambda l^2 e^{-\lambda l^2}$.

Определим точку максимума функции (3.17):

$$\frac{d\Э}{dP} = P\frac{1}{P} + \ln P = 0,$$

$$\ln P = -1, \quad P = e^{-1} = 0{,}368.$$

Следовательно, наибольшая неопределенность оконтуривания соответствует значению $K_\partial = 0{,}368$, что, в свою очередь, сопоставимо с задачами предварительной разведки. При квадратной сетке параметр λ определится из выражения:

$$0{,}368 = -\lambda l^2(-1), \qquad \lambda = \frac{0{,}368}{l^2}. \qquad (3.18)$$

Значение l соответствует параметрам сетки предварительной разведки. Размерность параметра λ равна 1/м^2, т. е. площадному градиенту. Это обстоятельство позволяет использовать аналогичный подход к любой геометрии разведочной сети, где l^2 равно площади, приходящейся на одну разведочную скважину. На рис. 3.4 показаны графики зависимостей K_∂ и $\Э$ от $l^2 = S$.

Заштрихованные участки графиков означают зоны накопления информации о геометрии рудных тел, а незаштрихованные – зоны уточнения и детализации структурных особенностей залежи. Это позволяет шкалу показателя K_∂ разбить на участки, соответствующие категориям запасов по степени разведанности контуров рудных тел:

категория C_2 – $K_\partial = 0$-0,20;

категория C_1 – $K_\partial = 0{,}20$-0,50;

категория B – $K_\partial = 0{,}50$-0,80;

категория A – $K_\partial = 0{,}80$-1,00.

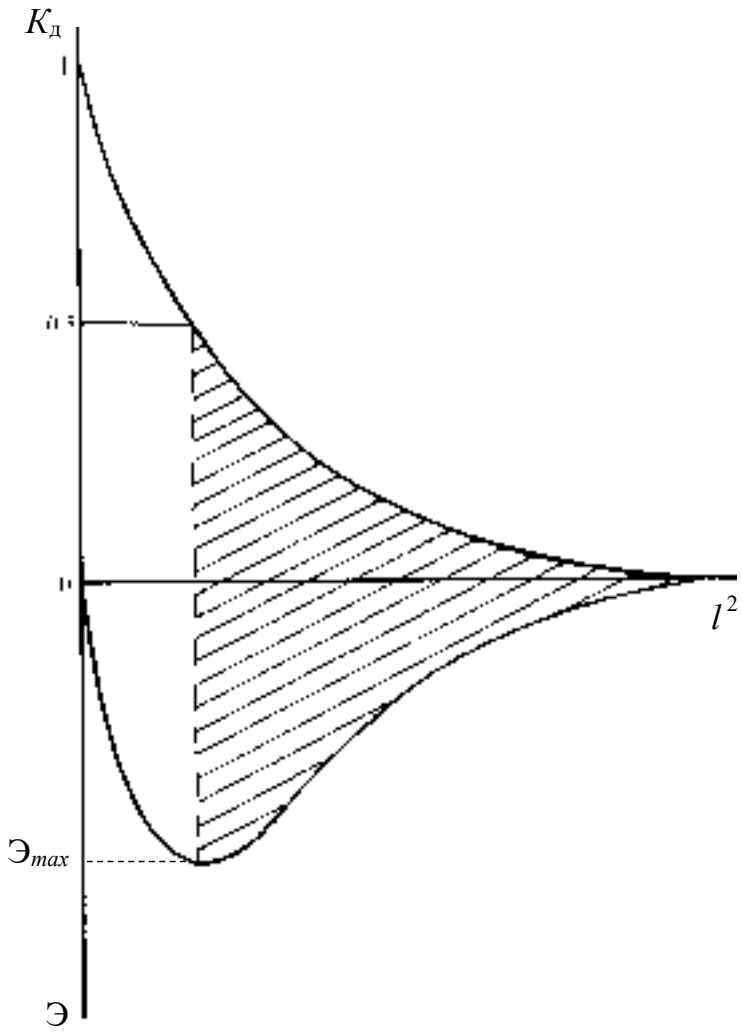


Рис. 3.4. Принципиальная зависимость коэффициента достоверности оконтуривания ($K_д$) и энтропии (Э) от плотности сети (l)

Таким образом, используя полученные соотношения (3.18), можно получить ответ на вопрос: какова должна быть плотность разведочной сети для обеспечения наиболее вероятных оценок, соответ-

ствующих заданным требованиям к достоверности морфологии рудных тел?

Пример. Штокверковое месторождение разведано квадратной сеткой скважин 100×100 м по категории C_2 с $K_д = 0{,}20$. Какая должна быть сетка скважин для категорий C_1, В, А?

Из формулы (3.18) находим:

$$\ln K_д = -\lambda^2,\ \lambda = -\frac{\ln 0{,}2}{10000} = 1{,}61 \cdot 10^{-4},$$

$$l = \left(-\frac{\ln K_д}{\lambda}\right)^{1/2}.$$

Для достижения устойчивой оценки по категории C_1 необходима сетка скважин 65,6×65,6 м; для категории В – 37,2×37,2 м; для категории А ($K_д = 0{,}95$) – 17,8×17,8 м. Обратим внимание на отношение сеток, приблизительно равное 2. Это позволяет определить направление буровых работ – сгущение сетки в два раза 100, 50, 25 и 12,5 м. В этом случае достоверность оконтуривания рудных тел при различной густоте разведочной сети составит:

для сетки 100×100 м $K_д = 0{,}2$;

для сетки 50×50 м $K_д = 0{,}67$;

для сетки 25×25 м $K_д = 0{,}90$;

для сетки 12,5×12,5 м $K_д = 0{,}98$;

скважины БВР 6×6 м $K_д = 0{,}99$.

Таким образом, при планировании разведочных буровых работ можно уверенно утверждать, что сетка 50×50 м обеспечит требования категории В, а сетка 25×25 м – категории А. Опробование буро-

взрывных скважин (6×6 м) обеспечивает требования к учету показателей полноты и качества извлечения запасов при добыче.

3.4. Оценка горно-геометрических графиков

При всем многообразии форм, методов и источников информации о качестве рудного материала, она вполне определенно корреспондируется с этапами разведки, опробования, планирования, учета и отчетности по всем технологическим операциям процесса добычи и переработки сырья.

Данные разведочного бурения и опробования взрывных скважин являются основой для проектных решений, планирования горных работ, горно-геометрического анализа геохимического поля, разработки технологии рудоподготовки.

В процессе добычных работ появляется качественно новая информация, связанная с учетом добычи и перемещения полезного ископаемого в границах карьерного или шахтного поля. Принципиально иной характер приобретает информационный поток о качестве сырья, создаваемый на обогатительных фабриках и металлургических предприятиях. Здесь в значительной мере теряется привязка к недрам.

Данные разведки и эксплуатации месторождений являются основой формирования геометрических представлений о пространственных и временных закономерностях поля минерализации.

Эти вопросы изучаются научной дисциплиной «Геометрия недр». Ее теоретическая часть включает два узловых момента, составляющих фундамент математических построений при решении широкого круга производственных задач: теорию геохимического

поля и оценку степени изменчивости показателей, характеризующих качественную и количественную стороны изучаемых процессов.

Любой показатель геохимического поля U есть функция координат пространства X, Y, Z, которая в общем виде представляется как сумма закономерной F и случайной Δ составляющих:

$$U = F(X, Y, Z) + \Delta.$$

Функция F поддается геометризации, т. е. аналитическому или геометрическому представлению. Основой геометрического представления является поле с числовыми отметками (рис. 3.5), которое позволяет в форме изолиний отобразить закономерности изменения показателя U в системе заданных координат. Методы геометрии недр прочно вошли в практику горного производства, поскольку на основе горно-геометрических графиков начинают формироваться планы развития горных работ, возникает необходимость в количественной оценке достоверности геометрических построений контуров рудных тел и сортов руды. От того, насколько достоверны эти графики, зависит и область их практического использования.

Оценка достоверности горно-геометрических графиков означает оценку геометрического подобия изображенной поверхности ее истинной геометрии. Такая оценка базируется на следующих положениях:

- корреляция поверхностей есть корреляция геометрических элементов поверхностей. Ее следует отличать от корреляции отметок поверхностей A и B. Корреляция поверхностей означает соответствие или геометрическое подобие поверхности B с поверхностью A, т. е. насколько поверхность B репрезентатирует с поверхностью A;

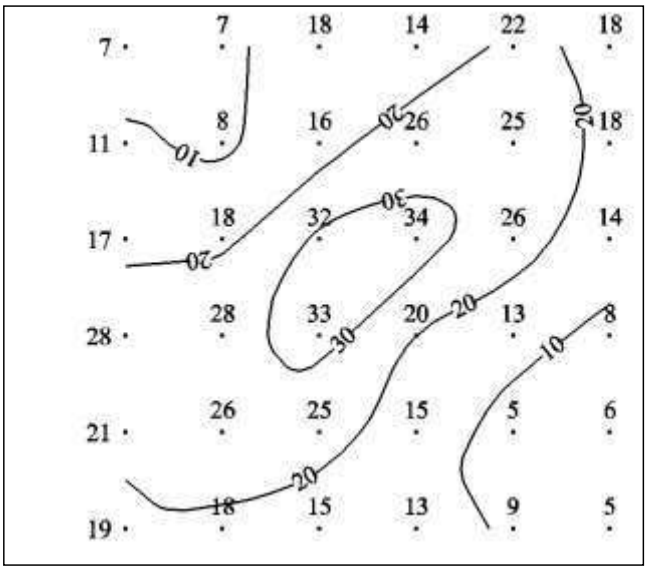


Рис. 3.5. Поле с числовыми отметками

- определяющим геометрическим элементом поверхности является вектор-градиент $\vec{g}$;

- мерой геометрической корреляции является косинус угла между двумя вектор градиентами $\vec{A}$ и $\vec{B}$

$$R = \cos \varphi;$$

- величина R может быть представлена и как вектор, и как скаляр. Это означает, что величина R в пространстве размещена в форме поля, т. е.

$$R = F(x, y, z, l),$$

где l - плотность разведочной сети.

$$R^2 = \frac{1}{1+g^2}, \qquad g = \operatorname{tg}\varphi = \frac{\Delta}{r}, \qquad 1 = r^2 + \Delta^2, \tag{3.19}$$

где r^2 – детерминант или закономерная составляющая в изменении показателя;

Δ^2 – шумовая или случайная составляющая в изменении показателя.

$$\sigma_0^2 = \sigma_f^2 + \delta^2, \quad \frac{\sigma_f^2}{\sigma_0^2} = r^2, \qquad \frac{\delta^2}{\sigma_0^2} = \Delta^2,$$

где σ_0^2 – общая (полная) дисперсия показателя;

σ_f^2 – дисперсия закономерно изменяющегося показателя;

δ^2 – дисперсия шума.

Таким образом, для оценки горно-геометрических графиков следует использовать элементы теории случайных функций в виде корреляционной функции, всегда

$$K(l) = \sigma_0^2 \exp(-\lambda l),$$

$$K(l) = \sigma_0^2 \exp(-\lambda l) \cos \beta l.$$

Нормированные значения корреляционных функций имеют вид:

$$R(l) = \exp(-\lambda l),$$

$$R(l) = \exp(-\lambda l) \cos \beta l.$$

Нормированная корреляционная функция показывает зависимость между точками поля, отстоящими друг от друга на расстоянии l. По своему геометрическому смыслу и численному значению $R(l)$ соответствует величине r. В табл. 3.4 приведена классификация для оценки достоверности горно-геометрических графиков, в основе которой лежит показатель детерминации, численно равный R^2.

Таблица 3.4

Классификация степени достоверности горно-геометрических графиков

Класс достоверности	Степень достоверности	R^2
1	Достоверный	0,8-1,0
2	Вполне достоверный	0,5-0,8
3	Малодостоверный	0,2-0,5
4	Недостоверный	0-0,2

С оценкой горно-геометрических графиков непосредственно связана и методика их построения. При этом предварительно решается вопрос об окне сглаживания, о плотности сглаженных значений, рассчитывается интервал между сечениями. Эти задачи не имеют однозначного математического решения.

Окончательные результаты зависят от предъявляемых к графикам требований. Однако во всех случаях следует иметь в виду следующее:

- с увеличением окна сглаживания происходит нивелирование поверхности: шумовая составляющая уменьшается пропорционально $\sqrt{n}$ (n – количество данных, участвующих в усреднении), а дисперсия σ_f^2 изменяется согласно закону погрешности интерполяции функции;

- при окне сглаживания со сторонами 3-4 расстояния между исходными пробами происходит уменьшение шумовой составляющей в 3-4 раза.

При большем обобщении начинает изменяться σ_f, что приводит к нивелированию локальных закономерностей в изменении показате-

ля. В этом случае возникает необходимость в применении методики скользящего окна сглаживания.

Порядок выполнения оценки горно-геометрических графиков сводится к следующему.

1. На некотором участке поля с числовыми отметками в форме изолиний изображается геометрия изменения показателя.

2. Данные опробования образуют правильную прямоугольную сеть с нумерацией линий по оси X – Л-1, Л-2, . . . , Л-n, а по оси Y – Л -I, Л-II, . . . , Л-III.

3. Определяется коэффициент корреляции между двумя смежными точками опробования: по линиям оси X – r_x и оси Y – r_y.

$$r_x = \frac{M(\alpha_i \alpha_{i+1}) - M(\alpha_i) M(\alpha_{i+1})}{\sigma_{\alpha_i} \sigma_{\alpha_{i+1}}} .$$

В том случае, когда ряд чисел не превышает 20 значений, строгий расчет по этой формуле может быть заменен более простым – по методу ранговой корреляции.

Например, в рассматриваемом случае (рис. 3.5) получим:

$Y \setminus X$	Л-I	Л-II	Л-III	Л-IV	Л-V	Л-VI
Л-1	8	7	18	14	22	18
Л-2	11	8	16	26	25	18
Л-3	17	18	32	34	26	14
Л-4	28	28	33	20	13	8
Л-5	21	26	25	15	5	6
Л-6	29	18	15	13	9	5

Расчет рангового коэффициента корреляции ρ по линии Л-1 выполняется по формуле

$$\rho_{x_1} = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)}, \qquad (3.20)$$

№ п/п	Л-1	α_i	α_{i+1}	Ранги		$d = p_1 - p_2$	d^2
				p_1	p_2		
1	8	8	7	2	1	1	1,00
2	7	7	18	1	3,5	- 2,5	6,25
3	18	18	14	4	2	2,0	4,00
4	14	14	22	3	5	- 2,0	4,00
5	22	22	18	5	3,5	1,5	2,25
							17,50

$$\rho_{x_1} = 1 - \frac{6 \cdot 17{,}5}{5 \cdot (25-1)} = 0{,}125\,.$$

В итоге расчеты по схеме (3.20) дают следующие результаты:

$\rho_{x_1} = 0{,}125,$ $\rho_{y_1} = 0{,}700,$

$\rho_{x_2} = 0{,}600,$ $\rho_{y_2} = 0{,}625,$

$\rho_{x_3} = 0{,}300,$ $\rho_{y_3} = 0{,}100,$

$\rho_{x_4} = 0{,}675,$ $\rho_{y_4} = 0{,}200,$

$\rho_{x_5} = 0{,}800,$ $\rho_{y_5} = 0{,}600,$

$\rho_{x_6} = 1{,}000,$ $\rho_{y_6} = 0{,}975.$

4. В каждой точке поля складываются два вектора

$$\vec{R}_{xy} = \vec{\rho}_{x_i} + \vec{\rho}_{y_i}\ .$$

Модуль вектора $\vec{R}_{xy}$ определяется по формуле (приводится без вывода для прямоугольной сетки)

$$R_{xy} = \frac{r_x\sqrt{1-r_y^2} + r_y\sqrt{1-r_x^2}}{\sqrt{1-r_x^2} + \sqrt{1-r_y^2}}. \qquad (3.21)$$

Здесь r_x и r_y, соответственно, коэффициенты корреляции по линиям. В рассматриваемом примере $r_x = \rho_x$, $r_y = \rho_y$.

5. Формируется поле с числовыми отметками показателя R^2 (рис. 3.6).

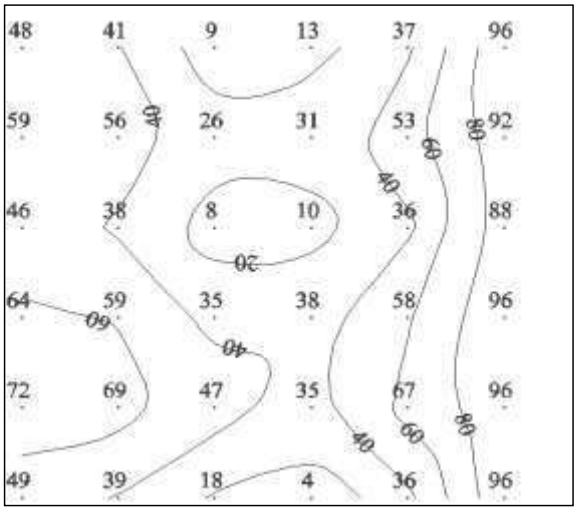


Рис. 3.6. Корреляционное поле R^2 при исходной плотности сети

Поскольку формула (3.21) имеет общий характер, она представлена в виде графика (рис. 3.7).

6. Строится поле в изо-R^2 и, пользуясь табл. 3.4, анализируются полученные результаты. В частности, в приведенном примере (рис. 2.6), «рельеф» поля представляет собой холм с достаточно хорошо выраженными склонами. Однако анализ рис. 3.6, показывает, что вся геометрия центральной части поля оценивается как малодостоверная и есть участки недостоверные. Следовательно, какие-либо инженерные расчеты на этой базе недопустимы, что свидетельствует о необходимости сгущения результатов опробования.

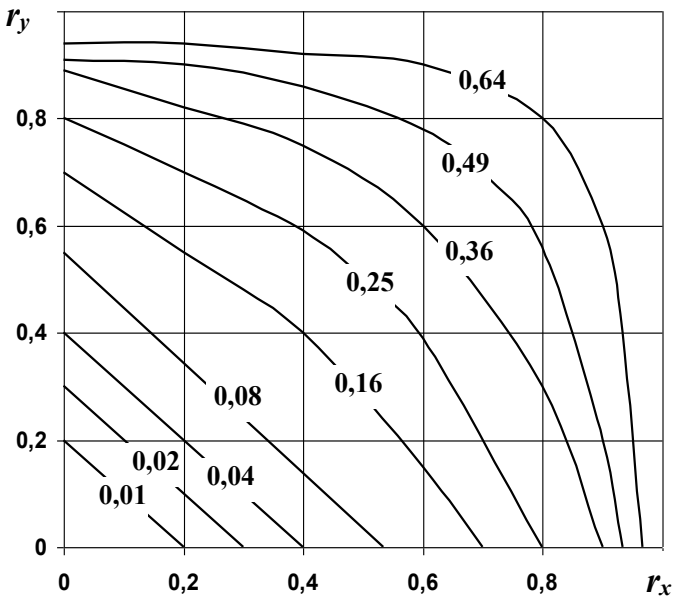


Рис. 3.7. График модуля вектора корреляции поверхностей R^2

4. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

После непосредственных измерений и их первичной камеральной обработки этап оценки точности результатов этих измерений относится к важнейшему и потому обязательному в практике маркшейдерского обслуживания горных работ и решения любого вида и класса задач. Оценка точности результатов измерений является своеобразной оценкой качества выполненных работ, с одной стороны, а с другой, – определяющей в выборе инструментария и разработке методики проведения измерений, подчиненных определенной целевой функции.

Результаты прямых измерений (углы между направлениями, длины сторон, превышения между пунктами, объем загрузки кузовов транспортных средств, масса груженой тары, грансостав сыпучего материала и т. д.) оценивают повторными наблюдениями. Точность статистических характеристик выборок из генеральной совокупности оценивается специально разработанными методами статистической оценки гипотез.

4.1. Оценка точности результатов измерений при малом количестве наблюдений

Под малым количеством наблюдений будем понимать такую систему прямых измерений, при которой таких измерений произведено менее 10: $n \le 10$. В этом случае оправданно определить лишь две статистики – среднее значение $\bar{x}$ и стандарт колебаний σ.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} x_i; \qquad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(x - x_i)}{n}}.$$

Погрешность (m) этих статистик определяют по известным формулам:

$$m(\bar{x}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \qquad m(\sigma) = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}.$$

Пример. Произведено измерение длины между двумя маркшейдерскими типами А и В способом «на весу», l = 17453; 17461; 17458; 17447; 17446; 17446; 17461; 17460; 17459; 17459 мм.

n = 10; $\bar{l}$ = 17450,2 мм; σ = 7,9 мм;

$$m(\bar{l}) = \frac{7{,}9}{\sqrt{10}} = \pm 2{,}5 \text{ мм}; \qquad m(\sigma) = \frac{7{,}9}{\sqrt{10}} = 1{,}8 \text{ мм}.$$

Относительная величина погрешности M_0:

$$M_0(l) = \frac{m(\bar{l})}{\bar{l}} = \frac{2{,}5}{17450} \cdot 100\ \% = 0{,}015\ \%;$$

$$M_0(\sigma) = \frac{1{,}8}{7{,}9} \cdot 100\ \% = 22{,}8\ \%.$$

4.2. Обработка совокупности статистических сведений. Метод моментов

Методы обработки статистической совокупности сведений развивались параллельно возрастанию потребности в сжатых, конкретных, ясных и понятных показателях, надежно характеризующих исследуемый объем информации.

Первоначально это был прямой счет для получения среднего значения:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} .$$

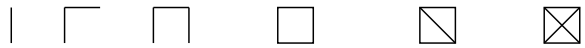
Впоследствии, когда возникла необходимость из общей совокупности сведений выделять отдельные группы со свойственными им характеристиками, прямой счет стал совершенствоваться, приобретая наглядный вид, который практически исключал возможность грубых арифметических ошибок. Так появилась система счета «палочки», которая представлялась следующим образом:

1 2 3 4 5



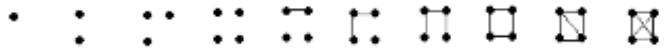
Затем появилась система «конверта»:

1 2 3 4 5 6



Наконец, в начале XX в. в практике лесного хозяйства получила широкое применение точечная система обобщения информации:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



Сегодня эта система получила широкое распространение в практике систематизации статистических сведений – она компактна, наглядна, легко считываемая.

Если ряд арабских цифр в приведенном выше примере представить как значения некоторой совокупности сведений *X*, а ряд, обозначенный системой точек, – как количество встреченных случаев (частота встречаемости) *n*, то среднее значение показателя *x* определится как средневзвешенное значение, где в качестве веса выступает число *n*.

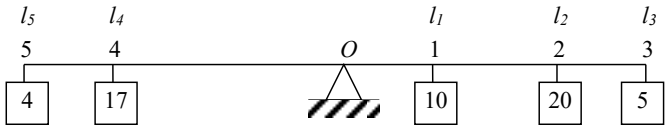
$$\bar{x} = \frac{\sum_{1}^{N} x_i n_i}{\sum_{1}^{N} n_i}.$$

В нашем примере имеем:

$$\bar{x} = \frac{1\cdot 1 + 2\cdot 2 + 3\cdot 3 + 4\cdot 4 + 5\cdot 5 + 6\cdot 6 + 7\cdot 7 + 8\cdot 8 + 9\cdot 9 + 10\cdot 10}{55} = 7.$$

Когда показатель *x* изменяется в широких пределах, а объем выборки исчисляется сотнями и тысячами, вычислительные операции становятся трудоемкими. Математическая статистика заимствовала идею из физики – момент силы тяжести или теорию равновесия физических тел. Эта идея дала начало теории моментов в математической статистике. Рассмотрим прикладную сторону этой теории на примере.

Пусть имеется «коромысло» с опорой в точке *O*, на плечи которого закреплены грузы и вся система находится в равновесии.



Условие равновесия системы состоит в равенстве моментов справа от точки опоры *O* и слева

$$4l_5 + 17l_4 = 10l_1 + 20l_2 + 5l_3.$$

В этом случае точка *O* приобретает смысл центра тяжести системы.

Теперь рассмотрим совокупность дискретных событий *X*, принимающих значения от 1 до 16 в объеме выборки 400 единиц информации. Ранжирование показателя *x* по возрастающей последовательности дало следующие результаты (графы 1, 2, 3 табл. 4.1).

«Центр тяжести» распределения находится на оси ***X*** и соответствует среднему значению. Для его нахождения выбирают значение $x = x_0$ таким образом, чтобы это значение находилось вблизи к «центру тяжести» распределения (графа 4). От этой точки в большую и меньшую стороны формируется новая шкала отсчета – шкала условного класса, обозначаемая буквой «*a*». Отношение суммы произведений $n_i a_i$ к $\sum n_i$ называется первым начальным моментом и обозначается буквой m_1.

$$m_1 = \frac{\sum n_i a_i}{\sum n_i}.$$

Из табл. 4.1 наглядно видно, что переход от условного среднего значения к натуральному значению показателя ***x*** осуществляется по формуле

$$\bar{x} = x_0 + m_1, \qquad (4.1)$$

где x_0 есть среднее значение показателя в нулевом классе ($a = 0$).

В нашем примере имеем: $m_1 = 110/400 = 0{,}275$, $\bar{x} = 8 + 0{,}275 = 8{,}275$.

Вообще говоря, от выбора положения нулевой точки a конечный результат вычислений не зависит. Но выбор этого значения в районе «центра тяжести» распределения значительно облегчает арифметические действия.

Таблица 4.1

Пример обработки статистической совокупности

X	**Количество сведений**	***n***	***a***	***na***	***na²***	***P, %***
1	2	3	4	5	6	7
1	: ·	3	-7	-21	147	0,75
2	□	8	-6	-48	288	2,00
3	⊠ ⊠·	21	-5	-105	525	5,25
4	⊠ ⊓	17	-4	-68	272	4,25
5	⊠ ⊠ ⊠ □ □	38	-3	-114	342	9,50
6	⊠ ⊠ □	28	-2	-56	112	7,00
7	⊠ ⊠ ⊠ ⊠ ⊠	50	-1	-50	50	12,50
8	⊠ ⊠ ⊠ ⊠ ⊠ ⊠ ⊠	70	0	0	0	17,50
9	⊠ ⊠ ⊠ □	38	1	38	38	9,50
10	⊠ ⊠ ⊠: ·	33	2	66	132	8,25
11	⊠ ⊠ ⊠	20	3	60	180	5,00
12	⊠ :÷	15	4	60	240	3,75
13	⊠ ⊠ □	28	5	140	700	7,00
14	⊠: ·	13	6	78	468	3,25
15	⊠: :	14	7	98	686	3,50
16	: :	4	8	32	256	1,00
Σ		400		-462 +572 +110	4436	100,00

В практике статистических вычислений используются четыре начальных момента: m_1, m_2, m_3 и m_4.

$$m_1 = \frac{\sum n_i a_i}{\sum n_i} \; ; \; m_2 = \frac{\sum n_i a_i^2}{\sum n_i} \; ; \qquad (4.2)$$

$$m_3 = \frac{\sum n_i a_i^3}{\sum n_i}; \quad m_4 = \frac{\sum n_i a_i^4}{\sum n_i}.$$

К. Гаусс, разрабатывая метод наилучшего приближения наблюдаемых координат положения планет солнечной системы к их теоретическим траекториям, показал, что необходимым и достаточным условием при этом является выполнение двух условий: сумма отклонений наблюденных значений от теоретических (Δ) должна быть равна нулю; сумма квадратов этих отклонений должна быть минимальной. Эти условия записываются следующим образом:

$$\sum_1^N \Delta_i = 0; \qquad \overline{\Delta} = \sum_1^N \Delta_i^2 \to \min. \tag{4.3}$$

Этим самым К. Гаусс показал, что $\mathbf{\Delta^2}$ оптимально характеризует степень влияния отклонений от среднего значения по сравнению с $\mathbf{\Delta^3}$, $\mathbf{\Delta^4}$ и т. д., а среднеквадратическое значение $\overline{\Delta}$ принято им в качестве параметра распределения случайных величин, получившее обозначение σ. Квадрат этой величины называется дисперсией (D).

$$D = \sigma^2 = \frac{\sum_1^N \Delta_i^2}{N}, \; \sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N \Delta_i^2}{N}}. \tag{4.4}$$

В математической статистике для нахождения дисперсии методом моментов используют первый и второй начальные моменты.

$$\sigma^2 = m_2 - m_1^2, \; \sigma = \sqrt{m_2 - m_1^2}. \tag{4.5}$$

В нашем примере имеем:

$m_1 = 0{,}275$; $m_2 = 11{,}09$; $\sigma^2 = 11{,}09 - (0{,}275)^2 = 11{,}014$; $\sigma = 3{,}319$.

Заметим, что третий начальный момент (m_3) характеризует степень асимметрии распределения (повышенное влияние значительных

отклонений **Δ,** что определяет сдвиг $\bar{x}$ относительно модального значения x_{Mo}). Четвертый начальный момент (m_4) характеризует эксцесс (сплюснутость – вытянутость) распределения относительно значения, соответствующего нормальному распределению К. Гаусса. Показатели асимметрии (A) и эксцесса (Эк) определяются через центральные моменты (μ) по формулам:

$$\left.\begin{array}{ll} A = \mu_3 / \sigma^3; & \mu_3 = m_3 - 3m_1m_2 + 2m_1^3; \\ Э = \mu_4 / \sigma^4 - 3; & \mu_4 = m_4 - 4m_3m_1 + 6m_2m_1^2 - 3m_1^4 \end{array}\right\} \quad (4.6)$$

Для случая, когда показатель *x,* принимает непрерывные значения и имеет большой размах между наибольшим и наименьшим значениями, используют способ группировки по классам с классовым интервалом ***C***. Тогда графа 1 (интервал изменения) при построении расчетной таблицы по примеру табл. 4.1, будет выглядеть следующим образом:

$$\left|\begin{array}{l} x_{\min} - x_1 \\ x_1 - x_2 \\ x_2 - x_3 \\ x_{n-1} - x_{\max} \end{array}\right| \qquad \begin{array}{l} x_1 = x_{\min} + C, \\ x_2 = x_1 + C = x_{\min} + 2C, \\ x_3 = x_2 + C = x_{\min} + 3C, \\ x_n = x_{n-1} + C = x_{\min} + n \cdot C, \end{array}$$

$$n = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{C}.$$

Вся схема обработки сохраняется, как это показано в табл. 4.2. Следует заметить, что поскольку значения n графы 2 относятся к интервалу ***C***, окончательные определения среднего значения $\bar{x}$ и σ будут вычисляться по формулам

$$\bar{x} = x_0 + m_1 C, \quad (4.7)$$

$$\bar{\sigma} = C\sqrt{m_2 - m_1^2} = C\sigma,$$

где C – классовый интервал (имеет размерность);

x_0 – среднее значение x в нулевом классе ($a = 0$);

$\bar{\sigma}$ – приведенное среднеквадратическое отклонение.

Таблица 4.2

Пример обработки непрерывной совокупности статистических сведений

Класс изменения случайной величины x	n	a	na	na	p, %
1	2	3	4	5	6
10 – 20	3	-7	-21	147	0,75
20 – 30	8	-6	-48	288	2,00
30 – 40	21	-5	-105	525	5,25
40 – 50	17	-4	-68	272	4,25
50 – 60	38	-3	-114	342	9,50
60 – 70	28	-2	-56	112	7,00
70 – 80	50	-1	-50	50	12,50
80 – 90	70	0	0	0	17,50
90 – 100	38	1	38	38	9,50
100 – 110	33	2	66	132	8,25
110 – 120	20	3	60	180	5,00
120 – 130	15	4	60	240	3,75
130 – 140	28	5	140	700	7,00
140 – 150	13	6	78	468	3,25
150 – 160	14	7	98	686	3,50
160 – 170	4	8	32	256	1,00
$\sum$	400		–462 +572 +110	4436	100,0

Классовый интервал ***C*** определяется по формуле

$$C = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n}, \tag{4.8}$$

где $n \geq 12$ есть количество классов, на которые разбивается ряд случайной величины *X*. Значение $n = 12$ принимается из следующего условия. За счет группировки данных по классам возникает погрешность в определении начальных моментов m_i. Эта ошибка связана принятием за среднее значение случайных величин *x*, попавших в интервал $x - (x + c)$, значения $x + c/2$, то есть среднего значения интервала. В действительности среднее значение случайной величины *x*, находящейся в интервале $x_k - (x_k + c)$, не равно среднему значению интервала

$$\frac{\sum x_i}{n} - \left(x_k + \frac{c}{2} \right) \neq 0.$$

Шеппард показал, что погрешность определения σ не превысит 0,5 %, если классовый интервал $C << 0{,}5\sigma$. Поскольку

$$\sigma = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{6}, \tag{4.9}$$

то

$$C = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{12}. \tag{4.10}$$

Например: $x_{\max} = 28{,}4$, $x_{\min} = 1{,}2$,

$$C = \frac{28{,}4 - 1{,}2}{12} = 2{,}27.$$

Принимается значение классового интервала $C = 2$.

В примере табл. 4.2 $x_{\max} = 170$, $x_{\min} = 10$,

$$C = \frac{170 - 10}{12} = 13{,}33.$$

Здесь целесообразно принять $C = 10$.

4.3. Оценка погрешности среднего значения и дисперсии выборки

Из предположения, что истинное значение показателя ***X*** соответствует только полной генеральной совокупности, следует, что любая выборка допускает некоторое расхождение своих статистик (вычисленных значений характеристик) от их искомого значения. Величина возможного расхождения определяется разбросом показателя *x*, который характеризуется также значением σ. Возникновение этой погрешности объясняется вероятностной сущностью случайных величин. Из условия, что $\sum_{1}^{n} \Delta_i = 0$, следует, что сумма положительных $+\mathbf{\Delta}$ равна сумме отрицательных $-\mathbf{\Delta}$. Это предполагает равную вероятность появления $\mathbf{\Delta}$ с любым значением и любым знаком и позволяет допустить, что количество положительных значений $\mathbf{\Delta}$ будет равно количеству отрицательных значений $\mathbf{\Delta}$ при достаточно больших *n*. Из этого следует, что вероятность появления $+\mathbf{\Delta}$ равна вероятности появления $-\mathbf{\Delta}$ и равна $p = 0{,}5$. Но это не исключает возможности появления подряд нескольких положительных или отрицательных значений, что следует из формулы вероятности совместных событий.

$$P_\tau = p^\tau. \qquad (4.11)$$

Среднее значение τ для степенного распределения (4.11) при $p = 0{,}5$ равно 2.

$$\bar{\tau} = \sum_{1}^{\infty} \tau_i 0{,}5^{\tau}. \qquad (4.12)$$

Здесь τ – длина серии значений $\mathbf{\Delta}$, имеющих один знак.

Представленные выше расчеты по формулам (4.11) наглядно показывают, что чем длиннее серия наблюдений, тем вероятнее становится событие, состоящее в появлении серии значений с одним знаком. Так, чтобы зафиксировать серию $3\mathbf{\Delta}$, необходимо произвести в среднем не менее 8 наблюдений, а серию длиной $8\mathbf{\Delta}$ возможно наблюдать уже при 256 наблюдениях. Для выполнения условия симметрии необходимо количество наблюдений увеличить в два раза. Из этого рассмотрения становится очевидным, что соблюсти условие симметрии на практике достаточно сложно, и это обстоятельство становится причиной расхождения между статистиками различных выборок. В табл. 4.3 приведен пример расчета вероятности появления серии случайной величины $\mathbf{\Delta}$, имеющей один знак.

В силу этого любая ограниченная выборка в своих средних статистиках будет отличаться от истинных. Из общей теории математической статистики следует, что погрешности среднего ($m_{\bar{x}}$) и среднеквадратического значения (σ) выборки определяют по формулам:

$$\begin{aligned} m_{\bar{x}} &= \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} t, \\ m_{\sigma} &= \pm \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} t, \end{aligned} \qquad (4.\ 13)$$

где n – объем выборки; t – коэффициент вероятности.

Таблица 4.3

Вероятность появления серии **Δ** с одним знаком

Длина серии Δ с одним знаком (+) или (–), τ	Вероятность серии при $p = 0{,}5$	Накопительная вероятность, P
1	0,500	0,5
2	0,250	0,75
3	0,125	0,875
4	$6{,}250 \cdot 10^{-2}$	0,9375
5	$3{,}125 \cdot 10^{-2}$	0,96875
6	$15{,}625 \cdot 10^{-3}$	0,984375
7	$78{,}125 \cdot 10^{-4}$	0,9921875
8	$390{,}625 \cdot 10^{-5}$	0,99609375
9	$1953{,}125 \cdot 10^{-6}$	0,998046875
10	$9765{,}625 \cdot 10^{-7}$	0,9990234375

Коэффициент вероятности t принимает значения 1, 2, 3. При $t = 1$ вероятность оценки составляет $P_1 = 0{,}68$; при $t = 2$, соответственно, $P_2 = 0{,}95$; при $t = 3$ $P_3 = 0{,}997$. Коэффициент t вводится как своеобразный коэффициент запаса надежности. Вот почему для высокоточных измерений или ответственных маркшейдерских работ принимают $t = 3$, т. е. утроенную ошибку.

Пример. Пусть угол АВС измерен 4 раза ($n = 4$) и полная погрешность одного измерения составляет $\delta = 18''$. Оценить точность определения среднего значения угла. С вероятностью $P = 0{,}68$ ($t = 1$) эта погрешность составит

$$m_{\bar{x}} = \pm\frac{18}{2} = 9'', \qquad m_{\delta} = \frac{18}{\sqrt{8}} = 6{,}4''.$$

С вероятностью $P = 0{,}95$ ($t = 2$) погрешность составляет

$$m_{\bar{x}} = \pm\frac{18}{2}\cdot 2 = 18'', \qquad m_{\delta} = \frac{18}{\sqrt{8}}\cdot 2 = 12{,}8''.$$

Наконец, с вероятностью $P = 0{,}997$ ($t = 3$) можно ожидать, что погрешность среднего значения не превысит величины

$$m_{\bar{x}} = \pm\frac{18}{2}\cdot 3 = 27'', \qquad m_{\delta} = \frac{18}{\sqrt{8}}\cdot 3 = 19{,}2''.$$

4.4. Значимость расхождения средних значений двух независимых выборок

В практике изучения статистических совокупностей возникает задача оценки соответствия эмпирических сведений некоторым априорным или теоретическим представлениям, особенно когда речь идет о природе и сущности явления, о закономерностях, свойствах или специфике процессов и событий. Сущность и явление органически связаны, но различны по своему содержанию. Сущность отражает внутреннюю, а явление – внешнюю сторону действительности. В силу этого сущность выступает как определяющее, а явление – как определяемое. Оценке подлежит разность между эмпирическими характеристиками различных выборок, когда вопрос формулируется следующим образом: отмечаемые различия – случайные и ими можно пренебречь, или этими различиями пренебречь нельзя, так как они носят устойчивый характер и определяются неустановленными причинами?

Ответ на поставленный вопрос помогает получить теория оценивания статистических гипотез, некоторые сведения из которой приводятся ниже.

Из генеральной совокупности случайной величины x, имеющей стандарт σ, исследованы две независимые выборки объемами n_1 и n_2. Необходимо оценить значимость расхождения между средними значениями $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$:

$$\left|\bar{x}_1 - \bar{x}_2\right| = \Delta .$$

Для решения этой задачи применяется распределение Стьюдента (t-распределение). Параметр t определяется по формуле

$$t = \frac{\Delta}{\sqrt{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \qquad (4.14)$$

причем:

$$s_1 = \sqrt{\sum_1^{n_1} \delta_i^2 / (n_1 - 1)} \ , \quad s_2 = \sqrt{\sum_1^{n_2} \delta_i^2 / (n_2 - 1)} \ ,$$

где $\delta_i = x_i - \bar{x}$.

Параметр t распределяется по закону

$$P(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi k}\,\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{k}\right)^{-\left(\frac{k+1}{2}\right)},$$

$$k = n_1 + n_2 - 2,$$

где $\Gamma(x)$ – гамма-функция.

Рассчитанное по формуле (4.14) значение t сравнивается с табличным значением t_0 (табл. 4.4) при степенях свободы k и заданном

уровне значимости (вероятности P). Уровень значимости – вероятность того, что рассчитанное значение t будет больше допустимого t_0.

Таблица 4.4

Значения t_0 при заданном k и уровне значимости P

k \ P	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
5	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
10	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
15	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
20	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
25	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
30	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291

Пример. Генеральная совокупность представляет собой данные опробования рудного материала на содержание компонента x. В первой выборке объемом $n_1 = 50$ получено $\bar{x}_1 = 20\ \%$, $s_1 = 3\ \%$; во второй выборке объемом $n_2 = 100$ $\bar{x}_2 = 22\ \%$, $s_2 = 3{,}2\ \%$. Оценить значимость расхождения

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 20 - 22 = -2\%.$$

Определяем фактические значения параметра t:

$$t = \frac{|-2|}{\sqrt{49 \cdot 3^2 + 99 \cdot 3{,}2^2}} \sqrt{\frac{50 \cdot 100(50 + 100 - 2)}{50 + 100}} = 3{,}683.$$

Сравниваем значение $t = 3{,}683$ с табличным значением при $k = 148$ и уровне значимости $P = 0{,}05$. Табличное значение t_0 равно 1,980 (пе-

ресечение строки $k = 120$ и столбца $P = 0{,}05$). Рассчитанное значение $t > t_0$ (табл. 4.4), что означает: расхождение $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| = 2\%$ не может быть отнесено к случайным, т. е. оно значимо. Допустимое значение, при котором Δ может рассматриваться как случайное:

$$\Delta_0 \le t_0 \sqrt{\frac{(n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2)(n_1 + n_2)}{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}}. \qquad (4.15)$$

В нашем примере

$$|\Delta_0| \le 1{,}9 \sqrt{\frac{(49 \cdot 3^2 + 99 \cdot 3{,}2^2)(50 + 100)}{50 \cdot 100 (50 + 100 - 2)}} = 1{,}08\ \%.$$

При объемах выборок $n > 20$ значение доверительного интервала может быть определено по известной формуле определения дисперсии разности случайных величин:

$$S_{\bar{x}_1} = \frac{S_1}{\sqrt{n_1}}, \qquad S_{\bar{x}_2} = \frac{S_2}{\sqrt{n_2}}, \qquad S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{S_{\bar{x}_1}^2 + S_{\bar{x}_2}^2}.$$

В условиях нашего примера получим:

$$S_{\bar{x}_1} = \frac{3}{\sqrt{50}} = 0{,}424\ \%, \qquad S_{\bar{x}_2} = 0{,}320\ \%;$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{0{,}424^2 + 0{,}320^2} = 0{,}53\ \%.$$

Следовательно, с вероятностью 0,68 (при $t = 1$), допустимое расхождение $\Delta_0 = 0{,}53$, а при $t = 2$ интервал $\Delta_0 = 1{,}06$. Расчет практически совпал с точной оценкой.

4.5. Значимость расхождения дисперсий двух независимых выборок

Пример. Какое число от 0 до 9 люди чаще всего называют?

В эксперименте участвовали две группы студентов УГГУ пятого курса. Ниже представлены результаты этого эксперимента.

Число x_1	n	a	na	na^2	p_1, %	Число x_2	n	a	na	na^2	p_2, %
0	4	-5	-20	100	6,0	0	6	-5	-30	150	8,3
1	7	-4	-28	112	10,4	1	4	-4	-16	64	5,5
2	3	-3	-9	27	4,5	2	4	-3	-12	36	5,6
3	4	-2	-8	16	6,0	3	6	-2	-12	24	8,3
4	9	-1	-9	9	13,5	4	4	-1	-4	4	5,5
5	7	0	0	0	10,4	5	11	0	0	0	15,4
6	3	1	3	3	4,5	6	5	1	5	5	6,9
7	17	2	34	68	25,4	7	17	2	34	68	23,7
8	9	3	27	81	13,4	8	7	3	21	63	9,7
9	4	4	16	64	5,9	9	8	4	35	128	11,1
	67		7	480	100,0		72		18	542	100,0

$$m_1 = \frac{7}{67} = 0{,}10; \qquad m_1 = \frac{8}{72} = 0{,}25;$$

$$m_2 = \frac{480}{67} = 7{,}16; \qquad m_2 = \frac{542}{72} = 7{,}53;$$

$$\bar{x}_1 = 5{,}0 + 0{,}1 = 5{,}10; \qquad \bar{x}_2 = 5{,}0 + 0{,}25 = 5{,}25;$$

$$\sigma_1 = \sqrt{7{,}16 - 0{,}1^2} = 2{,}68; \quad \sigma_2 = \sqrt{7{,}53 - 0{,}25^2} = 2{,}73.$$

Требуется оценить значимость расхождения $\Delta = |\bar{x}_1 - \bar{x}_2|$.

$$\Delta = |5{,}10 - 5{,}25| = 0{,}15.$$

$$t = \frac{0{,}15}{\sqrt{66 \cdot 2{,}68^2 + 71 \cdot 2 \cdot 73^2}} \cdot \sqrt{\frac{67 \cdot 72(67 + 72 - 2)}{67 + 72}} = 0{,}326 .$$

Согласно табл. 4.4 имеем $t_0 = 1{,}98$ при уровне значимости 0,05. Поскольку $t << t_0$ (0,326 < 1,98), следует заключить: значение $\Delta = 0{,}15$ относится к категории случайного расхождения. Допустимое значение расхождения

$$\Delta_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{2{,}68^2}{67} + \frac{2{,}73^2}{72}} = \pm 0{,}459 .$$

Таким образом, для уровня значимости P = 0,68 $\Delta_{\text{доп}} = 0{,}459$, для P = 0,95 интервал $\Delta_{\text{доп}} = 0$, 918 и, наконец, для P = 0,997 $\Delta_{\text{доп}} = 1{,}377$. Теоретическое значение $\Delta_{\text{доп}}$

$$\Delta_{\text{доп}} = 1{,}98\sqrt{\frac{(67 \cdot 2 \cdot 68^2 + 72 \cdot 2 \cdot 73^2)(67 + 72)}{67 \cdot 72(67 + 72 - 2)}} = 0{,}916 .$$

Упрощенный способ вычисления $\Delta_{\text{доп}}$ практически соответствует строгому методу: 0,918 ≈ 0,916. Проведенный анализ показывает, что обе группы студентов, участвующих в эксперименте, одинаково репрезентативны и потому могут быть объединены. Тогда будем иметь:

Число	n	a	na	na^2	p, %	$\sum p$, %
0	10	-5	-50	250	7,2	7,2
1	11	-4	-44	176	7,9	15,1
2	7	-3	-21	63	5,0	20,1
3	10	-2	-20	40	7,2	27,3
4	13	-1	-13	13	9,4	36,7
5	18	0	0	0	12,9	49,6

Число	n	a	na	na^2	p, %	$\sum p$, %
6	8	1	88	8	5,8	55,4
7	34	2	68	136	24,5	79,9
8	16	3	48	144	11,5	91,4
9	12	4	48	192	8,6	100,0
	139		27	1022	100,0	

$$m_1 = \frac{27}{139} = 0{,}19, \qquad m_2 = \frac{1022}{139} = 7{,}35,$$

$$\bar{x} = 5{,}0 + 0{,}19 = 5{,}19, \qquad \sigma = 2{,}70.$$

Интересным фактом проведенного исследования является наибольшая частость числа 7 (P = 24,5 %) и 5 (P = 12,9 %).

Пример. Исследованы две группы студентов УГГУ по трем морфологическим параметрам: рост (x), вес (y), размер обуви (z). Исследования дали следующие результаты:

$$n_1 = 55 \quad x_2 = 181\,\text{см} \quad y_1 = 73{,}4\,\text{кг} \quad z_1 = 42{,}1$$

$$\sigma_{x_1} = 3{,}1\,\text{см} \quad \sigma_{y_1} = 2{,}4\,\text{кг} \quad \sigma_{z_1} = 1{,}6$$

$$n_2 = 25 \quad x_2 = 164{,}4\,\text{см} \quad y_2 = 54{,}1\,\text{кг} \quad z_2 = 37$$

$$\sigma_{x_2} = 7{,}4\,\text{см} \quad \sigma_{y_2} = 2{,}8\,\text{кг} \quad \sigma_{z_2} = 1{,}6.$$

Опуская вычислительные операции, получим следующие характеристики: при уровне значимости 0,05

$$\Delta_x = 16{,}6\,\text{см} \quad t_x = 14{,}1 \quad t_0 = 2,$$

$$\Delta_y = 19{,}36\,\text{кг} \quad t_y = 16{,}4 \quad t_0 = 2,$$

$$\Delta_z = 5{,}1 \quad t_z = 4{,}3 \quad t_0 = 2.$$

Во всех случаях расчетные значения t больше табличного, что означает: отмечаемые расхождения носят не случайный характер, а

вполне закономерный, коллективы характеризуются как неоднородные. Действительно, первый коллектив ($n_1 = 55$) показывает морфологические показатели юношей, второй ($n_2 = 25$) – девушек.

Получить ответ на вопрос о значимости расхождения между дисперсиями σ_1^2 и σ_2^2 двух независимых выборок позволяет применение критерия Фишера (*F*-критерий). Суть анализа сводится к следующей схеме вычислительных операций. Находится значение критерия *F*:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, \qquad (4.16)$$

причем $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$, т. е. $F > 1$.

Это значение сравнивается с табличным значением (табл. 4.5) для степеней свободы $k_1 = n_1 - 1$ и $k_2 = n_2 - 1$ при уровне значимости *P*.

Если $F < F_0$, то расхождение между σ_1^2 и σ_2^2 следует признать случайным.

Таблица 4.5

Значения F_0 при $P = 0{,}05$

k_2 / k_1	5	8	16	24	50	∞
5	5,05	4,82	4,60	4,53	4,44	4,36
8	3,69	3,44	3,20	3,12	3,03	2,93
16	2,85	2,59	2,33	2,24	2,13	2,01
24	2,62	2,36	2,09	1,98	1,86	1,73
50	2,40	2,13	1,85	1,74	1,60	1,44
100	2,30	2,03	1,75	1,63	1,48	1,28
200	2,26	1,98	1,69	1,57	1,42	1,19
∞	2,21	1,94	1,64	1,52	1,35	1,00

Пример. На поверку представлены два теодолита различных фирм изготовителей. Программой исследования предусматривается ответить на вопрос: можно ли отнести эти инструменты к одному классу точности?

Произведена серия испытаний, включающая многократное измерение угла обоими инструментами так, что $n_1 = n_2 = 100$. Обработка измерений показала, что отклонения отдельных отсчетов от среднего значения близки к нормальному распределению с математическим ожиданием $M(\Delta) = 0$. Дисперсии каждой серии измерений соответственно равны: $\sigma_1^2 = 324$, $\sigma_2^2 = 144$ или $\sigma_1 = 18''$, $\sigma_2 = 12''$.

В соответствии с формулой (4.16) получим

$$F = \frac{324}{144} = 2{,}25.$$

Число степеней свободы $k_1 = 100 - 1 = 99$, $k_2 = 100 - 1 = 99$.

Принимаем уровень значимости $P = 0{,}05$ и по табл. 4.5 находим, что $F_0 < 1{,}48$. Таким образом, $F > F_0$, и мы делаем заключение о неслучайности расхождения дисперсий. Следовательно, по этому критерию инструменты должны быть отнесены к разным классам точности.

Пример. В примере 3 приведен анализ двух выборок по критерию расхождения средних значений, который указал на существенность различий средних значений. Критерий Фишера F позволяет подкрепить анализ оценкой внутренней структуры статистических совокупностей. В результате имеем:

$$n_1 = 55; \quad \sigma_{x_1} = 3{,}1\,\text{см}; \quad \sigma_{y_1} = 2{,}4\,\text{кг}; \quad \sigma_{z_1} = 1{,}6;$$

$$n_1 = 25; \quad \sigma_{x_2} = 7{,}4\,\text{см}; \quad \sigma_{y_2} = 2{,}8\,\text{кг}; \quad \sigma_{z_1} = 1{,}6;$$

$$F_x = \left(\frac{7{,}4}{3{,}1}\right)^2 = 5{,}7, \qquad F_y = \left(\frac{2{,}8}{2{,}4}\right)^2 = 1{,}36, \qquad F_z = \left(\frac{1{,}6}{1{,}6}\right)^2 = 1.$$

$$F_0(x) < 1{,}86 \qquad F_0(y) < 1{,}86 \qquad F_0(z) < 1{,}86.$$

$F_x > F_0(x)$ – расхождение существенное;

$F_y < F_0(y)$ – расхождение несущественное;

$F_z < F_0(z)$ – расхождение несущественное.

Таким образом, только по параметру «рост» обе выборки отличаются как по внешнему (среднее значение), так и по внутреннему (дисперсия) признакам. По параметрам «вес» и «размер обуви» статистические совокупности выборок различаются несущественно.

4.6. Требования к объему выборки

При организации опытов, промышленных экспериментов, изучении статистических закономерностей возникает вопрос: сколько нужно провести экспериментов, какой объем статистической выборки следует считать необходимым и достаточным? Согласно закону больших чисел: чем больше данных, тем лучше. Ориентиром в инженерных расчетах могут служить следующие соотношения. Из доверительного интервала для центра распределения

$$|\Delta_{\bar{x}}| = |\bar{x} - x_o| = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} t$$

следует, что

$$n = \frac{\sigma^2}{\Delta_{\bar{x}}^2} t^2, \qquad (4.17)$$

где t – коэффициент вероятности, равный 1, 2, 3 при соответствующих вероятностях 0,68; 0,95; 0,997.

Учитывая, что относительная погрешность среднего

$$\Delta_{\bar{x}_{\text{отн}}} = \frac{\left|\Delta_{\bar{x}}\right|}{\bar{x}},$$

получим (при коэффициенте вариации $V = \sigma / x$)

$$n = \frac{V^2}{\Delta^2_{\bar{x}_{\text{отн}}}} t^2.$$

Можно также исходить из требования не превысить заданную погрешность в определении σ. Тогда из условия

$$|\Delta_\sigma| = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} t,$$

получим:

$$n = \frac{\sigma^2}{2\Delta^2_\sigma} t^2.$$

При выполнении корреляционного анализа рекомендуется исходить из требования точности определения коэффициента корреляции (корреляционного отношения). Известно, что при больших n

$$r \geq t \cdot m_r,$$

$$m_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n}}.$$

Отсюда:

$$n = \frac{t^2\left(1 - r^2\right)}{r^2}. \qquad (4.18)$$

Как следует из приведенных подходов, главными факторами, определяющими объем выборок, являются задаваемая точность и уровень вероятности достижения поставленного требования.

В теории информации важнейшей характеристикой является энтропия, которая напрямую связана с оценкой количества информации. Известно, что выборочная средняя $\bar{x}$ при $n \to \infty$ распределяется по нормальному закону. Тогда можно записать, что

$$f(\bar{x}) = \frac{1}{\sigma_{\bar{x}}\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_{\bar{x}}^2}(\bar{x} - x)^2 \right].$$

Из этого следует, что энтропия равна

$$Э_{\bar{x}} = M\left[-\ln \frac{1}{\sigma_{\bar{x}}\sqrt{2\pi}} + \frac{1}{2\sigma_{\bar{x}}^2}\Delta_{\bar{x}}^2 \right] - \ln \Delta_{\bar{x}} = \ln \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\Delta_{\bar{x}}}\sqrt{2\pi e}.$$

При $Э_{\bar{x}} = 0$ достигается устойчивая определенность оценок. Учитывая, что $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, после преобразования получим:

$$n = 2\pi e \frac{\sigma^2}{\Delta_{\bar{x}}^2}, \qquad (4.19)$$

которое по виду схоже с формулой (4.17) при $t = \sqrt{2\pi e} \approx 4{,}13$, наполняя его информационным содержанием.

Пример. Дано: $\sigma = 7{,}4$; требуется обеспечить погрешность среднего значения $\Delta_{\bar{x}} \le 0{,}5$. Оценить число *n*.

$$n = \frac{\sigma^2}{\Delta_{\bar{x}}^2} t^2 = \frac{7{,}4^2}{0{,}5^2} \cdot 9 = 1971.$$

Чтобы обеспечить погрешность в определении σ не более $\Delta_\sigma \le 0{,}5$, необходимо выполнить условие

$$n = \frac{\sigma^2}{2\Delta_{\bar{x}}^2} t^2 = \frac{7{,}4^2}{2 \cdot 0{,}5^2} \cdot 9 = 985.$$

Исходя из критерия энтропии, необходимое количество данных должно быть не меньше

$$n = 2\pi e \frac{\sigma^2}{\Delta_{\bar{x}}^2} = 17{,}08 \cdot \frac{7{,}4^2}{0{,}5^2} \approx 3741 .$$

4.7. Оценка устойчивости статистической функции распределения совокупности

Основной характеристикой генеральной совокупности является закон распределения $F_0(x)$ случайной величины x. Очевидно, что статистические параметры выборки отличаются от параметров генеральной совокупности, и может иметь место равенство

$$\Delta_0 = \max | F(x) - F_0(x) |,$$

причем

$$P(\Delta_0 \sqrt{n} = \delta_0 \geq \delta) = 1 - K(\delta).$$

По значению δ_0 и принимаемому уровню значимости P находят значение $P = 1 - K(\delta)$.

Практически можно руководствоваться следующим соотношением: если рассчитанное значение $\delta_0 \geq 1{,}62$ – уровень значимости составляет $P < 0{,}01$; если рассчитанное значение $\delta_0 < 1{,}00$, делается вывод о случайном характере отклонения Δ и распределение $F(x)$ можно считать согласованным с его интерпретацией $F_0(x)$; если выполняется условие $1{,}00 < \delta_0 < 1{,}36$, делается заключение о существенности величины Δ_0, хотя уровень значимости P изменяется в пределах 0,05 – 0,27.

Более мощной оценкой является критерий согласия Пирсона (χ^2-критерий). Показатель χ^2 определяется путем сопоставления фактически наблюдаемых частот $P_ф$ с выравнивающей частотой P_o

$$\chi^2 = \sum_1^n \frac{(P_ф - P_o)_i^2}{P_{o_i}}.$$

К. Пирсон показал, что величина $x = \chi^2$ подчиняется распределению вида

$$f(x) = \frac{1}{2^{k/2}\Gamma(k/2)} x^{\frac{k-2}{2}} e^{-x/2}, \qquad (4.20)$$

где k – число степеней свободы ($k = n - 1 - s$); n – количество классовых интервалов, по которым построено эмпирическое распределение частостей случайной величины; s – число параметров у предполагаемого распределения (у нормального распределения $s = 2$).

Распределение χ^2 совпадает с законом распределения суммы квадратов нескольких нормально распределенных случайных величин, например, с распределением квадрата длины диагонали прямоугольника ($c^2 = a^2 + b^2$) или параллелепипеда ($d^2 = a^2 + b^2 + c^2$).

Для практического использования составлены таблицы распределения χ^2 (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Значения χ^2 при k степенях свободы и вероятности $P(\chi^2)$

k \ P	0,99	0,95	0,90	0,50	0,10	0,05	0,01
2	0,020	0,103	0,211	1,386	4,605	5,991	9,210
5	0,554	1,145	1,610	4,351	9,236	11,070	15,086
7	1,239	2,167	2,833	6,346	12,017	14,067	18,475
9	2,088	3,325	4,168	8,343	14,684	16,919	21,666
11	3,053	4,575	5,578	10,341	17,275	19,675	24,725
13	4,107	5,892	7,042	12,340	19,812	22,362	27,688
15	5,229	7,261	8,547	14,339	22,307	24,996	30,578

Таблица 4.7

Пример расчета χ^2

x	P_i	P_o	$\Delta_i = P_i - P_0$	$\Delta^2 / P_0 10^{-2}$
0-1	0,080	0,050	0,030	1,80
1-2	0,160	0,149	0,011	0,08
2-3	0,200	0,224	– 0,024	0,26
3-4	0,230	0,224	0,006	0,02
4-5	0,170	0,168	0,002	–
5-6	0,067	0,100	– 0,033	1,09
6-7	0,070	0,050	0,020	0,80
7-8	0,010	0,021	– 0,011	0,58
8-9	0,010	0,008	0,002	0,05
9-10	0,002	0,003	– 0,001	0,03
10-11	0,001	0,002	– 0,001	0,05
11-12	–	0,001	– 0,001	0,10
	1,000	1,000		4,86

По вычисленному значению χ^2 и числу степеней свободы k находится значение $P(\chi^2)$. Принятие решения осуществляется по следующему алгоритму:

– значение χ^2_o в таблице при заданных k и P указывает предельно допустимый уровень;

– если фактическое χ^2 меньше табличного значения χ^2_o при заданном уровне $P(\chi^2)$, то это означает, что наблюдаемые отклонения $\Delta_i = P_i - P_0$ носят случайный характер;

– если фактическое χ^2 больше табличного при заданном уровне $P(\chi^2)$, то это означает, что отклонения не относятся к случайным.

Пример. Оценить степень расхождения между предполагаемым (P_o) и фактическим распределениями случайной величины χ^2.

$$\chi^2 = 0{,}0486, \quad k = 12 - 1 = 11, \; P > 0{,}99.$$

Так как полученное значение $\chi^2 = 0{,}05$ значительно меньше табличного $\chi^2_o = 3{,}053$, делается заключение о том, что вероятность случайных отклонений велика, следовательно, предполагаемое распределение согласуется с теоретическим.

4.8. Непараметрический критерий проверки статистических гипотез

Проверка статистических гипотез широко используется при обработке результатов экспериментальных исследований во многих отраслях знаний, в частности, в геологии, геохимии, биологии, медицине, статистической физике и т. д. Проверку статистических гипотез выполняют по результатам наблюдений на основе вероятностных методов. При этом задача сводится к выяснению вероятности того, что принимаемое априори суждение будет справедливо и правильно.