МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.01 ФИЛОСОФИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 4

Открытые горные работы

формы обучения: **очная, заочная**

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

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

Екатеринбург

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 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.

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 (назывные 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, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории 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 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 [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/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_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 временина 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 согласованна 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 тсоответствовать 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 иллюстрации (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 доклада, 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 мысли, 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 и 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 разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено 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. *Удостоверенные 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, тогда 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, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

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

Ассоциации - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - 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, внятности, 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.

Внятность - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично 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 определятся 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 представляет собой *дискуссию* 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 итогоа 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 целостно - 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 аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать 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 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.

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

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.1.02 ИСТОРИЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Специальность
Специализация №3 «Открытые горные работы»

форма обучения: очная, заочная

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	4
2	Методические указания по подготовке к опросу	8
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	9
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	10
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	11
	Заключение	14
	Список использованных источников	15

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, 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 студентовonline 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 студентовс 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,

---

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

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.

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 метода

2. Методические указанияпо 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 дляосвещения 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 глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).

---

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

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)[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 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

---

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

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.

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.

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 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 представляет собой дискуссию 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 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 смелом до самых современных технических средств), 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. 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 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. – 368с.

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: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

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

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация № 3

Открытые горные работы

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Екатеринбург

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** – сестра **mother**ч– 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 } **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** busi**er - 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:**

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

brave – brave**r – the** brave**st** / 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. In 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. (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

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.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Авторы: Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

Екатеринбург

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. Подюков, В.В. Токмаков, В.М. Куликов ; под ред. В.В. Токмакова ; Уральский государственный горный уни-верситет. - 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. Ушаков, Н. О. Каледина, Б. Ф. Кирин, М. А. Сребный / под ред. К. З. Ушакова. – М.: Изд-во МГГУ, 2000. – 430 с.

Воронов Е. Т., Резник Ю. Н., Бондарь И. 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.

Субботин А. И. Управление безопасностью труда: учебное пособие. – М.: Изд-во МГГУ, 2014. – 266 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Екатеринбург

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 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

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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Екатеринбург

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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Екатеринбург

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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Екатеринбург

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 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Б1.Б.1.06 ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация №3
Открытые горные работы
Квалификация выпускника: **специалист**

формы обучения: **очная, заочная**

Авторы: Дроздова И.В., доцент; Перегон И.В., ст. преподаватель

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для студентов специалитета по направлению подготовки *21.05.04 Горное дело* по дисциплине «Экономика и менеджмент горного производства» специализации №3 *Открытые горные работы* в рамках подготовки и защиты курсовой работы.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки курсовой работы, требования к её оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1.1. Цели и задачи курсовой работы

Целью данной работы является развитие навыков разработки экономического обоснования проектных решений для открытых горных работ.

Экономические расчёты в дипломном проекте должны обеспечить решение следующих вопросов разработки месторождения полезных ископаемых в конкретных горно-геологических условиях:

1. Выбор и сравнительную оценку экономической эффективности лучшего технического варианта по специальной части дипломного проекта.

2. Определение объёма инвестиций, потребных для строительства, модернизации или реконструкции проектируемого карьера (или его участка), включая потребные инвестиции в объекты непроизводственной сферы.

3. Расчёт текущих издержек (себестоимости) добычи полезного ископаемого на период достижения проектной мощности предприятия.

4. Определение прибыли и рентабельности проектируемого предприятия.

5. Анализ основных технико-экономических показателей проекта и оценку экономической эффективности инвестиций.

Для получения реальных результатов экономические расчёты должны производиться на основе действующих технически обоснованных норм расхода материально-энергетических ресурсов, норм выработок (времени), цен, тарифных ставок и должностных окладов, стоимости машин и оборудования.

Для выполнения курсовой работы по дисциплине «Экономика и менеджмент горного производства» необходимо по индивидуальным данным задания выполнить расчет инвестиционных и текущих (эксплуатационных) затрат, связанных с открытой разработкой месторождения полезных ископаемых,

а также произвести оценку экономической эффективности произведенных затрат. Курсовой проект также выполняется по предлагаемой ниже методике, но без учета сравнения вариантов проектных решений.

Подготовка курсовой работы по дисциплине «Экономика и менеджмент горного производства» студентами специальности *21.05.04 Горное дело* является важным этапом образовательного процесса, в ходе которого закладываются компетенции, позволяющие студенту оценивать реальный инвестиционный проект. Курсовая работа по дисциплине «Экономика и менеджмент горного производства» должна быть выполнена в форме самостоятельно проведенного исследования и демонстрировать способность студента грамотно пользоваться литературой, умение обобщать и анализировать собранную информацию, критически оценивать существующие идеи, теории и концепции, излагать свои мысли, грамотно структурировать материал.

Задачами выполнения курсовой работы по дисциплине «Экономика и менеджмент горного производства:

- расширение и закрепление теоретических знаний, полученных студентами в процессе лекционных и практических занятий по дисциплине;
- углубленное изучение отдельных разделов дисциплины;
- овладение навыками работы со специальной экономической литературой (монографии, брошюры, журналы, газеты и др.);
- формирование умения применить на практике методику оценки эффективности инвестиционного проекта.

1.2. Типовая тема и структура курсовой работой

Типовая тема курсовой работы: «Оценка эффективности инвестиционного проекта».

Структура курсовой работы:

ВВЕДЕНИЕ……..
1. КОНЪЮНКТУРА СЫРЬЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ…….
1. ВВЕДЕНИЕ
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМА ИНВЕСТИЦИЙ ПО ВАРИАНТАМ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ…….
3. ОСНОВНОЙ И ОБОРОТНЫЙ КАПИТАЛ (ИМУЩЕСТВО) ПРЕДПРИЯТИЯ……..
3.1. Основной капитал горного предприятия……..
3.2. Оборотный капитал горного предприятия ……..
4. ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРОЕКТА……..
5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ……..
5.1. Производственная структура и структура управления предприятием (карьером)……
6. РАСЧЁТ ТЕКУЩИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК……..
6.1. Определение эксплуатационных затрат по основным и вспомогательным производственным процессам по видам затрат (по вскрыше и полезному ископаемому)……
6.2. Определение себестоимости вскрыши и полезного ископаемого…….
6.3. Расчет себестоимости по видам товарной продукции……
6.4. Расчет себестоимости по рассматриваемым вариантам проектных решений и годам расчетного периода……...
6.5. Расчет себестоимости товарной продукции…….
7. ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ……...
7.1. Отчёт о прибыли…….
7.2. Отчёт о движении денежных потоков……..
7.3. Оценка экономической эффективности инвестиций……..
8. АНАЛИЗ, ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ……
ЗАКЛЮЧЕНИЕ
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ И ПРИМЕРЫ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. КОНЪЮНКТУРА СЫРЬЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Целью выполнения этого раздела является описание рынка минерального сырья того или иного вида, анализ основных тенденций его изменения, а также дается общая характеристика действующего или проектируемого предприятия.

1.1. Потребность в готовой продукции и мощность проектируемого предприятия

1.1.1. Конъюнктура сырья.

1.1.2. Характеристика рассматриваемых вариантов производственной мощности (по сырой руде, горной массе, концентрату, попутным компонентам), размещения производственных объектов предприятия (отвалов, транспортных коммуникаций и т. д.), других проектных решений и их обоснование по экономическим, экологическим факторам и горно-геологическим условиям эксплуатации месторождения.

1.1.3. Вопросы, связанные с дальнейшей переработкой добываемого сырья, достижением проектной мощности.

1.1.4. Потребность и объёмы производства продукции, комплексная переработка сырья и пустых пород. Перспективы комплексного использования сырья и пустых пород.

1.2. Общая характеристика действующего или проектируемого предприятия

1.2.1. Технологическая схема и её характеристика.

1.2.2. Взаимосвязь проектируемого основного производства со вспомогательными и обслуживающими процессами и производствами.

Вопросы, рассматриваемые в разделах 1.1 и 1.2, включаются в экономическую часть дипломного проекта, если они не рассматривались до этого в технологической и специальной частях.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМА ИНВЕСТИЦИЙ ПО ВАРИАНТАМ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Целью данной части является определение объемов инвестиций, необходимых для реализации рассматриваемых проектных решений. Рассчитываются сметы в соответствии с рассматриваемыми вариантами.

Расчёт размера инвестиций имеет следующую структуру:

2.1. Подготовка территории строительства:

2.1.1. Оформление горного отвода, к которому относится приобретение:

- получение лицензии: права на пользование землёй, права на пользование недрами;
- лицензии на определенные виды деятельности.

2.1.2. Организационные расходы, включая регистрацию предприятия.

2.1.3. Затраты по компенсации потерь от изъятия сельскохозяйственных земель в размере, установленном законодательством для конкретной территории. из расчёта на 1 га.

2.1.4. Затраты на возмещение убытков землепользователей – вырубка лесных угодий, плодово-ягодных и защитных насаждений, незавершённого производства и т. д.

2.1.5. Затраты, связанные со сносом зданий и сооружений (компенсациями), числящихся в основных фондах муниципальных, частных и акционерных предприятий и организаций, – в размере стоимости работ по разборке и балансовой стоимости объекта с учётом износа.

2.1.6. Затраты на выполнение работ по инженерной подготовке территории строительства (очистка территории, снятие почвенно-растительного слоя, его транспортировка и складирование и т. д.).

2.2. Объекты основного производственного назначения включают в себя:

1) *карьер*: горно-капитальные работы (капитальные траншеи и т. д.), горное оборудование (буровые станки, экскаваторы и т. д.), дренажные работы, осушение (шахты, скважины и т. д.), производственные сооружения (автомобильные дороги в карьере, ж. д. пути в карьере);

2) *технологический транспорт*: ж. д. подвижной состав, ж. д. депо; автомобильный подвижной состав, гараж;

3) *дробильно-конвейерный комплекс:* дробилки, конвейерный транспорт, перегрузочные пункты и т. д.

Расчёты должны выполняться в следующем порядке:

2.2.1. Определение объёмов горно-капитальных работ (проходки дренажных траншей, вскрывающих и капитальных выработок и т. д.).

2.2.2. Определение количества оборудования, необходимого для проведения горно-капитальных работ.

2.2.3. Расчёт сметы на приобретение и монтаж технологического оборудования.

2.2.4. Определение стоимости производства работ (себестоимости) по процессам или принимается по предприятиям-аналогам.

2.2.5. Определение общих затрат.

Затраты на строительство предприятия (карьера) рассчитываются по объектам и видам работ на основе укрупненных технико-экономических показателей, принимаемых по данным практики на конкретном горном предприятии.

Потребный парк оборудования определяется в технологической части дипломного проекта. Затраты на приобретение и монтаж определяются в расчёте на принятый парк.

Затраты на проходку траншей, снятие почвенного слоя и т. д. рассчитываются на основе стоимости производства единицы работ (руб./ куб. м) или стоимости 1 машино/смены оборудования соответствующей марки и его сменной производительности или нормы выработки.

Результаты расчётов сводятся в следующие таблицы:

1) локальная смета по виду работ (табл. 1);

2) локальная смета на приобретение и монтаж оборудования (табл. 2);

3) объектная смета (табл. 3);

4) сводная смета (табл. 4).

Таблица 1

Локальная смета по … (вид работ)

Наименование работ и их краткая характеристика (механизация)	Единица измерения	Объём работ	Стоимость единицы, руб.	Общая стоимость производства работ, тыс. руб.
1	2	3	4	5
Всего по виду работ:				

Пояснения к таблице 1

1. Локальная смета составляется по каждому виду работ.

2. Единицы измерения принимаются по каждому виду работ в зависимости от принятой системы учёта затрат и нормирования работ (куб. м, маш.-см. и др.).

3. Объём работ определяется расчётным путём на основе исходных данных, полученных в технологической части проекта.

4. Стоимость единицы работ принимается по существующим расценкам, действующим на предприятиях-аналогах, по данным практики.

5. Общая стоимость производства работ определяется как произведение гр. 3 · гр. 4.

Таблица 2

Локальная смета на приобретение и монтаж технологического оборудования

Тип (марка) оборудования	Кол-во оборудования, ед.	Отпускная цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	Монтаж, тыс. руб.	Всего, тыс. руб.
1	2	3	4	5	6
Итого по подразделениям:					
Транспортно-заготовительные расходы:					
Итого:					

Пояснения к таблице 2

В форму, приведенную в табл. 2, можно включить все приобретаемое оборудование, выделив при этом процессы, на которых оно применяется.

1. Типы (марки) оборудования и их количество принимаются по данным технологической части проекта (действующего предприятия).

2. Отпускные цены на оборудование принимаются по данным практики, по справочным ценам, или прайс-листам. Все данные должны соответствовать моменту выполнения проекта и корректируются коэффициентами, учитывающими уровень инфляции.

3. Общая стоимость определяется как произведение (гр. 2 · гр. 3).

4. Затраты на монтаж оборудования принимаются в размере 10 % от гр. 4.

5. Транспортно-заготовительные расходы принимаются в размере 7 - 10 % от итого по подразделениям.

Таблица 3

Сводная смета на строительство предприятия

Наименование разделов	Общая сметная стоимость, тыс. руб.	В % к итогу
1	2	3
Раздел 1: **Подготовка территории строительства**		
Раздел 2: Объекты производственного назначения *Карьер*: (горно-капитальные работы, горное оборудование, осушение, автомобильные пути в карьере, ж. д. пути в карьере и т. д.) *Технологический транспорт*: - железнодорожный (подвижной состав, депо) - автомобильный (подвижной состав, гараж) - дробильно-конвейерный комплекс (крупное дробление, конвейерный транспорт, перегрузочные пункты и т. д.) Итого по разделу 2:		
Раздел 3: **Объекты подсобного и обслуживающего назначения** (балки, АБК, мастерские, др.)		
Раздел 4: **Объекты энергетического хозяйства** (ЛЭП, подстанции и т. д.)		
Раздел 5: **Объекты транспортного хозяйства** (автодороги и т. д.)		
Раздел 6: **Канализация**		
Раздел 7: **Озеленение и благоустройство территории** Итого по разделам 1 – 7:		
Раздел 8: **Временные здания и сооружения** Итого по разделам 1 – 8:		
Раздел 9: **Внеобъемные затраты** (зимнее удорожание работ, проектно-изыскательские работы, содержание дирекции, подготовка и набор кадров) Итого по разделу 9: **Резерв на непредвиденные работы и затраты** Итого 1 – 9 с учётом резерва: **Возвратные суммы**: (стоимость временных зданий, стоимость ПИ, добытого при производстве ГКР, стоимость демонтируемого и реализуемого оборудования) Итого возвратных сумм:		
Всего инвестиций на строительство:		

Пояснения к таблице 3

1. Показатели по разделам 1 – 2 сводятся в таблицу по данным локальных смет.

2. Разделы 3 – 7 рассчитываются в случае, если есть соответствующие требования в задании на проектирование. Сметная стоимость по этим разделам принимается по данным практики или по предприятиям-аналогам, исходя из стоимости единицы работ и объёмов работ.

3. Стоимость временных зданий и сооружений принимается в размере 2 % от итого по разделам 1 - 7.

4. Внеобъёмные затраты принимаются в размере 20 % от итого по разделам 1 – 8.

5. Резерв на непредвиденные работы и затраты принимается в размере 5 - 10 % от итого по разделам 1 – 9.

6. Стоимость полезного ископаемого, попутно добытого при производстве горно-капитальных работ, определяется по ценам на товарную продукцию, действующим на момент выполнения проекта.

Таблица 4

Распределение инвестиций по годам строительства предприятия

Направление вложения инвестиций	Год строительства				Всего
	…	…	…	…	
Подготовка территории строительства Объекты производственного назначения Технологический транспорт *Итого:* Возвратные суммы, в т. ч. стоимость полезного ископаемого при производстве горно-капитальных работ					
Всего:					

Далее производится анализ инвестиций по рассматриваемым вариантам проектных решений. Он производится на основе удельных значений инвестиций, т. е. инвестиций, приходящихся на 1 т полезного ископаемого, 1 т (куб. м) горной массы или на 1 руб. товарной продукции. Данные сводятся в табл. 5.

Таблица 5

Удельные инвестиции по вариантам проектных решений

Наименование показателей	Единицы измерения	Варианты	
		I	**II**
Удельные инвестиции: - на тонну полезного ископаемого (руды) - на тонну (куб. м) горной массы - на 1 рубль товарной продукции	 руб./ т руб./ т, руб./ куб. м руб./ руб.		

3. ОСНОВНОЙ И ОБОРОТНЫЙ КАПИТАЛ (ИМУЩЕСТВО) ПРЕДПРИЯТИЯ

Под имуществом предприятия понимаются все активы, находящиеся в его собственности (на балансе): основные производственные (непроизводственные) фонды, нематериальные активы, краткосрочные вложения и оборотные средства.

3.1. Основной капитал горного предприятия

Для определения стоимости основных фондов и долгосрочных вложений из общей стоимости капитального строительства предприятия исключаются возвратные суммы (стоимость временных зданий и сооружений, попутная добыча и т. д.). Затраты на подготовку эксплуатационных кадров, на непромышленные объекты, стоимость объектов смежных фирм и организаций, построенных за счёт инвестиций, приведённых в сводной смете, стоимость ГПР и горных выработок, которые проходятся за счёт инвестиций только для освоения пусковой мощности при новом строительстве, а в последующий период будут полностью самортизированы.

Стоимость основных производственных фондов предприятия приводится в табл. 6 - 7 с учётом погашения их стоимости, по группам (здания, сооружения, рабочие машины и оборудование).

Таблица 6

Промышленные здания и сооружения (инвестиционные затраты)

Наименование объектов (зданий и сооружений)	Краткая характеристика объектов	Един. измерения	Кол-во единиц	Сметная стоимость единицы, тыс. руб.	Общая стоимость, тыс. руб.	Норма амортизационных отчислений, %	Сумма амортизационных отчислений, тыс. руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
А. Здания и сооружения, погашаемые за период существования предприятия							
1. Подготовка территории строительства (объекты строительства, относящиеся к этому этапу работ)							
2. Горно-капитальные работы: (сооружения: горно-капитальная траншея, нагорная траншея и т. д.)							

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
3. Здания и сооружения общекарьерного назначения: (здание диспетчерского пункта, склады ВМ, насосная станция, тяговая подстанция, дренажная шахта и скважина, транспортные коммуникации (ж. д. пути и автодороги) в карьере, на промплощадке и на отвалы и т. д.							
Итого по А:							
Б. Здания и сооружения, погашаемые по нормам амортизации							
1. Здание АБК 2. Здание электроподстанции 3. И т. д.							
Итого по Б:							
Всего по (А+Б):							

Таблица 7

Инвестиционные затраты на приобретение и монтаж оборудования

Наименование процесса и перечень оборудования	Кол-во единиц оборудования, шт.	Общая сметная стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, тыс. руб.
I. ***Осушение и дренаж***: 1. Насосы 2. …				
II. ***Подготовка горной массы к выемке***: 1. Буровые станки 2. Зарядные машины 3. …				
III. Выемочно-погрузочные работы 1. Экскаваторы 2. Бульдозеры 3. …				
IV. Транспортирование 1. Автосамосвалы 2. Электровозы и т. д. 3. …				
V. Отвальные работы 1. Экскаваторы 2. Бульдозеры				
VI. Электроснабжение карьера 1. Трансформаторы и т. д. 2. …				
Итого с I – VI: ***Прочие процессы и оборудование***				
Всего по I – VII:				

Пояснение к таблице 7

1. Данные для табл. 7 принимаются согласно расчётам, приведённым в локальных сметах на приобретение и монтаж оборудования (см. табл. 2, 4).

2. Данные по технологическому транспорту приводятся в таблице, если транспортный цех (участок) входит в структуру карьера, а не является самостоятельным подразделением предприятия или сторонней организацией, услуги которых будут относиться на себестоимость производства.

3. Общая сметная стоимость на оборудование прочих процессов принимается в размере 10 % от итого по I - VI.

Данные для представления в табл. 7 принимаются согласно сводной смете на строительство предприятия (см. табл. 4) и группируются с учётом погашения их стоимости.

Общая стоимость основных производственных фондов (основного капитала) должна соответствовать размеру инвестиций на строительство горного предприятия за вычетом возвратных сумм.

3.2. Оборотный капитал горного предприятия

Общий размер оборотного капитала определяется по формуле

$$О = О_1 + О_2,$$

где О – оборотные средства предприятия; $О_1$ – расходы будущих периодов; $О_2$ – прочие оборотные средства.

С целью упрощения расчётов в проектах можно принимать величину расходов будущих периодов, равную стоимости непогашенной вскрыши. Расчёт объёмов погашаемой вскрыши должен быть увязан с расчётом поэтапного коэффициента погашения затрат на ГПР, относимых на себестоимость полезного ископаемого.

Коэффициент погашения вскрыши (затрат на ГПР) определяется по формуле

$$К_{пог.} = V_{гпр} / (Q_{п.и.} \cdot T_{р.п.}),$$

где $К_{пог.}$ – коэффициент погашения вскрыши (ГПР); $V_{гпр}$ – общий объём вскрыши за расчётный период; $Q_{п.и.}$ – годовая производительность карьера по руде в течение расчётного периода, тыс. т; $T_{р.п.}$ – расчётный период, лет.

Стоимость погашения ГПР может быть определена по формуле

$$С_{гпр.} = С_{вскр.} \cdot К_{пог.} \cdot Q_{п.и.},$$

где $С_{гпр.}$ - стоимость погашения ГПР, относимая на себестоимость полезного ископаемого, тыс. руб.; $С_{вскр.}$ - себестоимость вскрышных работ, руб./т.

Для карьеров строительных материалов, карьеров малой мощности (до 100 - 500 куб. м), а также при небольших объёмах вскрышных работ может быть принято решение об отнесении всех затрат, связанных с производством вскрышных работ, на текущую себестоимость полезного ископаемого.

Размер прочих оборотных средств принимается равным 25 % от годовых эксплуатационных расходов предприятия при применении БВР и 20 % в случае их отсутствия.

4. ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРОЕКТА

Источники финансирования принято подразделять на собственные и заёмные (привлечённые). К *собственным* источникам относится уставный фонд предприятия (собственные средства, вклады учредителей), к *заёмным* – банковский кредит, ссуды других предприятий и коммерческих структур, финансирование за счёт средств бюджета (местного, федерального) и др. В случае использования заёмных средств необходимо указать условия предоставления кредитов (ссуд) – срок и процентную ставку.

Распределение инвестиций по источникам финансирования для данного проекта представляется в табл. 8.

Таблица 8

Источники финансирования проекта

Источники финансирования	Сумма, тыс. руб.	Структура, %
1. **Собственные средства** (акционерный капитал, вклады учредителей и т. д.) 2. **Заёмные средства** (банковский кредит, ссуды других предприятий или коммерческих организаций)		
Итого:		

5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Целью выполнения этого раздела является разработка производственной, организационной структуры предприятия.

5.1. Производственная структура и структура управления предприятием (карьером)

При определении структуры управления предприятия необходимо пользоваться предприятиями-аналогами соответствующей отрасли. Могут быть приняты в качестве аналогов структуры управления зарубежных горнодобывающих предприятий. В данном разделе определяется годовой (календарный), месячный, суточный, сменный режим работы предприятия, его отдельных структурных подразделений.

Вспомогательные и обслуживающие подразделения (например, ремонтно-механический цех, энергоцех и т. д.) могут в производственную структуру цеха не включаться, являясь самостоятельными производственными подразделениями или предприятиями. Производственная и организационная структуры горного предприятия представляются в виде соответствующих схем.

6. РАСЧЁТ ТЕКУЩИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК

Целью выполнения этого раздела является детальный расчет эксплуатационных издержек предприятия по элементам и видам затрат, определяющих себестоимость производства и товарной продукции.

Расчет себестоимости полезного ископаемого (продукции горного предприятия) производится по производственным процессам в следующем порядке:

1. Определение эксплуатационных затрат по основным и вспомогательным производственным процессам по видам затрат (по вскрыше и полезному ископаемому).

2. Расчёт себестоимости полезного ископаемого и вскрыши.

3. Расчёт себестоимости по видам товарной продукции (в случае комплексного использования сырья).

4. Расчёт эксплуатационных затрат по вариантам проектных решений (в экономической части дипломного проекта).

5. Расчёт себестоимости товарной продукции.

6.1. Определение эксплуатационных затрат по основным и вспомогательным производственным процессам по видам затрат (по вскрыше и полезному ископаемому)

6.1.1. Расчёт штата и фонда заработной платы рабочих

Штат рабочих и расходы предприятия на оплату труда рабочих рассчитываются на год работы карьера (с проектной производственной мощностью) по основным и вспомогательным подразделениям. Расчеты выполняются по профессиям рабочих основных и вспомогательных специальностей, с учётом их квалификации, по действующим на момент проведения расчётов тарифным ставкам.

Расчет численности рабочих начинается с разработки проектного баланса рабочего времени на одного рабочего, приведенного в табл. 9.

Таблица 9

Баланс рабочего времени

Статьи баланса	Непрерывное производство	Периодическое производство
1. Календарное число дней в году		
2. Выходные дни		
3. Праздничные дни		
4. Номинальный фонд рабочего времени (гр. 1 - гр. 2 - гр. 3)		
5. Невыходов, всего в том числе по причинам: - отпуск - дни нетрудоспособности - выполнение обществ. и государ. обязанностей - прочие неявки с разрешения администрации		
6. Полезный фонд рабочего времени: - дни (гр. 4 - гр. 5) - часы		
7. Коэффициент списочного состава		

Размер заработной платы может определяться исходя из уровня оплаты труда на предприятии-аналоге на момент сбора исходных данных (на отчетный год).

Результаты расчетов штата и фонда заработной платы рабочих основных и вспомогательных профессий по каждому производственному процессу представляются в табл. 10.

Расчет штата служащих, специалистов и руководителей производится на основе принятой организационной структуры и штатного расписания (для действующих предприятий). Должностные оклады ИТР и специалистов принимаются по данным практики.

Расчеты могут выполняться двумя способами: раздельно по производственным процессам (подразделениям предприятия) либо параллельно по видам затрат.

Результаты расчета штата и фонда заработной платы руководителей, специалистов и ИТР представляются в виде таблицы (табл. 11).

Таблица 10

Расчет штата и фонда заработной платы основного персонала

Профессия рабочих	Годовой объем работ	Расчет штата рабочих						Расчет фонда зарплаты						
		количество рабочего оборудования	норма обслуживания	количество рабочих смен в сутки	явочный штат	коэффициент списочного состава	списочный штат	тарифная ставка	сдельная расценка	тарифный заработок	сдельный заработок	доплаты		фонд основной зарплаты
												премии	прочие доплаты	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Итого основной заработной платы Дополнительная заработная плата (15 - 18 % от основной) Итого основной и дополнительной заработной платы Всего с учетом районного коэффициента														

Пояснения к таблице 10

1. Явочный штат определяется для рабочих основных профессий по нормам обслуживания, а вспомогательных рабочих – расстановкой по рабочим местам и определяет численность рабочих, которые должны ежедневно выходить на работу.

2. Списочный штат определяется путем умножения явочного штата на коэффициент списочного состава.

3. Тарифный заработок повременщиков определяется путем умножения явочного штата на планируемое число дней работы и на тарифную ставку.

4. Сдельный заработок определяется умножением сдельной расценки на годовой объем работ.

5. Размер планируемых премиальных доплат принимается в соответствии с применяемыми на предприятии положениями о премировании или в размере 10 – 15 % от сдельного или тарифного заработка.

6. Прочие доплаты принимаются в размере 10 % от суммы сдельного или тарифного заработка с учетом премиальных доплат.

Таблица 11

Расчет штата и заработной платы ИТР

Занимаемая должность	Количество персонала	Оклад в месяц, тыс. руб.	Фонд основной заработной платы, тыс. руб.						Фонд дополнительной заработной платы	Всего годовой фонд заработной платы
			сумма окладов работников за месяц, тыс. руб.	доплаты				фонд зарплаты с учетом район. коэффициента		
				за работу в вечерние и ночные смены	за работу в праздничные дни	премии	за вредность	итого		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всего:											

Пояснение к таблице 11

1. Сумма годовой заработной платы по окладам определяется из расчета 11 рабочих месяцев для руководителей и специалистов, для служащих – 11,3 месяца.

2. Доплаты за работу в вечерние и ночные смены, в праздничные дни рассчитываются для цехового персонала.

3. За вредность доплата определяется в размере 10 - 20 % к окладу.

4. Фонд дополнительной заработной платы определятся как 10 % от фонда основной заработной платы с учетом районного коэффициента.

5. Премии берутся по данным предприятия.

6.1.2. Расчёт стоимости вспомогательных материалов

К ним относятся материалы:

1) участвующие в производственном процессе в течение одного технологического цикла (взрывчатые вещества, средства взрывания, ГСМ и т. д.);

2) специальные приспособления, инструменты, малоценные и быстроизнашивающиеся предметы (долота, зубья ковша, инструменты, спецодежда и т. д.);

3) материалы, погашаемые в сметно-нормативном порядке (кабели, канаты, лента конвейерная, буровые штанги, рукояти и т. д.).

Расчет стоимости годового расхода материалов производится по каждому подразделению карьера (технологическому процессу) прямым счетом на основе

норм расходов, взятых по проектируемому предприятию (аналогу) или укрупненно на основе общей потребности в тех или видах материалов.

Цены на материалы принимаются по данным практики или по действующим прейскурантам.

Расчёт расхода и стоимости материалов ведётся по форме табл. 12.

Таблица 12

Расчёт расхода и стоимости материалов

Наименование процессов, подразделений карьера, материалов	Расход на принятую единицу объёма	Годовой объём работ, ед. изм.	Общий расход на весь объём, ед.	Цена за единицу, руб.	Общая стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6
1. *Взрывные работы* (взрывной цех): 1.1. Взрывчатые вещества 1.2. Средства взрывания (10 % от ВВ) и т. д. Итого:					
2. *Буровые работы* (участок бурения): 2.1. Долота 2.2. Штанги 2.3. Канат стальной 2.4. ГСМ и т. д. Итого:					
3. *Экскавация горной массы* (участок экскавации): 3.1. Ковш 3.2. Рукоять 3.3. Зубья 3.4. Канат стальной 3.5. ГСМ и т. д. Итого:					
4. *Подготовка горной массы к транспортированию:* 4.1. *Передвижная дробильная установка в карьере:* 4.1.1. Сталь листовая 4.1.2. Сталь футеровочная 4.1.3. Сетка для грохотов 4.2. *Склады и перегрузочные пункты:* 4.2.1. Сталь листовая 4.2.2. Сталь футеровачная 4.2.3. Питатели и т. д. Итого:					

Окончание таблицы 12

1	2	3	4	5	6
5. *Транспортирование полезного ископаемого и вскрыши*: 5.1. *Конвейерный транспорт*: 5.1.1. Лента конвейерная и т.д. 5.2. *Автомобильный транспорт*: 5.2.1. Топливо 5.2.2. ГСМ 5.2.3. Авторезина 5.3. *Железнодорожный транспорт*: 5.3.1. Топливо 5.3.2. Смазочные материалы Итого:					
6. *Отвальный участок (цех):* При экскаваторном отвалообразовании: 6.1. Ковш 6.2. Рукоять 6.3. Зубья 6.4. Канат стальной 6.5. Смазочные материалы и т. д. Итого:					
Всего по процессам:					
Неучтённые материалы					
Услуги снабженческих и сбытовых организаций					
Всего:					
Транспортные расходы					
Итого франко-приобъектная площадка					
Заготовительно-складские расходы					
Общая стоимость материалов, тыс. руб.					

Пояснения к таблице 12

1. В качестве расчётной единицы, на которую определяются нормативы, принимаются 1 т, 1 п. м., 1000 т и т. д. Расход материалов на принятую единицу принимается по нормативам, используемым на горных предприятиях, по данным практики. Цены за единицу принимаются по данным практики.

2. Общий расход на заданный объём определяется как произведение гр. 2 на гр. 3.

3. Общая стоимость (гр. 5) определяется как произведение гр. 4 на гр. 5

4. Неучтённые материалы принимаются в размере 3,5 % от предыдущей суммы учтённых материалов.

5. Оплата услуг снабженческих и сбытовых организаций 3 % от стоимости учтённых материалов.

6. Транспортные расходы определяются в % от «Всего», включающего неучтённые

материалы, снабженческо-сбытовые расходы при транспортировке на расстояния:

- свыше 5 тыс. км – 15 %;
- от 3 до 5 тыс. км – 12 %;
- от 2 до 3 тыс. км – 10 %;
- от 1 до 2 тыс. км – 8 %;
- менее 1 тыс. км – 5 %.

7. Заготовительно-складские расходы начисляются на сметную стоимость материалов, полуфабрикатов и изделий франко-приобъектная площадка в следующих размерах:

1) от стоимости вспомогательных, строительных, санитарно-технических и электромеханических материалов – 2,1 %;

2) от стоимости стальных конструкций – 0,9 %.

6.1.3. Расчёт затрат на транспорт

В случае, если транспортный цех (участок) не входит в структуру карьера, эксплуатационные расходы на материалы не рассчитываются отдельно, а учитываются в составе стоимости услуг сторонних организаций по данным предприятий-аналогов.

К транспортным расходам относится стоимость перевозки полезных ископаемых и вскрыши (технологический транспорт), а также работы хозяйственного транспорта. Технологический транспорт обеспечивает перевозку полезного ископаемого и вскрыши внутри предприятия. Транспортировка руды и вскрыши может производиться транспортными средствами, принадлежащими карьеру, другим подразделениям горного предприятия и другим предприятиям.

Расчет затрат на технологический транспорт производится по видам грузопотоков, в том числе: вскрыши, полезного ископаемого, а также с использованием усреднительных складов и перегрузочных пунктов (табл. 13).

Таблица 13

Расчет затрат на технологический и общекарьерный транспорт

Наименование, характеристика грузопотоков и транспорта по процессам	Ед. изм.	Годовые объёмы	Дальность транспортировки, км	Стоимость транспортировки, руб. за т · км	Сумма, тыс. руб.
1	2	3	4	5	6
Вскрыша: 1. Автотранспорт: карьер – автоотвал 2. Ж/д транспорт: карьер – ж/д отвал Итого на вскрыше:					

Окончание табл. 13

1	2	3	4	5	6
Полезное ископаемое (руда): 1. Автотранспорт: - гор. №… - перегрузочный пункт - гор №… - перегрузочный пункт 2. Ж/д транспорт: - гор №… - ДОФ - гор №… - усреднительный склад Итого по руде:					
Экскавация: - Т-330 (зачистка подошвы уступа, забоя) - К-700 - Т-100 - БелАЗ-540 (орошение забоев)					
Бурение: - Т-330 - К-700					
Отвалообразование: - Т-330					
Общекарьерные нужды: - дежурная машина (ЗИЛ-130) - а/м Volvo и т. д					
Всего расходы на транспорт:					

Пояснения к таблице 13

1. Расчеты могут производиться (при необходимости) по горизонтам, бортам карьера или отдельным участкам залежи (например, в случае расконсервации борта или реконструкции карьера).

2. Стоимость транспортировки 1 т · км принимается по предприятию-аналогу. Сумма находится как произведение гр.3 · гр.4 · гр.5.

6.1.4. Расчёт затрат на электроэнергию

При выполнении расчетов по действующему предприятию (реконструкция или поддержание мощности, модернизация технологического процесса или выбор основного технологического оборудования) определение стоимости электроэнергии может производиться за ее расход (т. е. без учета платы за максимум нагрузки).

При выполнении проекта нового карьера расчет стоимости расхода элек-

троэнергии производится по двухставочному тарифу: за заявленную мощность в часы максимума нагрузки и за потребление активной электроэнергии.

Расчет затрат на электроэнергию производится по каждому технологическому процессу (по каждому подразделению или группе энергопотребителей) карьера.

Расчеты выполняются на основе данных раздела "Электроснабжение карьера".

1. *Плата за заявленную мощность в часы максимума нагрузки* находится в целом по карьеру по формуле

$$P_{\text{мах}} = c \cdot \text{К}_{\text{см}} \cdot P_{\text{т}},$$

где $\text{К}_{\text{см}}$ - коэффициент совмещения максимума активной нагрузки всех потребителей (0,8 - 1,0) по группе или подразделению; при количестве потребителей от 1 до 10 $\text{К}_{\text{см}}$ = 1,0 - 0,85, при количестве 11 - 20 - $\text{К}_{\text{см}}$ = 0,84 - 0,75; $P_{\text{т}}$ - суммарный максимум активной нагрузки в целом по карьеру (кВт), находится в разделе "Электроснабжение карьера". Он может приниматься для экскаваторов равным номинальной мощности сетевого двигателя, для буровых станков - мощности двигателя вращателя и компрессора; c - тариф платы за электроэнергию – руб./ кВт · ч максимальной нагрузки.

2. *Плата за заявленную мощность* относится на общецеховые расходы (на карьер в целом).

Определение платы за расход электроэнергии производится по группам электропотребителей (по подразделениям или технологическим процессам) карьера *двумя способами определения расхода электроэнергии*:

I способ - на основе данных предприятия-аналога по формуле:

$$P = a \cdot V,$$

где a - удельный расход электроэнергии на одну тонну по основным технологическим процессам (экскавации горной массы, на бурение 1 п. м. скважины, 1 куб. м отвалообразования на предприятии-аналоге; V - годовой объем работ соответственно по экскавации, бурению и отвалообразованию).

Аналогично может находиться расход электроэнергии по другим технологическим процессам (транспортировке горной массы, осушении карьерного поля и т. д.).

Расход электроэнергии на освещение карьера и прочих потребителей (ремонтных мастерских, АБК и т. д.) может приниматься на уровне 3 - 5 % от об-

щего расхода. Результаты расчетов заносятся в табл. 14.

Таблица 14

Расчет платы за электроэнергию по группам электропотребителей карьера

Группы электропотребителей, наименование технологических процессов	Объём работ по технологическим процессам	Удельный расход электроэнергии (по данным предприятия – аналога), кВт/ед. работ	Годовой расход электроэнергии, кВт · ч	Плата за электроэнергию, тыс. руб.
1. Бурение (участок буровых работ)				
2. Экскавация (участок экскавации)				
3. Транспортирование полезного ископаемого[1]				
4. Циклично-поточная система* (в т. ч. самоходная дробильная установка, конвейерный подъёмник)				
5. Транспортирование вскрыши*				
6. Отвалообразование				
7. Освещение и прочие потребители электроэнергии				
Итого по карьеру:				
Плата за заявленную мощность:				
Всего:				

II способ

$$P = P_{ном} \cdot К_и \cdot К_о \cdot T / КПД ,$$

где $К_и$ - коэффициент использования мощности двигателя, принимается на уровне 0,4 - 1,0 (для экскаваторов может быть принят равным 0,4 - 0,5, для бурстанков - 0,9 - 1,0); $P_{ном}$ - суммарная номинальная мощность по группе электропотребителей; $К_о$ - коэффициент одновременности работы потребителей электроэнергии (0,5 - 0,8); T - число часов работы потребителей в год; КПД = 0,8.

После расчёта расхода электроэнергии (I или II способом) определяется плата за электроэнергию как произведение расхода электроэнергии по группам электропотребителей на установленный тариф платы за один кВт · час. Стоимость 1 кВт · ч принимается по данным предприятия-аналога или установленная по данному району:

$$С_э = P \cdot b,$$

[1] Присутствует только в случае, если эти подразделения входят в состав карьера.

где b – тариф платы за 1 кВт · ч.

Результаты расчётов приводятся по табл. 15.

Таблица 15

Расчёт платы за электроэнергию по группам электропотребителей карьера

Группы электропотребителей и их наименование	Номинальная мощность 1-го потребителя, кВт	Число потребителей	Суммарная номинальная мощность, кВт · ч	Годовой расход электроэнергии, кВт · ч	Плата за электроэнергию, тыс. руб.
1	2	3	4	5	6
Буровые работы (участок бурения): 1. СБШ-250МН-32 2. … Итого:					
Экскавация (участок экскавации): 1. ЭКГ-8И 2. … Итого:					
Транспортирование полезного ископаемого*: 1. Самоходная дробильная установка СДА-1000 2. Конвейерный подъёмник 3. … Итого:					
Транспортирование вскрыши: 1. Ж. д. цех 2. … Итого:					
Отвалообразование (участок отвальных работ): 1. Экскаватор ЭКГ-8И 2. … Итого:					
Освещение карьера: 1. Осветительные установки 2. … Итого:					
Всего по карьеру:					
Плата за заявленную мощность:					
Итого по карьеру:					

* Присутствует только в случае, если эти подразделения входят в состав карьера.

6.1.5. Амортизационные отчисления

Рассчитываются в разделе "Основные и оборотные средства".

6.1.6. Прочие затраты включают в себя:

Страховые взносы на обязательное пенсионное страхование, состоящие из отчислений от ФОТ: в ПФ - 26 %, в фонд ОМС - 5,1 %, в фонд ФСС – 2,9 %. Общий размер отчислений – 34,0 %; отчислений по страхованию от несчастных случаев и травматизма (размер отчислений устанавливается в зависимости от класса риска и отраслевой принадлежности предприятия).

Отчислений в ремонтный фонд (затраты на все виды ремонтов). К ним относятся расходы на работы, связанные:

1) с ремонтом технологического оборудования;
2) ремонтом зданий и сооружений карьера;
3) ремонтом транспортных коммуникаций: автомобильных и железных дорог.

Расчет производится на основе норм, принятых на предприятиях (по данным практики).

В случае отсутствия норм расхода материалов на ремонтные работы *годовые затраты на ремонт основных фондов* могут приниматься из расчета 50 % от годовой суммы амортизационных отчислений.

Охрана труда. Отчисления составляют 5 % от ФОТ.

Износ по нематериальным активам

К нематериальным активам относятся затраты горного предприятия в нематериальные объекты, используемые в течение долгосрочного периода в хозяйственной деятельности и приносящие доход (см. п. п. 1.1.1 - 1.1.5 Строительство горного предприятия).

Износ нематериальных активов относится на общекарьерные расходы ежемесячно по нормам, рассчитанным предприятием исходя из первоначальной стоимости ($С_{н.а.}$) и срока их полезного использования (но не более срока деятельности предприятия и 20 лет), $Т_{п.и.}$

$$И_{н.а.} = С_{н.а}/Т_{п.и} ,$$

где $И_{н.а}$ - годовая сумма износа нематериальных активов.

Локальная смета затрат по процессам (на годовой объем) составляется на основе рассчитанных эксплуатационных затрат по основным и вспомогатель-

ным процессам (подразделения карьера): бурению. Взрыванию, экскавации, транспортировке полезного ископаемого и вскрыши, осушению, дроблению в карьере и т. д. (табл. 16).

Таблица 16

Смета затрат по процессу… (наименование процесса, годовой объем)

Наименование видов затрат (статей калькуляции)	Годовая сумма затрат, тыс. руб. (по горной массе)	Затраты на единицу работ, руб.	Затраты на полезное ископаемое, тыс. руб.	Затраты на вскрышу, тыс. руб.
1. Затраты на оплату труда				
2. Материалы				
3. Энергетические затраты				
4. Амортизация				
5. Прочие затраты				
Итого:				

В случае, если одно подразделение выполняет работы и по руде и вскрыше (например при отсутствии раздельного учета затрат по руде и вскрыше на экскавации и бурении), его годовые затраты подразделяются пропорционально их объемам.

Распределение затрат на полезное ископаемое и вскрышу производится пропорционально их удельному весу в соответствующем объеме работ и для основных процессов (экскавации, бурения и взрывания) определяется по формуле

$$З_{пи} = З_о \cdot V_{пи}/V_о,$$

где $З_{пи}$ – сумма затрат, относимая на себестоимость полезного ископаемого; $З_о$ - общая сумма затрат; $V_{пи}$ - объем добычи, взрывания или обуривания полезного ископаемого; $V_о$ - общий объем по горной массе (как сумма полезного ископаемого и вскрыши).

Аналогично, или как остаток после вычета затрат на полезное ископаемого, находится сумма затрат, относимая на вскрышу. При этом затраты на транспортировку и складирование пустых пород в отвалах полностью относятся на вскрышу. Затраты, связанные с дроблением руды в карьере, ее транспортировкой, содержанием внутрикарьерных путей и их переукладкой, а также с содержанием ремонтного участка, и общецеховые расходы, относятся на себестои-

мость полезного ископаемого.

Таблица 17

Себестоимость полезного ископаемого и вскрыши по производственным процессам

Объем по полезному ископаемому .... тыс. т.
Объем по вскрыше .... тыс. куб. м.

Производственные процессы	Ед. изм.	Годовые объёмы работ, тыс. ед.	Годовая сумма затрат, тыс. руб.	Затраты на добычу ПИ, тыс. руб.	Затраты на вскрышу, тыс. руб.
1	2	3	4	5	6
1. Бурение					
2. Взрывание					
3. Экскавация					
4. Транспортирование					
5. Отвалообразование					
6. Вспомогательные процессы					
7. Общецеховые расходы					
Итого:					
8. Себестоимость 1 куб. м вскрыши					
9. Себестоимость 1 т ПИ					

Пояснения к таблице 17

1. Затраты из табл. 16 по каждому процессу сводятся в п. 1 - п. 7;

2. Общецеховые расходы включают в себя элемент «Прочие затраты» по всем процессам, включая заработную плату управленческого (участкового, цехового) персонала (см. табл. 11).

Таблица 18

Себестоимость полезного ископаемого, годовой объем по полезному ископаемому, тыс. т

Наименование статей затрат	Годовая сумма затрат, тыс. руб.	Затраты на единицу, руб./т	Структура затрат, %
1	2	3	4
1. Заработная плата (основная и дополнительная) 1.1. СВ на ОПС			
2. Материальные затраты (вспомогательные материалы)			
3. Энергия на технологические нужды			
4. Амортизационные отчисления			
5. Транспортировка ПИ			
6. Погашение ГПР			
7. Общекарьерные (общецеховые) расходы			
8. Карьерная (цеховая) себестоимость			

(1+2+3+4+5+6+7)			
9. Прочие производственные затраты: 9.1. Налог на добычу 9.2. Отчисления на рекультивацию 9.3. Плата за воду			

Окончание табл. 18

1	2	3	4
9.4. Платежи за предельно допустимые выбросы, сбросы, размещение отходов 9.5. Земельный налог 9.6. Платежи по обязат. страхованию имущества 9.7. Плата за краткосрочный кредит			
10. Производственная себестоимость (8+9)			
11. Общепроизводственные расходы			
12. Внепроизводственные расходы			
13. Полная себестоимость п.и. (11+12)			100 %

Пояснения к таблице 18

1. *Погашение ГПР*. Расчет стоимости погашаемых горно-подготовительных работ (вскрыши) производится через коэффициент вскрыши, рассчитанный в разделе "Основные и оборотные средства (см. табл. 10) по формуле

$$П_{гпр} = Q_{пи.} \cdot К_{пог} \cdot С_{гпр.}$$

2. *Общецеховые расходы* включают в себя расходы, приведенные в табл. 18.1.

Таблица 18.1

Смета цеховых расходов

Наименование затрат	Сумма затрат, тыс. руб.
1. Основная и дополнительная заработная плата цехового персонала	
2. СВ на ОПС	
3. Амортизация зданий и сооружений цехового назначения	
4. Содержание зданий и сооружений	
5. Расходы на все виды ремонтов	
6. Расходы на охрану труда	
7. Прочие расходы цеха	
Итого цеховых расходов:	

Пояснения к таблице 18.1

1. Расчёт гр. 1 принимается по табл. 11, приведённой ранее.

Гр. 2 включает страховые взносы на обязательное пенсионное страхование, состоящие из отчислений от ФОТ: в ПФ - 26 %, в фонд ОМС - 5,1 %, в фонд ФСС – 2,9 % (СВ на ОПС, общая сумма 34,0 % от гр. 1) и страховой тариф на страхование от несчастных случаев и травматизма.

2. Гр. 3 определяется на базе стоимости объектов цехового назначения (зданий, сооружений) и действующих норм амортизации на эти объекты.

3. Гр. 4 принимается в размере 2 - 3 % от сметной (балансовой стоимости) зданий и сооружений.

5. Ремонт зданий и сооружений – 20 % от гр. 3.

6. Гр. 6 принимается в размере 5 % от ФОТ персонала или по нормам расхода в денежном выражении на одного трудящегося в год, принятым по данным практики.

7. Прочие цеховые расходы принимаются в размере 5 % от сумм расходов с гр. 1 по гр. 6.

3. *Налог на добычу* рассчитывается исходя из стоимости реализованной товарной продукции по установленной Правительством РФ ставке. Сумма отчислений определяется по формуле

$$O_i = V_i \cdot S_i ,$$

где O_i – сумма отчислений, тыс. руб.; V_i - годовой объем работ по i-му виду полезного ископаемого; S_i - ставка отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы.

4. *Отчисления на рекультивацию*. Рекультивация горного отвода является обязательным условием получения разрешения на производство горных работ. В работе необходимо оценивать объемы рекультивационных работ связанных:

а) непосредственно с производством горных работ (карьером);

б) с размещением пустых пород в отвалах (временных и постоянных);

в) с нарушением почвенно-растительного слоя при проходке прочих горных выработок, сооружений и т. д. (например, системы осушения карьерного поля).

Технология и объемы производства работ по рекультивации этих объектов рассматриваются в разделе "Охрана окружающей среды". Экономическая оценка производится на основе данных, полученных в этом разделе. Затраты на ее производство, в зависимости от способа рекультивации (горнотехнической, биологической), рассчитываются укрупнённо на весь период эксплуатации месторождения и приводятся по объектам в табл. 18.2.

Удельные затраты на 1 га принимаются по предприятиям-аналогам или расчетным путем.

Таблица 18.2

Расчет стоимости работ по рекультивации

Наименование объектов	Способ рекультивации	Площадь земель, га	Затраты на 1 га, руб.	Общая стоимость, тыс. руб.
1. Территория карьера				
2. Отвал				
Итого:				

Весь комплекс работ производится специальным подразделением предприятия или специализированной сторонней организацией. Вопросы, связанные с технологией проведения рекультивации и организацией этих работ, решаются в разделе «Охрана окружающей среды» дипломного проекта, если это предусмотрено заданием.

Учитывая неравномерный характер проведения этих работ во времени, для устранения связанного с этим удорожания продукции (когда эти рекультивационные работы достигнут максимальных объемов), целесообразно формирование соответствующего резерва на предприятии, формирующегося путем постоянных равномерных отчислений на себестоимость продукции. Сумма отчислений за весь срок отработки месторождения должна составить общую сумму затрат на рекультивацию. Таким образом, текущие отчисления на рекультивацию могут быть определены по формуле

$$О_{рек} = У_{пи} \cdot Н_{рек}, \quad \text{причем} \quad Н_{рек} = Z_{рек}/З_{пи},$$

где $Н_{рек}$ - норматив отчислений на рекультивацию; $З_{пи}$ - запасы полезного ископаемого; $Z_{рек}$ - общая сумма затрат на рекультивацию; $У_{пи}$ - годовые погашаемые запасы полезного ископаемого (т. е. годовые объемы добычи полезного ископаемого с учетом потерь и разубоживания); $О_{рек}$ - сумма годовых отчислений на рекультивацию. Рекультивация горного и промышленного отводов производится как в период эксплуатации месторождения, так и после его доработки.

5. *Плата за воду* рассчитывается на основе данных о количестве потребляемой чистой воды на производственные нужды из открытых водных источников или подземных вод. Если проектом не предусматривается забор воды на технологические нужды из открытых водных источников или подземных вод, расчет платы может не производиться.

Объем потребляемой воды зависит от объемов производства предприятия и находится в разделе "Охрана окружающей среды".

Плата за воду ($Р_в$) рассчитывается как произведение количества потребляемой воды (W) на норматив платы за воду ($Н_в$), устанавливаемый местными органами власти исходя из эколого-экономических особенностей района и гидрогеологии конкретного водного источника

$$P_в = W \cdot Н_в .$$

6. *Платежи за предельно допустимые выбросы (сбросы) загрязняющих веществ* различаются трех видов:

- за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ;
- за сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;
- за размещение отходов;
- другие виды вредного воздействия.

Расчеты выполняются на основе данных раздела "Охрана окружающей среды" в порядке, принятом местными органами власти. Результаты заносятся в табл. 18.3.

Размеры ставок платежей принимаются согласно Положению о порядке и условиях взимания платежей за право пользование недрами.

Таблица 18.3

Расчет платы за экологические выбросы, сбросы и размещение отходов производства

Виды воздействия на окружающую среду	Утверждённый норматив платы	Размер платы на расчётный год	
		объём загрязнений	размер платы (гр. 2 · гр. 3)
1. Выбросы в атмосферу: Итого:			
2. Сброс в водные объекты: Итого:			
3. Размещение отходов Итого: Прочие:			
Всего:			

Сумма платежей ($П_н$) определяется как произведение стоимости товарной продукции ($ТП_i$) *i*-го вида на норматив ($Н_i$)

$$П_н = ТП_i \cdot Н_i .$$

7. *Налог на землю осуществляется* в форме разового, а также последующих регулярных платежей с момента начала ее использования и до момента возвращения используемой территории (участков земли) местным органам власти, являющихся ее собственником. Причем, если первые включаются в объем инвестиций на строительство карьера (см. «Строительство»), то регулярные платежи относятся на себестоимость продукции горного предприятия.

Сумма платы зависит от размера изымаемых земель (площади), качества земель (например, сельскохозяйственного назначения), характера их использования.

Сумма платежей ($П_з$) определяется как произведение площади изымаемых земель $S_З$, коэффициента ($К_{сп}$), зависящего от способа их использования, коэффициента

характеризующего качество земель ($К_к$) и ставки платы за землю $Н_з$

$$П_з = S_з \cdot К_{сп} \cdot К_к \cdot Н_з$$

Плата за землю рассчитывается по видам земель и способам их использования. Результаты расчетов представляются в табл. 18.4.

Таблица 18.4

Расчёт земельного налога

Наименование объектов	Характеристика площадей	Площадь земель, га	Норматив платы за 1 га, руб.	Общий размер платы, тыс. руб.
1	2	3	4	5
Территория карьера				
Отвал (автомобильный)				
Отвал (ж. д.) и т. д.				
Итого:				

8. *Платежи по обязательному страхованию имущества* составляют 0,15 % от среднегодовой стоимости основных фондов.

9. *Размер платы за краткосрочный кредит* определяется ставками банковского кредита и финансовыми возможностями горного предприятия в конкретный год отработки месторождения. Плата за кредит по годам принимается самостоятельно исходя из принципа общей минимизации издержек предприятия.

Задолженность предприятия по заемным средствам (долгосрочный кредит) на любой расчетный год $З_д\,(t)$ рассчитывается по формуле сложных процентов:

$$З_д\,(t) = К_о(1 + r)^t\,,$$

где $К_о$ - размер кредитных средств, тыс. руб.; r – ставка за кредит; t – расчётный год.

10. *К общепроизводственным расходам* относят административно-управленческие расходы по предприятию в целом (2 – 3 % от производственной себестоимости).

11. *К внепроизводственным расходам* относят затраты, связанные с погрузкой продукции в ж. д. вагоны и доставкой ее по путям предприятия от эстакады или бункера фабрики до станции примыкания или линии МПС, с реализацией продукции, маркетинговой деятельностью предприятия и т. д. Внепроизводственные расходы могут приниматься на уровне 3 - 5 % от производственной себестоимости.

12. *Полная себестоимость* определяется как сумма производственной себестоимости и внепроизводственных расходов.

6.2. Определение себестоимости вскрыши и полезного ископаемого

6.2.1. Определение себестоимости вскрыши

Себестоимость вскрыши включает частично затраты на экскавацию горной массы, взрывание, бурение, а также полностью на транспортировку вскрыши и отвалообразование. При этом годовая сумма затрат на вскрышу берется из табл. 16 (строка "Итого"). Расчеты представляются в табл. 19.

Таблица 19

Себестоимость товарной продукции

Виды продукции предприятия, их характеристика	Ед. изм.	Объём производства, тыс. ед.	Сумма годовых эксплуатационных затрат, тыс. руб.	Себестоимость единицы продукции, руб./ед.
Основная: … Итого:				
Попутная: … Итого:				
Всего:				

Затраты на транспортировку полезного ископаемого и вскрыши показываются отдельно.

6.2.2. Определение себестоимости полезного ископаемого

Рассчитывается карьерная, производственная и полная себестоимость полезного ископаемого и представляется по процессам (табл. 20).

Таблица 20

Товарная продукция горного предприятия

Виды продукции и их качественные характеристики	Ед. изм.	Объёмы производства, т, м. куб.	Цена за единицу, руб.	Объем товарной продукции (объем продаж), тыс. руб.
Основная: … Итого:				
Попутная: … Итого:				
Всего:				

6.3. Расчет себестоимости по видам товарной продукции

В случае производства предприятием нескольких видов продукции сумма текущих издержек (себестоимость) может распределяться следующими способами:

1) прямой счет издержек, относимых на тот или иной вид продукции (если имеется непосредственная связь между производственными процессами (расходами) и конкретной продукцией);

2) распределение издержек, исходя из обеспечения одинаковой рентабельности (к затратам)

$$C_i = (C_{т.п.} / ТП)ТП_1,$$

где C_i - себестоимость i-го вида товарной продукции, руб.; $C_{т.п.}$ - общая себестоимость товарной продукции, руб.; ТП - стоимость всей выпускаемой предприятием товарной продукции, руб.,

$$ТП = \sum_{i=1}^{n} ТП_i ,$$

где $ТП_i$ - стоимость товарной продукции i-го вида, определенной как произведение объема ее производства (в натуральном измерении) на отпускную цену, руб.; n – количество видов выпускаемой продукции.

$$ТП_i = Q_i \cdot Ц_i,$$

где Q_i - объем производства по товарной продукции 1-го вида; $Ц_i$ - цена 1-го вида товарной продукции.

Тогда себестоимость 1 т (куб. м) товарной продукции i-го вида (C_i) может быть рассчитана как:

$$C_i = C_i / Q_i .$$

3) распределение издержек пропорционально объемам продукции:

$$C_i = (C_{т.п.}/O_{т.п.})Q_i,$$

где $Q_{т.п.}$ - общий объем товарной продукции.

Результаты расчетов заносятся в табл. 19.

6.4. Расчет себестоимости по рассматриваемым вариантам проектных решений и годам расчетного периода

Себестоимость добычи полезного ископаемого рассчитывается по рассматриваемым проектным вариантам или годам расчетного периода. Результаты

расчетов заносятся в таблицу в разрезе элементов затрат (зарплата, материалы, амортизация и т. д.) или производственных процессов (осушение, буровзрывные работы, экскавация, транспортировка и т. д.). Представление затрат должно в наибольшей степени отражать происходящие в течение расчетного периода изменения структуры издержек. Обязательным является вынесение налогов, входящих в себестоимость добычи (платы за загрязнение, за воду и т. д.).

Расчет изменения себестоимости добычи по вариантам и годам производится на основе *факторного анализа* и выполняется в следующем порядке:

1. Выявляется группа горно-геологических факторов, изменение которых будет приводить к изменению издержек по вариантам (годам) эксплуатации месторождения. Например, дальность транспортировки вскрыши или полезного ископаемого, изменение притока грунтовых вод, изменение объемов по руде и вскрыше и многие другие.

2. Определяется форма их влияния на себестоимость и удельный вес в общих издержках. Например, увеличение дальности транспортирования, вероятно, приведет к увеличению расхода топлива, парка подвижного состава и т. д.; увеличение притока грунтовых вод, связанное с изменение глубины карьера, может привести к увеличению издержек на осушение карьерного поля и т. д. Оцениваются абсолютные значения в стоимостном выражении изменения выявленных факторов. Изменение себестоимости определится как произведение себестоимости за предшествующий период, удельного веса затрат, представляющих тот или иной фактор и величины относительного его изменения. Значение себестоимости находится как сумма издержек в предшествующий изменению период и величины ее изменения:

$$C_{t+1} = C_t + \Delta C_{t+1},$$

где C_{t+1} - себестоимости в последующий период; C_t - себестоимости в предшествующий период; ΔC_{t+1} - изменение себестоимости в последующий период.

6.5. Расчет себестоимости товарной продукции

6.5.1. В этом разделе определяются *виды и объемы товарной продукции*, производимой в расчетном периоде (в случае их варьирования они могут представляться по годам или периодам стабильных объемов), и их потенциальные потребители.

6.5.2. Цены на продукцию, их обоснование и расчет

Цены на продукцию могут приниматься: по аналогии с действующими предприятиями данного или других районов РФ; исходя из обеспечения необходимого уровня рентабельности производства (к затратам) или нормы прибыли. Во втором случае они рассчитываются следующим образом:

$$Ц_i = C_i(1 + 0{,}01Н_р),$$

где $Н_р$ - норматив рентабельности к затратам в %, условно может быть принят на уровне 30 - 50 %.

Результаты расчетов сводятся в табл. 20.

7. ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ

Целью выполнения этого раздела является финансово-экономический анализ вариантов инвестиционных (проектных) решений и выбор наилучшего из них с учетом влияния факторов, предполагаемых в задании.

Финансово-экономическая оценка эффективности инвестиций включает в себя:

1. Отчёт о прибыли.
2. Отчёт о движении денежных потоков.
3. Расчёт чистого дисконтированного дохода.

7.1. Отчёт о прибыли

Отчёт о прибыли необходим для оценки эффективности текущей хозяйственной деятельности. Он представляет собой анализ соотношения доходов предприятия с расходами, понесёнными за один и тот же период. Результаты расчётов представляются в виде табл. 21.

Таблица 21

Отчёт о прибыли

Наименование показателей	Интервал планирования		
	1	2	3
1. Выручка от реализации (объём продаж)			
2. Прямые (переменные) издержки			
3. Маржинальная прибыль			
4. Операционные издержки			
5. Прибыль от операций			
6. Выплаты по кредиту			
7. Торгово-административные издержки			
8. Внереализационные доходы (расходы)			
9. Балансовая прибыль			
10. Налог на имущество предприятия			
11. Налогооблагаемая прибыль			
12. Налог на прибыль			
13. Чистая прибыль			
14. То же, нарастающим итогом			

Пояснения к таблице 21

1. Все издержки показываются в таблице со знаком «-», доходы – со знаком «+».
2. Выручка от реализации в стоимостном выражении определяется:

$$В_р = Ц_{ед} \cdot Q_г,$$

где $Ц_{ед}$ – цена единицы товарной продукции, руб./т; $Q_г$ – годовой объём производства товарной продукции, т.

3. К прямым (переменным) затратам относятся те затраты, стоимость которых изменяется в зависимости от изменения (роста или снижения) объёма производства. К ним относятся: материальные затраты (стоимость вспомогательных материалов, энергии на технологические нужды, топлива), сдельная заработная плата производственного персонала, отчисления на социальные нужды от ФОТ сдельщиков, погашение затрат на ГПР (см. табл. 18).

4. Маржинальная прибыль – разность между выручкой от реализации и прямыми (переменными) затратами.

5. Операционные издержки включают в себя: заработную плату рабочих-повременщиков, цеховые расходы, прочие производственные, общепроизводственные расходы (см. табл. 18).

6. Прибыль от операций – разность маржинальной прибыли и операционных издержек.

7. Торгово-административные издержки включают в себя внепроизводственные расходы (табл. 18).

8. Балансовая прибыль – разность между прибылью от операций и торгово-административными издержками и выплатами по кредиту.

9. Налог на имущество определяется в размере 2 % от среднегодовой стоимости основного капитала.

10. Налогооблагаемая прибыль - разность балансовой прибыли и суммы налогов (на имущество и местных).

11. Налог на прибыль принимается в размере 20 % от налогооблагаемой прибыли.

12. Чистая прибыль – разность налогооблагаемой прибыли и налога на прибыль.

Далее рекомендуется определить ***точку безубыточности,*** характеризующую минимальный объём продаж, при котором выручка от реализации продукции будет равна издержкам производства. Этот объём может быть определён аналитическим или графическим способом.

Аналитически точка безубыточности определяется по формуле

$$Т_б = С_{пост} / (Ц_{ед} - С_{пер}),$$

где $Т_б$ – точка безубыточности, ед. продукции; $Ц_{ед}$ - цена единицы товарной продукции, руб.; $С_{пост}$ - постоянные издержки на весь объём производства, руб.;

$С_{пер.}$ - переменные издержки на единицу продукции, руб.

Для расчёта точки безубыточности можно принять за постоянные издержки сумму операционных и торгово-административных издержек, остальные (прямые) - к переменным.

Графическое определение точки безубыточности представлено на рис. 1.

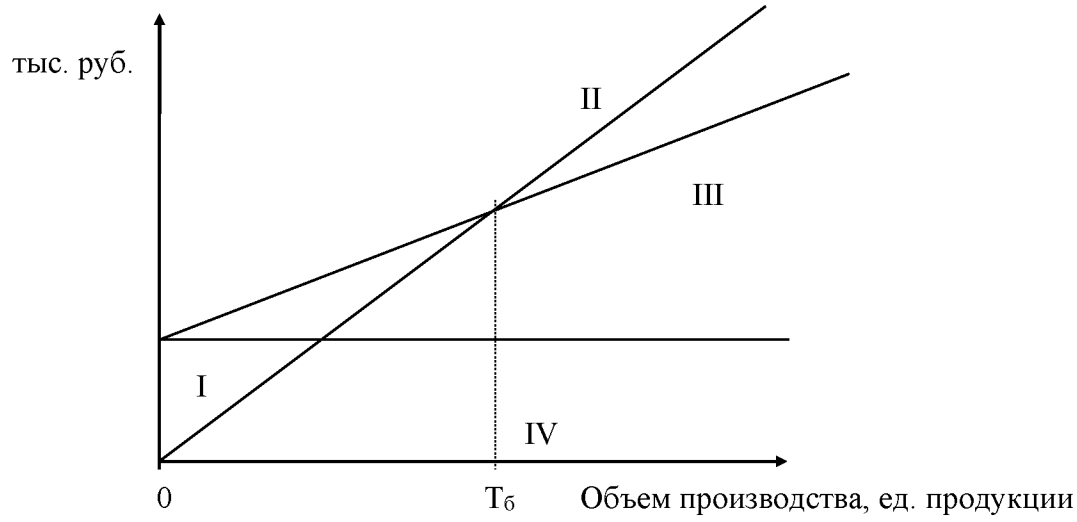


Рис. 1. Графическое определение точки безубыточности:
I - область убытков; II - область прибыли; III - область переменных затрат;
IV - область фиксированных (постоянных) затрат

На основе полученного значения точки безубыточности определяется *запас финансовой прочности* проекта ($З_{фп}$)

$$З_{фп} = (В_р - Т_б)/В_р,$$

где $В_р$- выручка от реализации.

7.2. Отчёт о движении денежных потоков

Отчёт о движении денежных потоков представляет информацию, характеризующую операции, связанные, во-первых, с образованием источников финансовых ресурсов, а во-вторых, с использованием этих ресурсов в течение расчетного периода. На каждом шаге (t) расчетного периода значение ***денежного потока ф(t)*** характеризуется:

- ***притоком*** – равным размеру денежных поступлений (или результатов в стоимостном выражении) на этом шаге;

- ***оттоком*** – равным платежам на этом шаге;

- ***сальдо*** (активным балансом, эффектом, кэш-фло) - равным разности между притоком и оттоком.

Денежный поток $ф(t)$ обычно состоит из потоков от отдельных видов деятельности:

- денежного потока от инвестиционной деятельности $\boldsymbol{ф^{и}(t)}$;
- денежного потока от операционной деятельности $\boldsymbol{ф^{о}(t)}$;
- денежного потока от финансовой деятельности $\boldsymbol{ф^{ф}(t)}$.

Отчёт о формировании денежных потоков представляется в виде табл. 22.

Таблица 22

Отчёт о формировании денежных потоков

Наименование показателей	Интервалы планирования		
	1	2	3
1	2	3	4
Операционная деятельность			
1. Выручка (объём продаж) без НДС			
2. Амортизационные отчисления			
3. Итого *приток от операционной деятельности*			
4. Прямые (переменные) издержки			
5. Операционные (постоянные) издержки без амортизации и торгово-административные издержки			
6. Налоги, относимые на финансовые результаты (на имущество, прибыль)			
7. Итого *отток от операционной деятельности*			
8. Сальдо *потока от операционной деятельности («Кэш-фло»)* $\boldsymbol{ф^{о}(t)}$ (гр. 8 = гр. 3 - гр. 7)			
Инвестиционная деятельность			
9. Ликвидационная стоимость			
10. **Итого** приток от инвестиционной деятельности			
11. Инвестиции в основные и оборотные активы			
12. **Итого** *отток от инвестиционной деятельности*			
13. *Сальдо потока от инвестиционной деятельности («Кэш-фло»)* $\boldsymbol{ф^{и}(t)}$ (гр. 13 = гр. 10 - гр. 12)			
Финансовая деятельность			
14. Собственный капитал (акционерный)			
15. Заёмный капитал (кредит)			
16. **Итого** *приток от финансовой деятельности*			
17. Выплаты по кредиту			
18. **Итого** *отток от финансовой деятельности*			
19. *Сальдо потока от финансовой деятельности («Кэш-фло»)* $\boldsymbol{ф^{ф}(t)}$ (гр. 19 = гр. 16 - 18)			

20.Суммарное сальдо («Кэш-фло») от 3-х потоков: $\phi^{o}(t) + \phi^{u}(t) + \phi^{\phi}(t)$ - гр. 20 = гр. 8 + гр. 13 + гр. 19			

Примечание к табл. 22

Показатели, относящиеся к притокам, приводятся со знаком «+», к оттокам – со знаком «-».

7.3. Оценка экономической эффективности инвестиций

Экономическая эффективность инвестиционного проекта оценивается в течение расчётного периода (от начала осуществления до его прекращения).

Оценка экономической эффективности может производиться двумя методами: *простым* методом (без учёта фактора времени) и с помощью метода *дисконтирования*.

Простой метод оценки эффективности инвестиций включает в себя определение следующих показателей:

- простую норму прибыли (ПНП);
- срок окупаемости без учета фактора времени ($Т_{ок}$).

Если ежегодная величина дохода (в виде прибыли и амортизации) равномерно распределена по годам, то расчёт производится следующим образом:

1. ***Простая норма прибыли*** рассчитывается как отношение чистой прибыли (ЧП) и амортизационных отчислений (А) за год к общему объёму инвестиций (ИЗ):

$$ПНП = (ЧП + А)/ИЗ.$$

Простая норма прибыли заключается в оценке того, какая часть инвестиционных затрат возмещается в виде прибыли в течение одного интервала планирования (% / в год).

2. ***Срок окупаемости*** - продолжительность периода, в течение которого сумма инвестиций будет возмещена за счет ежегодно формируемого дохода. Весь объём генерируемых проектом денежных средств, к которым относится сумма прибыли и амортизация, засчитывается как возврат на первоначально инвестированный капитал. Он определяется по формуле

$$Т_{ок} = ИЗ/(ЧП + А).$$

Метод дисконтирования (метод приведения чистых доходов к настоящему моменту времени) основан на определении следующих показателей:

- нормы дисконта (E),%

- коэффициентов дисконтирования $Kt(E)$;
- чистого дохода (ЧД);
- чистого дисконтированного дохода (ЧДД);
- внутренней нормы доходности (ВНД);
- индекса доходности дисконтированных инвестиций (ИДД).
- срок окупаемости с учётом фактора времени (дисконтированный).

3. *Норма* дисконта (*E*), выражаемая в процентах (долях единиц) в год, является основным экономическим нормативом, используемым при оценке инвестиционных проектов, показывает минимальную норму доходности. В условиях рынка критерием эффективности инвестиционного проекта является уровень прибыли, полученной на вложенный капитал. При этом под прибыльностью, рентабельностью или доходностью следует понимать не просто прирост капитала, а такой темп увеличения последнего, который:

- полностью компенсирует общее инфляционное изменение покупательной способности денег в течение рассматриваемого периода;
- обеспечит минимальный гарантированный уровень доходности;
- покроет риск инвестора, связанный с осуществлением проекта.

На практике E приближённо может быть принята на уровне процентной ставки по долгосрочным банковским кредитам и быть определена по формуле:

$$E = N - I,$$

где N - номинальная ставка банковского процента (в случае финансирования за счет заемных средств); или ставка по депозитным вкладам (в случае финансирования за счет собственных средств); I - темп инфляции (все значения за один и тот же период времени, %).

4. *Коэффициент дисконтирования (приведения) Kt(E)* определяется по формуле

$$Kt(E) = 1/(1 + E)^{t-1}.$$

5. *Чистый доход* (ЧД, Net Value, NV) – накопленный эффект (накопленное сальдо денежного потока) за расчётный период

$$\text{ЧД} = \Sigma\phi(t).$$

6. Чистый дисконтированный доход (ЧДД, интегральный эффект, Net Present Value, NPV) – накопленный дисконтированный эффект за расчётный период, определяется по формуле

$$ЧДД = \Sigma ф(t) \cdot Kt(E).$$

ЧД и ЧДД характеризуют превышение суммарных денежных поступлений над суммарными затратами для данного проекта соответственно без учёта и с учётом фактора времени. Для признания проекта эффективным с точки зрения инвестора необходимо, чтобы:

1) ЧДД проекта был положительным;
2) при сравнении альтернативных проектов предпочтение отдаётся проекту с большим значением ЧДД.

7. *Внутренняя норма доходности* (ВНД, Internal Rate of Return, IRR) – такое положительное число Ев, что при норме дисконта $E = E_в$ ЧДД проекта обращается в «0», при всех больших значения $E_в$ – ЧДД отрицателен, при всех меньших – ЧДД положителен: $ЧДД = \Sigma ф(t) \cdot Kt(E_в) = 0$. Определяется методом подбора.

8. *Индекс доходности дисконтированных инвестиций* (ИДД) – характеризует “отдачу проекта ”на вложенные средства. Определяется по формуле

ИДД =1 + ЧДД/К,

где К – суммарные дисконтированные инвестиционные издержки.

9. *Срок окупаемости с учётом фактора времени* - продолжительность периода от начального момента до “момента окупаемости” с учётом дисконтирования. *Моментом окупаемости* с учётом дисконтирования называется наиболее ранний момент времени в расчётном периоде, после которого текущий ЧДД становится и в дальнейшем остаётся неотрицательным.

Порядок расчёта показателей эффективности инвестиционного проекта приведён в табл. 23.

Таблица 23

2.1.1.1.1 Расчёт показателей оценки экономической эффективности

Наименование показателя	Интервал планирования		
	1	2	3
1	2	3	4
1. Сальдо потока от операционной деятельности $ф^о(t)$			
2. Сальдо потока от инвестиционной деятельности $ф^и(t)$			
3. Выплаты по кредиту			
4. Сальдо суммарного потока ($ф^о(t) + ф^и(t)$ + **гр. 3**)			
5. Сальдо накопленного потока (гр. 4 нарастающим итогом, последнее значение будет соответствовать **ЧД**)			
6. Коэффициент дисконтирования ***Kt(E),*** при E =...%			
7. Дисконтированное сальдо суммарного потока (гр. 4 · гр. 6)			
8. Сальдо накопленного дисконтированного потока (показатели гр. 7 нарастающим итогом, последнее значение будет соответствовать **ЧДД** (NPV))			
9. Инвестиционные издержки (табл. 11, гр. 7)			
10. Дисконтированные инвестиционные издержки (гр. 9 · гр. 6)			

Пояснения к табл. 23

1. Положительное значение ЧДД (NPV)>0 будет являться подтверждением целесообразности инвестирования.

2. Если ЧДД (NPV) = 0, то это будет соответствовать тому, что вложенные средства (инвестиции) равны доходу, полученному от их использования.

3. Если ЧДД (NPV) <0, то это будет соответствовать тому, что инвестиции нецелесообразны, так как общая сумма издержек (включая инвестиции) будет превышать доход от вложенных средств.

4. Срок окупаемости с учётом фактора времени определяется по данным гр. 8 и на основании этих показателей рекомендуется построить финансовый профиль инвестиционного проекта (см. рис. 7.1).

5. Для расчёта ИДД необходимо определить абсолютное значение суммы дисконтированных инвестиционных издержек (сумма показателей гр.10 по абсолютному значению).

6. По результатам расчетов строится финансовый профиль инвестиционного проекта.

На основании произведённых расчётов даётся анализ полученных показателей и делается вывод о целесообразности инвестиций.

Основные технико-экономические показатели по вариантам проектных решений. Технико-экономические показатели приводятся в табл. 24.

Таблица 24

Сводные технико-экономические показатели проектных решений

Наименование показателей	Ед. изм.	Варианты проектных решений	
		I	II
1	2	3	4
1. Характеристика проекта (новое строительство, реконструкция, расширение, поддержание мощности)			
2. Запасы полезного ископаемого: - геологические - балансовые (A+B+C1+C2) - забалансовые эксплуатационные (в контуре карьера)			
3. Характеристика полезного ископаемого			
4. Размеры карьера по поверхности на расчетный год: - длина - ширина			
5. Глубина карьера: - на расчетный год - на конец отработки месторождения			
6. Объем горно-капитальных работ			
7. Продолжительность строительства до достижения проектной мощности			
8. Годовая продолжительность карьера в расчетном году: - по руде - по вскрыше - по горной массе			
9. Общий срок эксплуатации карьера с учетом развития и затухания работ			
10. Режим работы карьера: - количество дней работы в году - число смен в сутки - продолжительность смены			
11. Буровзрывные работы: - буровые работы по типам (инвентарный парк) - годовая производительность бурстанка - выход горной массы с 1 п. м скважины - удельный расход ВВ - себестоимость бурения 1п. м - себестоимость взрывания			
12. Экскавация: - типы и количество экскаваторов - годовая производительность экскаватора на погрузке - количество перегрузочных пунктов - оборудование перегрузочных пунктов - себестоимость экскавации			

13. Отвалообразование: - типы и количество оборудования - годовая производительность - себестоимость отвалообразования			

Окончание табл. 24

1	2	3	4
14. Рудничный транспорт: - вид транспорта - тип и количество оборудования (подвижного состава) - годовые объемы транспортировки - себестоимость транспортировки по видам транспорта			
15. Показатели генплана Отводимая площадь, в т. ч. занято: - карьером - отвалом - промплощадкой - прочими объектами			
16. Стоимость 1 га отводимых земель Общая сумма затрат, связанных с отводом земель			
17. Среднесписочная численность работников			
18. Годовая производительность труда на 1 работающего: - по горной массе - товарной продукции Среднегодовая зарплата одного работающего			
19. Инвестиции (капитальные вложения) всего Удельные капитальные вложения: - на 1 т горной массы - 1 руб. товарной продукции			
20. Основные производственные фонды Нормируемые оборотные средства			
21. Себестоимость в расчетном периоде: - 1 куб. м вскрыши - 1 т. руды - цена товарной продукции			
22. Годовая стоимость товарной продукции Балансовая прибыль предприятия Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия			
23. Срок окупаемости капитальных вложений			

8. АНАЛИЗ, ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

В этом разделе производится окончательный выбор и обоснование наиболее предпочтительного варианта проектного решения. Выбор производится при сравнении значений основных принятых критериев и ограничений по рассматриваемым вариантам (табл. 25).

Таблица 25

Сравнение вариантов проектных решений

Критерии сравнения и ограничения	Варианты проектных решений	
	I	II
1. Технологические показатели, характеризующие варианты (глубина карьера, производственная мощность, направление горных работ и др.)		
2. Требования охраны окружающей среды		
3. Размеры пылевых и газовых выбросов: - площадь размещения пустых пород - объемы сброса сточных и дренажных вод		
4. Экономические и социальные ограничения и требования (согласно техническому заданию)		
5. Размер инвестиций - ограничения по сроку кредитования		
6. Экономические критерии: - размер приведенной прибыли: - сумма прибыли на капитал (рентабельность инвестиций) - срок окупаемости инвестиций		
7.Чистая дисконтированная стоимость инвестиций (NPV)		

Пояснение к таблице 25

1. Размер приведённой прибыли определяется на конец расчётного периода по формуле

$$П_{пр} = \sum_{1}^{t=Tp} П_t (1+r)^t ,$$

где $П_{пр}$ - приведённая прибыль на конец расчётного периода; $П_t$ - прибыль, полученная предприятием в t-м году эксплуатации месторождения; r - норма прибыли на вложенный капитал, принимаемая на уровне 10 - 20 %; $Т_р$ - год окончания расчётного периода.

2. Сумма прибыли, на вложенный капитал (инвестиции) за расчётный пе-

риод (рентабельность инвестиций) определяется по формуле

$$Р = П_t/И,$$

где $П_t$ – чистая прибыль на расчётный год; И - размер инвестиций в строительство (реконструкцию, на поддержание мощности и др.).

Все остальные показатели для сравнительного анализа принимаются из расчётов, выполненных в предыдущих разделах.

Анализ рассматриваемых вариантов производится с точки зрения удовлетворения условиям охраны окружающей среды, требований заказчика (технического задания или задания на выполнение дипломного проекта), экономической целесообразности. Анализируется вероятное изменение приоритетности вариантов в случае изменения тех или иных экономических, экологических или иных условий (непредвиденное обострение экологической ситуации, изменения цен на сырье, материалы, товарную продукцию, расширение рынка сбыта продукции и увеличение производительности карьера и т. д.). Выявляются благоприятные и неблагоприятные факторы, влияющие на предпочтительность рассматриваемых проектных решений.

В заключении приводятся основные выводы по выполненной работе, содержащие заключение о целесообразности принятия решения относительно строительства, реконструкции, поддержания производственной мощности горного предприятия. Выводы должны отражать как технологическую оценку рассмотренных вариантов (в плане использования той или иной технологии ведения горных работ) и оценку экономической целесообразности, так и экологические, а в отдельных случаях и социальные аспекты разработки месторождения.

9. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

9.1 Основная литература

п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Коршунов В.В. Экономика организации: Учебник и практикум / Коршунов В.В. – М.- Юрайт, 2016, - 408с.	10
2	Экономика горного предприятия: учебник / под ред. В. Е. Стровского, С.В. Макаровой, В.Г. Жукова. Ек-г: Изд-во УГГУ, 2018. - 340 с.	90
3	Бухалков М. И. Производственный менеджмент. Организация производства: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 38.03.02 "Менеджмент" / М. И. Бухалков. - 2-е изд. - Москва: ИНФРА-М, 2018. - 395 с.	20
4	Астахов А. С. Экономика и менеджмент горного производства: учебное пособие для вузов : в 2 книгах / А. С. Астахов, Г. Л. Краснянский. - Москва : Издательство Академии горных наук. Книга 1. - 2002. - 367 с.	25
5	Девлет-Гельды Г.К. Расчет, анализ и оценка затрат предприятия [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению домашнего задания по дисциплине «Финансы субъектов экономической деятельности»/ Девлет-Гельды Г.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 20 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31627.— ЭБС «IPRbooks», по паролю;	Эл. ресурс
6	Экономика предприятия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Е.М. Белый [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Русайнс, 2015.— 172 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/49005.— ЭБС «IPRbooks», по паролю;	Эл. ресурс

9.2 Дополнительная литература

п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Экономические, экологические и социальные проблемы горной промышленности Урала: сборник научных статей / Уральский государственный горный университет; под ред. Н. В. Гревцева, И. А. Коха. - Екатеринбург: УГГУ, 2017. - 155 с.	2
2	Ганицкий В. И. Менеджмент горного производства : учеб. пособие для вузов / Всеволод Иванович Ганицкий В. И., Владимир Иванович Велесевич В. И. - Москва : Изд-во МГГУ, 2004. - 357 с.	61
3	Макроэкономическое планирование и прогнозирование : учебно-методическое пособие / В. К. Крутиков [и др.] ; Институт управления, бизнеса и технологий, Среднерусский научный центр Санкт-Петербургского отделения Международной академии наук высшей школы. - Калуга : Эйдос, 2014. - 113 с.	20
4	Модернизация учета управления затрат при комплексном использовании минерального сырья/ под ред. Ф.Д.Лиричкина, А.Г.Воробьева, : Ин-т экон. проблем им.Г.П.Лузина КНЦ РАН, Геотехмин – 2-е из.испр. и доп. – Москва: Руда и металлы, 2013 -180 с.	2
5	Чайников В.В. Экономика предприятия (организации) [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Чайников, Д.Г. Лапин. — Электрон.	Эл. ресурс

	текстовые данные. — М.: Российский новый университет, 2010. — 480 с. — 978-5-89789-051-4. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/21343.html	
6	Ефимов О.Н. Экономика предприятия [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.Н. Ефимов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2014. — 732 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/23085.html	Эл. ресурс

9.3 Нормативные правовые акты

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 N 51-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2018);
2. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) от 31.07.1998 N 146-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 03.09.2018);
3. Федеральный закон "О несостоятельности (банкротстве)" от 26.10.2002 N 127-ФЗ (последняя редакция).

10 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Альт-Прогноз 3 Отдельные организации
2. Альт-Инвест 6 Отдельные организации
3. Microsoft Windows 8 Professional
4. Microsoft Office Standard 2013
5. Microsoft Windows 8 Professional
6. Microsoft Office Professional 2013

11 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

Информационно-правовой портал «Консультант плюс» http/://www/consultant.ru
Официальный сайт Министерства экономического развития РФ http://economy.gov.ru/minec/main
Горнопромышленный портал России: информационно-аналитический http://www.miningexpo.ru/news

12. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

12.1.Подготовка к защите и порядок защиты курсовой работы

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты курсовой работы.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.
2. Ответы студента на вопросы преподавателя.
3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

Советы студенту:

•Готовясь к защите курсовой работы, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.

•Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).

•Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.

•Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.

•Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.

•Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.

•Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.

•Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!

•Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.

•Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.

•Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

12.2. Критерии оценки курсовой работы

Подготовленная и оформленная в соответствии с требованиями курсовая работа оценивается преподавателем по следующим критериям:

теоретический уровень работы;

аналитический уровень работы;

правильность выполненных расчетов;

самостоятельность выполнения работы;

культура письменного изложения материала (логичность подачи ма-

териала, грамотность автора);

культура оформления материалов работы (соответствие работы всем стандартным требованиям);

использование литературных источников (достаточное количество, наличие в списке учебников и научных публикаций по теме, современность источников);

умение ориентироваться в материале и отвечать на вопросы по работе;

умение подготовить презентацию к работе (содержательность, логичность и правильное оформление презентации).

Объективность оценки работы преподавателем заключается в определении ее положительных и отрицательных сторон, по совокупности которых он окончательно оценивает представленную работу. При положительном заключении работа допускается к защите, о чем делается запись на титульном листе работы. При отрицательной оценке работа возвращается на доработку с последующим представлением на повторную проверку с приложением замечаний, сделанных преподавателем.

Внимание

1. Не допускается сдача скачанных из сети Internet курсовых работ, поскольку, во-первых, это будет рассматриваться как попытка обмана преподавателя, во-вторых, это приводит к формализации получения знаний, в-третьих, в мировой практике ведется борьба с плагиатом при сдаче работ вплоть до отчисления студентов от обучения. В подобном случае курсовая работа не принимается к защите и вместо него выдается новая тема.

2. Студент, не подготовивший и не защитивший курсовую работу, не может быть допущен к экзамену по дисциплине «Оценка реальных и финансовых активов».

Приложение

Образец оформления титульного листа курсовой работы

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Инженерно-экономический факультет

Кафедра экономики и менеджмента

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине
«Экономика и менеджмент горного производства»
на тему:
«Оценка эффективности инвестиционного проекта»

Преподаватель:
доц., к. э. н. Дроздова И.В.
Студент гр. ОГР-16
Иванов И. И.

Екатеринбург – 2019

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 №3
Открытые горные работы
Квалификация выпускника: **специалист**

формы обучения: **очная, заочная**

Авторы: Дроздова И.В., доцент; Перегон И.В., ст. преподаватель

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..…3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..……6

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……8

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……9

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ..13

ПОДГОТОВКА К ДИСКУССИИ……15

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..18

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 знаний 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 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 – практические занятия;
2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям, подготовка к устному опросу, участию в дискуссиях, решению практико-ориентированных заданий 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 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*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- подготовка к практическим и лабораторным занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля));
- выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (практико-ориентированного задания);
- подготовка к экзамену.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема 1. Специфика действия рыночного механизма в горной промышленности

- Назовите субъекты и объекты хозяйствования в условиях рынка.
- Каковы основные проблемы и задачи экономики организации?
- Что собой представляет предприятие как субъект хозяйственной деятельности?
- Назовите признаки коммерческих и некоммерческих организаций.
- Какие организационно-правовые формы предприятий предусмотрены законодательством.
- Перечислите признаки предприятия в условиях рынка.
- Дайте определение предпринимательской деятельности
- Назовите виды предпринимательской деятельности и их признаки.
- Каковы особенности и условия эффективности производственного, коммерческого и финансового предпринимательства?
- Назовите закономерности и принципы размещения предприятий.
- В чем заключается отраслевая специализация предприятий?
- Что собой представляет организация как система?

Тема 2. Ресурсы горных предприятий

- Дайте определение внеоборотным активам предприятия.
- Каковы экономическая сущность, состав и принципы классификации основных производственных фондов предприятия?
- Что понимается под амортизацией основных фондов?
- В чем отличие и каков порядок начисления амортизации при линейном и нелинейном методах?
- Назовите основные показатели оценки эффективности использования основных фондов и приведите порядок их расчета.
- Что собой представляет лизинг и в чем его отличие от традиционной аренды?
- Какова экономическая сущность нематериальных активов?
- Приведите принципы классификации нематериальных активов.
- Как отражается использование нематериальных активов в хозяйственной деятельности предприятий?
- Какова экономическая сущность оборотного капитала?
- В чем выражается производственная и расчетная функция оборотных активов?
- Что собой представляет процесс нормирования оборотных активов?
- Назовите основные показатели оборачиваемости оборотного капитала и приведите порядок их расчета.
- Какова экономическая сущность ускорения оборачиваемости?
- Назовите основные источники финансирования оборотных средств.

- Каковы основные принципы классификации персонала предприятия?
- Как определяется явочный и списочный штат персонала?
- Назовите методы расчета и анализа производительности труда.
- Перечислите состав средств предприятия, направленных на потребление.

Тема 3. Формирование основных результатов финансово-хозяйственной деятельности горных предприятий

- В чем сущность понятий «стоимость», «издержки»?
- Что такое себестоимость продукции, какова ее экономическая сущность, и в чем выражаются проблемы ее формирования и снижения?
- Назовите основные принципы классификации затрат на производство и реализацию продукции.
- Что понимается под калькуляцией себестоимости, какие модели и методы калькулирования применяются в хозяйственной практике?
- Чем характеризуются и как определяются виды продукции предприятия: валовая, товарная, реализованная.
- Что включает в себя смета затрат, каковы ее элементы?
- Назовите пути снижения себестоимости и методы расчета экономии и резервов.
- Как определяются точка безубыточности и запас финансовой прочности для обоснования выбора оптимальных показателей производства и реализации продукции?
- Дайте определение цены как экономической категории.
- Перечислите принципы классификации цен по видам.
- Что относится к внутренним и внешним ценообразующим факторам?
- Какова сущность прибыль как основного результата финансовой деятельности предприятия?
- Назовите основные виды прибыли.
- Каковы особенности налогообложения прибыли?
- Приведите порядок расчета чистой прибыли.
- Какие направления распределения прибыли возможны?
- Как определяются показатели рентабельности производства, продукции, активов и продаж и каковы пути их повышения?

Тема 4. Экономическое обоснование инженерных решений

- Какова экономическая сущность инвестиций?
- Назовите виды инвестиций и приведите принципы их классификация.
- Какова сущность понятия и содержание инвестиционного проекта?
- Что понимается под технико-экономическим обоснованием проекта, каково его назначение?
- Назовите основные разделы ТЭО проекта, их структуру и содержание.
- Каковы принципы оценки коммерческой эффективности инвестиционных проектов?
- Приветите порядок расчета основных показателей оценки эффективности инвестиционных проектов.

Тема 5. Основы менеджмента на горных предприятиях

- Каковы особенности организации и управления на горных предприятиях: сущность системного подхода к управлению?
- Назовите элементы организации процесса управления горным производством.
- Каковы основные принципы и методы менеджмента на горных предприятиях?
- Дайте сравнительную характеристику подходов, методов и технологий управления.
- Что собой представляет организационная структура управления и каковы принципы ее построения?
- Что представляет собой система управления персоналом на предприятии?
- В чем состоит сущность, каковы принципы и методы планирования на горном предприятии?
- Каковы место, роль и содержание стратегического, перспективного, текущего, оперативного, бизнес – планирования, программ инновационного и инвестиционного развития в организации планирования деятельности горного предприятия?
- Назовите основные пути совершенствовании управления горным предприятием.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Специфика действия рыночного механизма в горной промышленности

- субъекты и объекты хозяйствования
- признаки коммерческих организаций
- организационно-правовые формы предприятий
- предпринимательская деятельность
- особенности и условия эффективности предпринимательства
- закономерности и принципы размещения предприятий
- отраслевая специализация предприятий
- организация как система

Тема 2. Ресурсы горных предприятий

- внеоборотные активы приятия
- экономическая сущность, состав основных производственных фондов предприятия
- амортизация основных фондов
- показатели оценки эффективности использования основных фондов
- лизинг
- экономическая сущность нематериальных активов
- экономическая сущность оборотного капитала
- процесс нормирования оборотных активов
- показатели оборачиваемости оборотного капитала
- источники финансирования оборотных средств
- основные принципы классификации персонала предприятия
- явочный и списочный штат персонала
- состав средств предприятия, направленных на потребление

Тема 3. Формирование основных результатов финансово-хозяйственной деятельности горных предприятий

- понятия «стоимость», «издержки»
- себестоимость продукции
- принципы классификации затрат на производство и реализацию продукции
- калькуляция себестоимости
- виды продукции предприятия: валовая, товарная, реализованная
- смета затрат и ее элементы
- пути снижения себестоимости
- точка безубыточности и запас финансовой прочности

- цена как экономической категория
- прибыль как основной результат финансовой деятельности предприятия
- виды прибыли
- показатели рентабельности производства, продукции, активов и продаж

Тема 4. Экономическое обоснование инженерных решений

- экономическая сущность инвестиций
- виды инвестиций и их классификация
- содержание инвестиционного проекта
- технико-экономическим обоснование проекта,
- принципы оценки коммерческой эффективности инвестиционных проектов
- порядок расчета основных показателей оценки эффективности инвестиционных проектов

Тема 5. Основы менеджмента на горных предприятиях

- особенности организации и управления на горных предприятиях
- сущность системного подхода к управлению
- элементы организации процесса управления горным производством
- основные принципы и методы менеджмента на горных предприятиях
- организационная структура управления
- система управления персоналом на предприятии
- сущность, принципы и методы планирования на горном предприятии
- основные пути совершенствовании управления горным предприятием.

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 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 ДИСКУССИИ

Дискуссия - практическое занятие, в основе его заложены несколько различных точек зрения на один и тот же вопрос, в результате обсуждения которых участники приходят к приемлемым для каждого из них позициям и решениям. Современный образовательный метод по сути своей является «проблемно-ориентированным подходом к обучению и позволяет сфокусировать внимание студентов на анализе и разрешении какой-либо конкретной проблемной ситуации.

Цель дискуссии - раскрыть широкий спектр мнений по выбранной для обсуждения проблеме с разных точек зрения, обсудить неясные и спорные моменты, связанные с данной проблемой, и достичь консенсуса, то есть всестороннее глубокое рассмотрение актуальной проблемы путем ее свободного группового обсуждения.

Неотъемлемые составляющие дискуссии - это:

1. неразрешённый вопрос;

2. равноправное участие представителей всех заинтересованных сторон;

3. выработка приемлемых для всех участников решений по обсуждаемому вопросу.

При проведении дискуссии для достижения положительного результата и создания деловой атмосферы необходимо:

- предусмотреть оптимальное количество участников;
- обеспечить работу технических средств для аудио- и видеозаписи;
- установить регламент выступлений;
- обеспечить соответствующее оформление аудитории.

Методика организации и проведения дискуссии

Обычно выделяют три этапа в организации и проведении «круглого стола»: подготовительный, дискуссионный и завершающий. Для каждого этапа студент должен быть соответствующим образом подготовлен:

1. *Подготовительный этап*:

- выбор проблемы (проблема должна быть острой, актуальной, имеющей различные пути решения). Выбранная для обсуждения проблема может носить междисциплинарный характер, она должна представлять практический интерес для аудитории с точки зрения развития профессиональных компетенций. Тема заранее студенту известна. Тему задает преподаватель;
- подбор модератора (модератор руководит дискуссией, поэтому должен на высоком уровне владеть искусством создания доверительной атмосферы и поддержания дискуссии, а также методом наращивания информации). Студент может быть модератором при должной подготовке и помощи со стороны преподавателя;
- подбор дискутантов;
- подготовка сценария (проведение дискуссиии по заранее спланированному сценарию позволяет избежать спонтанности и хаотичности

в дискуссии). Сценарий также заранее студенту известен, так как его выполнение на занятии предполагает дополнительную самостоятельную подготовку вне аудитории.

Сценарий предполагает:

- определение понятийного аппарата (тезауруса);
- краткую содержательную вступительную речь модератора, в которой объявляется тема и спектр затрагиваемых в ее рамках проблем, контекст желаемого обсуждения;
- перечень вопросов дискуссионного характера (до 15 формулировок);
- разработку «домашних заготовок» ответов, подчас противоречивых и неординарных с использованием репрезентативной выборки информации;
- заключительную речь модератора;

• оснащение помещения стандартным оборудованием (аудио - видеотехникой), а также мультимедийными средствами с целью поддержания деловой и творческой атмосферы;

• консультирование участников (позволяет выработать у большинства участников определенные убеждения, которые в дальнейшем будут ими отстаиваться);

• подготовка необходимых материалов (на бумажном или электронном носителях): это могут быть статистические данные, материалы экспресс-опроса, проведенного анализа имеющейся информации с целью обеспечения участников дискуссии.

2. Дискуссионный этап:

• выступление модератора, в котором дается определение проблем и понятийного аппарата (тезауруса), устанавливается регламент, правила общей технологии занятия в форме дискуссии и информирование об общих правилах коммуникации.

К общим правилам коммуникации относятся рекомендации:

- избегай общих фраз;
- ориентируйся на цель (задачу);
- умей слушать;
- будь активен в беседе;
- будь краток;
- осуществляй конструктивную критику;
- не допускай оскорбительных замечаний в адрес собеседника;

• проведение «информационной атаки»: участники высказываются в определенном порядке, оперируя убедительными фактами, иллюстрирующими современное состояние проблемы;

• выступление дискутантов и выявления существующих мнений на поставленные вопросы, акцентирования внимания на оригинальные идеи. С целью поддержания остроты дискуссии рекомендуется формулировать дополнительные вопросы;

• ответы на дискуссионные вопросы;

- подведение модератором мини-итогов по выступлениям и дискуссии: формулирование основных выводов о причинах и характере разногласий по исследуемой проблеме, способах их преодоления, о системе мер решения данной проблемы.

3. Завершающий этап:

- подведение заключительных итогов ведущим;
- выработка рекомендаций или решений;
- установление общих результатов дискуссии.

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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.04. Горное дело

Специализация *№ 3*
Открытые горные работы

квалификация выпускника: специалист

формы обучения: очная, заочная

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Екатеринбург

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**рап**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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.04. Горное дело

Специализация *№ 3*
Открытые горные работы

квалификация выпускника: специалист

формы обучения: очная, заочная

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Екатеринбург

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, ордера – «документы» и ордеры – «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 – ла́стов 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**;

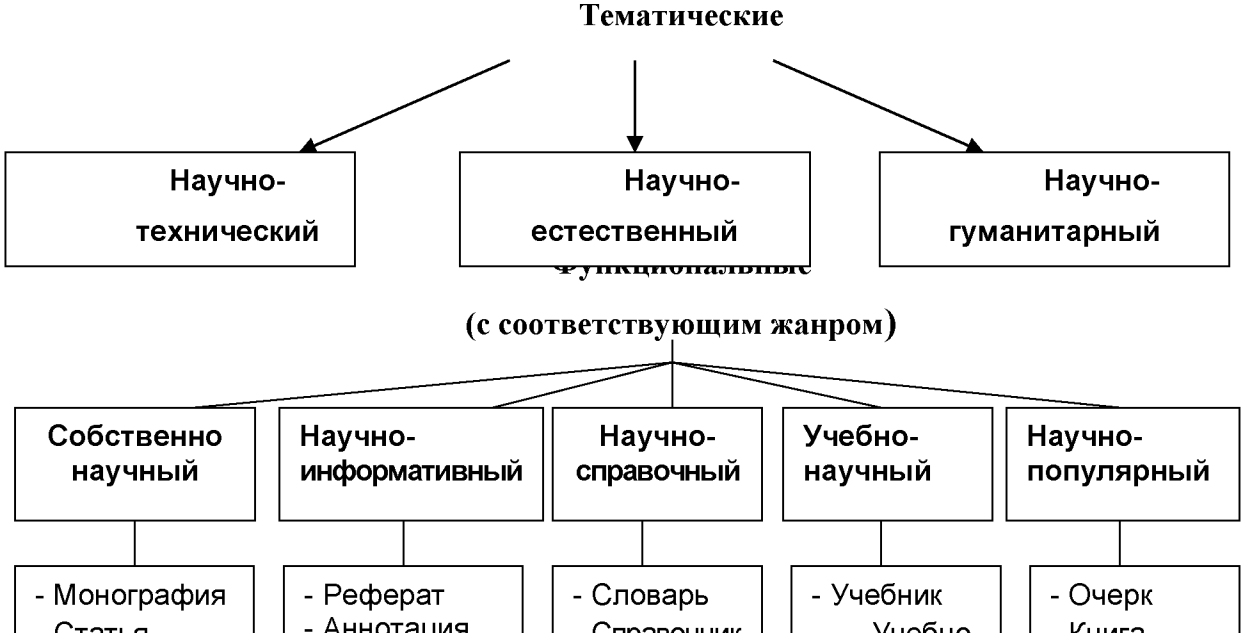
– **отсутствие выражения эмоций** (отсутствуют разговорные элементы, эмоционально-экспрессивная лексика, неполные конструкции и т. п.).

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:



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, Сі), 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.

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ФГБОУ ВПО "УГГУ"
_____ Н.П.Косарев
_____ 2014 г.

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* */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* */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 *Пустник*

Текст 4

Декану ТМФ
Козину Владимиру
Зиновьевичу

Докладная

Уважаемый Владимир Зиновьевич!

Сегодня я, Курпатова Вера, студентка ТМФ, 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.

Курпатова

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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.04. Горное дело

Специализация *№ 3*
Открытые горные работы

квалификация выпускника: специалист

формы обучения: очная, заочная

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Екатеринбург

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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ПСИХОЛОГИЯ ДЕЛОВОГО ОБЩЕНИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

специализация
Открытые горные работы

Автор: Чащегорова Н.А., доцент, к.ф.н.

Екатеринбург

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 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 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-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-ориентированном заданием.

---

[1] 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.

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://priab.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 процесс 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 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 представляет собой дискуссию 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 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 смелом до самых современных технических средств), 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. 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 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 ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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.



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

**Г. В. Петровских, В. Б. Пяткова,
О. Е. Турова**

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ

Учебное пособие
**по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения**

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……..4
1. НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ ……5
1. 1. Первообразная для функции ……5
1. 2. Неопределенный интеграл и его свойства ……...5
1. 3. Таблица основных интегралов ……..……6
2. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ ……7
2. 1. Непосредственное интегрирование ……...7
2. 2. Подведение под знак дифференциала ……..10
2. 3. Замена переменной ……12
2. 4. Интегрирование по частям ……14
2. 5. Интегрирование рациональных дробей ……...19
2. 6. Интегрирование тригонометрических функций ……28
3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯЕТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ……..34
3.1. Непосредственное интегрирование ……....34
3. 2. Подведение под знак дифференциала ……..37
3. 3. Замена переменной ……..41
3. 4. Интегрирование по частям ……44
3. 5. Интегрирование рациональных дробей ……46
3. 6. Интегрирование тригонометрических функций ……..51
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……53

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии представлены основные теоретические сведения по теме “Неопределенный интеграл”, рассмотрены основные методы интегрирования, разобраны примеры решения задач.

Работа содержит 30 вариантов наборов задач для самостоятельной работы студентов, которые могут быть использованы для контрольных работ.

Рекомендуется для всех специальностей УГГУ.

1. НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ

1.1. Первообразная для функции

Функция $F(x)$ называется первообразной для функции $f(x)$ на интервале (a,b), если $F(x)$ дифференцируема на (a,b) и $F'(x)=f(x)$

Примеры

1. Функции $F(x)=-\cos x,\quad F_1(x)=-\cos x+1,\quad F_2(x)=-\cos x-3$ являются первообразными для функции $f(x)=\sin x$

2. Функции $F(x)=\ln x, F(x)=\ln x+C$ являются первообразными для функции $f(x)=\frac{1}{x}, x>0$

3. Функции $F(x)=\arcsin x,\quad F_1(x)=\arcsin x-0{,}5$ являются первообразными для функции $f(x)=\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$.

Теорема

Если $F(x)$ и $F_1(x)$ - первообразные для функции $f(x)$ на интервале (a,b), то $F_1(x)=F(x)+C$, где $C=\text{const}$.

Таким образом, множество всех первообразных для функции $f(x)$ имеет вид $\{F(x)+C\}$.

1.2. Неопределенный интеграл и его свойства

Неопределенным интегралом функции $f(x)$ на (a,b) называется множество всех её первообразных и обозначается

$$\int f(x)dx = F(x)+C,$$

где $F(x)$ - одна из первообразных для функции $f(x)$.

Примеры

1. $\int \sin x dx = -\cos x + C.$

2. $\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + C.$

3. $\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arcsin x + C, \quad |x| < 1.$

Свойства неопределённого интеграла

1. $\left(\int f(x)dx\right) = f(x).$

2. $d\left(\int f(x)dx\right) = f(x)dx.$

3. $\int df(x) = f(x) + C.$

4. $\int kf(x)dx = k\int f(x)dx,$ где $k = \text{const}.$

5. $\int \left(f(x) \pm g(x)\right)dx = \int f(x)dx \pm \int g(x)dx.$

6. Если $\int f(x)dx = F(x) + C$ и $u = u(x)$ - дифференцируемая на (a, b) функция, то $\int f(u)du = F(u) + C$.

1.3. Таблица основных интегралов

1. $\int 0dx = C \quad (C = \text{const}).$

2. $\int x^{\alpha} dx = \frac{x^{\alpha+1}}{\alpha+1} + C, \quad x > 0, \ \alpha \neq -1.$

3. $\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + C.$

4. $\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + C, \quad a > 0,\ a \neq 1.$

5. $\int e^x dx = e^x + C.$

6. $\int \sin x dx = -\cos x + C.$

7. $\int \cos x dx = \sin x + C.$

8. $\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x + C, \quad \cos x \neq 0.$

9. $\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x + C, \quad \sin x \neq 0.$

10. $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \arcsin \frac{x}{a} + C, \quad a \neq 0.$

11. $\int \frac{dx}{a^2 + x^2} = \frac{1}{a} \operatorname{arctg} \frac{x}{a} + C, \quad a \neq 0.$

12. $\int \frac{dx}{x^2 - a^2} = \frac{1}{2a} \ln \left| \frac{x - a}{x + a} \right| + C, \quad a \neq 0.$

13. $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 + k}} = \ln \left| x + \sqrt{x^2 + k} \right| + C, \quad k \neq 0.$

2. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ

2.1. Непосредственное интегрирование

Выполняется с использованием тождественных преобразований подынтегральных функций, свойств и таблицы неопределённых интегралов.

Примеры

1. $\int 2\sqrt{x^3}\,dx = 2\int x^{\frac{3}{2}}dx = 2\dfrac{x^{\frac{3}{2}+1}}{\frac{3}{2}+1} + C = 2\dfrac{x^{\frac{5}{2}}}{\frac{5}{2}} + C = \dfrac{4}{5}x^{\frac{5}{2}} + C = \dfrac{4}{5}\sqrt{x^5} + C.$

2. $\int \dfrac{\sqrt{x}+2}{\sqrt{x}}dx = \int\left(\dfrac{\sqrt{x}}{\sqrt{x}} + \dfrac{2}{\sqrt{x}}\right)dx = \int\left(1 + 2x^{-\frac{1}{2}}\right)dx = \int dx + 2\int x^{-\frac{1}{2}}dx =$

$= x + 2\dfrac{x^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}} + C = x + 4\sqrt{x} + C.$

3. $\int (7x-1)\left(x^3 + \dfrac{1}{x}\right)dx = \int\left(7x\cdot x^3 - x^3 + 7x\cdot\dfrac{1}{x} - \dfrac{1}{x}\right)dx = \int\left(7x^4 - x^3 - \dfrac{1}{x} + 7\right)dx =$

$= 7\int x^4dx - \int x^3dx - \int\dfrac{1}{x}dx + 7\int dx = \dfrac{7x^5}{5} - \dfrac{x^4}{4} - \ln|x| + 7x + C.$

4. $\int \dfrac{x^2-5}{x^4-25}dx = \int \dfrac{x^2-5}{\left(x^2\right)^2 - 5^2}dx = \int \dfrac{x^2-5}{\left(x^2-5\right)\left(x^2+5\right)}dx = \int \dfrac{dx}{x^2+5} = \int \dfrac{dx}{x^2+\left(\sqrt{5}\right)^2} =$

$= \dfrac{1}{\sqrt{5}}\operatorname{arctg}\dfrac{x}{\sqrt{5}} + C.$

5. $\int \dfrac{x^2-2x-3}{x+1}dx = \left[\begin{array}{c} x^2-2x-3=0 \\ x_{1,2} = \dfrac{2\pm\sqrt{4+12}}{2} \\ x_1 = 3, \quad x_2 = -1 \end{array}\right] = \int \dfrac{(x-3)(x+1)}{x+1}dx = \int (x-3)dx = \dfrac{x^2}{2} - 3x + C.$

6. $\int \dfrac{(3x-1)^2}{x}dx = \int \dfrac{9x^2-6x+1}{x}dx = \int\left(9x - 6 + \dfrac{1}{x}\right)dx = 9\cdot\int xdx - 6\cdot\int dx + \int\dfrac{dx}{x} =$

$= \dfrac{9x^2}{2} - 6x + \ln|x| + C.$

$$7.\ \int \mathrm{e}^{x}\cdot\left(\frac{3e^{-x}}{2}+\frac{4}{5}\right)dx=\int\left(\frac{3e^{x}\cdot e^{-x}}{2}+\frac{4}{5}e^{x}\right)dx=\int\left(\frac{3}{2}+\frac{4}{5}e^{x}\right)dx=\frac{3}{2}\cdot\int dx-\frac{4}{5}\cdot\int e^{x}dx=$$

$$=\frac{3}{2}x+\frac{4}{5}e^{x}+C.$$

$$8.\ \int x^{2}\cdot\left(\frac{3\sin x}{x^{2}}+\frac{5}{x^{3}}\right)dx=\int\left(3\sin x+\frac{5}{x}\right)dx=3\cdot\int\sin xdx+5\cdot\int\frac{1}{x}dx=-3\cos x+5\ln|x|+C.$$

$$9.\ \int 4\sin\frac{x}{2}\cdot\cos\frac{x}{2}dx=\int 2\cdot 2\sin\frac{x}{2}\cdot\cos\frac{x}{2}dx=2\cdot\int\sin xdx=-2\cos x+C.$$

$$10.\ \int\frac{\sin^{2}x}{\cos^{2}x}dx=\int\frac{1-\cos^{2}x}{\cos^{2}x}dx=\int\left(\frac{1}{\cos^{2}x}-\frac{\cos^{2}x}{\cos^{2}x}\right)dx=\int\frac{dx}{\cos^{2}x}-\int dx=\mathrm{tg}x-x+C.$$

$$11.\ \int\frac{\left(x-\sqrt{x}\right)\left(1+\sqrt{x}\right)}{\sqrt[3]{x}}dx=\int\frac{x+x\sqrt{x}-\sqrt{x}-x}{\sqrt[3]{x}}dx=\int\frac{x\sqrt{x}-\sqrt{x}}{\sqrt[3]{x}}dx=\int\left(\frac{x\sqrt{x}}{\sqrt[3]{x}}-\frac{\sqrt{x}}{\sqrt[3]{x}}\right)dx=$$

$$=\int\left(x\cdot x^{\frac{1}{2}}\cdot x^{-\frac{1}{3}}-x^{\frac{1}{2}}\cdot x^{-\frac{1}{3}}\right)dx=\int x^{\frac{7}{6}}dx-\int x^{\frac{1}{6}}dx=\frac{6x^{\frac{13}{6}}}{13}-\frac{6x^{\frac{7}{6}}}{7}+C=\frac{6\sqrt[6]{x^{13}}}{13}-\frac{6\sqrt[6]{x^{7}}}{7}+C.$$

$$12.\ \int\frac{2e^{5x}-e^{4x}}{e^{4x}}dx=\int\left(2e^{x}-1\right)dx=2\cdot\int e^{x}dx-\int dx=2e^{x}-x+C.$$

2.2. Подведение под знак дифференциала

В этом методе используют таблицу интегралов и свойство неопределённого интеграл: если $\int f(x)dx=F(x)+C$ и $u=u(x)$ - дифференцируемая на (a,b)

функция, то $\int f(u)du = F(u) + C$, а также определение дифференциала функции $f(x)$: $df(x) = f'(x)dx$.

Например:

1. $dx = \frac{1}{a}d(ax)$ так как $\frac{1}{a}d(ax) = \frac{1}{a}(ax)'dx = \frac{1}{a} \cdot adx = dx$.
2. $dx = d(x+b)$.
3. $dx = \frac{1}{a}d(ax+b)$.
4. $\sin x dx = -d(\cos x)$.
5. $\cos x dx = d(\sin x)$.
6. $e^x dx = d(e^x)$.
7. $\frac{dx}{x} = d(\ln x)$.
8. $xdx = \frac{1}{2}d\left(x^2\right) = \frac{1}{2}d\left(x^2 + b\right)$.
9. $x^2 dx = \frac{1}{3}d\left(x^3\right) = \frac{1}{3}d\left(x^3 + b\right)$.
10. $\frac{dx}{\cos^2 x} = d(\operatorname{tg} x)$.
11. $\frac{dx}{\sin^2 x} = -d(\operatorname{ctg} x)$.
12. $\frac{dx}{1+x^2} = d(\operatorname{arctg} x)$.
13. $\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = d(\arcsin x)$.
14. $f(ax) = \frac{1}{a}d(f(ax) + b)$.

Примеры

1. $\int \sin 3x dx = \left[dx = \frac{1}{3} d(3x) \right] = \frac{1}{3} \int \sin 3x d(3x) = -\frac{1}{3} \cos 3x + C$.

2. $\int \cos \frac{x}{5} dx = \left[dx = 5 d\left(\frac{x}{5}\right) \right] = 5 \int \cos \frac{x}{5} d\left(\frac{x}{5}\right) = 5 \sin \frac{x}{5} + C$.

3. $\int \frac{dx}{7x-2} = \left[dx = \frac{1}{7} d(7x-2) \right] = \frac{1}{7} \int \frac{d(7x-2)}{7x-2} = \frac{1}{7} \ln |7x-2| + C$.

4. $\int \operatorname{tg} x dx = \int \frac{\sin x dx}{\cos x} = \left[\sin x dx = -d(\cos x) \right] = -\int \frac{d(\cos x)}{\cos x} = -\ln |\cos x| + C$.

5. $\int \frac{\ln^2 x}{x} dx = \left[\frac{dx}{x} = d(\ln x) \right] = \int \ln^2 x d(\ln x) = \frac{\ln^3 x}{3} + C$.

6. $\int \frac{x dx}{x^2+9} = \left[x dx = \frac{1}{2} d(x^2+9) \right] = \frac{1}{2} \int \frac{d(x^2+9)}{x^2+9} = \frac{1}{2} \ln \left| x^2+9 \right| + C$.

7. $\int \frac{e^x dx}{e^{2x}+4} = \left[e^x dx = d\left(e^x\right) \right] = \int \frac{d(e^x)}{(e^x)^2+2^2} = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{e^x}{2} + C$.

8. $\int \frac{e^{\operatorname{tg} x} dx}{\cos^2 x} = \left[\frac{dx}{\cos^2 x} = d(\operatorname{tg} x) \right] = \int e^{\operatorname{tg} x} d(\operatorname{tg} x) = e^{\operatorname{tg} x} + C$.

9. $\int \frac{dx}{(1+x^2)\operatorname{arctg} x} = \left[\frac{dx}{1+x^2} = d(\operatorname{arctg} x) \right] = \int \frac{d(\operatorname{arctg} x)}{\operatorname{arctg} x} = \ln |\operatorname{arctg} x| + C$.

$$10.\int\sqrt{4x^3-8}\cdot x^2dx=\left[x^2dx=\frac{1}{3}d\left(x^3\right)=\frac{1}{12}d\left(4x^3-8\right)\right]=\frac{1}{12}\int\left(4x^3-8\right)^{\frac{1}{2}}d\left(4x^3-8\right)=$$

$$=\frac{1}{12}\frac{\left(4x^3-8\right)^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}+C=\frac{1}{12}\cdot\frac{2}{3}\sqrt{(4x^3-8)^3}+C=\frac{1}{18}\sqrt{(4x^3-8)^3}+C.$$

2.3. Замена переменной

Этот метод является продолжением метода подведения под знак дифференциала в более сложных случаях.

Пусть $x=x(t)$ – монотонная непрерывно дифференцируемая функция на некотором интервале изменения t, а $f(x)$ – непрерывная функция на соответствующем интервале изменения x.

Тогда

$$\int f(x)\,dx=\int f(x(t))\,x'(t)\,dt.$$

Примеры

1.

$$\int\frac{dx}{\sqrt{x}+2}=\left[\begin{array}{l}\text{Замена:}\\ x=t^2\\ dx=\left(t^2\right)'dt=2tdt\end{array}\right]=\int\frac{2tdt}{t+2}=2\int\frac{(t+2)-2}{t+2}dt=$$

$$=2\int\left(1-\frac{2}{t+2}\right)dt=2\int dt-4\int\frac{dt}{t+2}=$$

$$=2t-4\int\frac{d(t+2)}{t+2}=2t-4\ln|t+2|=\left[\begin{array}{l}\text{обратная}\\ \text{замена: } t=\sqrt{x}\end{array}\right]=2\sqrt{x}-4\ln\left|\sqrt{x}+2\right|+C.$$

2.

$$\int \frac{(x+1)dx}{x^2+4x+20} = \left[\begin{array}{l} \text{Выделим в знаменателе полный квадрат.} \\ x^2+4x+20 = (x^2+4x+4)+16 = (x+2)^2+16. \\ \text{Замена: } x+2=t;\ x=t-2;\ dx=dt; \\ x+1=t-2+1=t-1 \end{array}\right] =$$

$$= \int \frac{(t-1)dt}{t^2+16} = \int \frac{tdt}{t^2+16} - \int \frac{dt}{t^2+16} = \frac{1}{2}\int \frac{d(t^2+16)}{t^2+16} - \frac{1}{4}\operatorname{arctg}\frac{t}{4}$$

$$= \frac{1}{2}\ln\left|t^2+16\right| - \frac{1}{4}\operatorname{arctg}\frac{t}{4} + C =$$

$$= \left[\begin{array}{c} \text{обратная замена: } \quad t = x+2; \\ \mathrm{t}^2+16 = x^2+4x+20 \end{array}\right] = \frac{1}{2}\ln\left|x^2+4x+20\right| - \frac{1}{4}\operatorname{arctg}\frac{x+2}{4} + C.$$

3.

$$\int \sqrt{9-x^2}\,dx = \left[\begin{array}{l} \text{Замена: } x = 3\sin t,\ \sqrt{9-x^2} = \sqrt{9-9\sin^2 t} = \\ = \sqrt{9(1-\sin^2 t)} = 3\sqrt{\cos^2 t} = 3\cos\ t; \quad dx = 3\cos\ tdt \end{array}\right] =$$

$$= \int 3\cos\ t \cdot 3\cos\ tdt = 9\int \cos^2 tdt = 9\int \frac{1+\cos 2t}{2}dt = \frac{9}{2}\int dt + \frac{9}{2}\int \cos\ 2tdt =$$

$$= \frac{9}{2}t + \frac{1}{2}\cdot\frac{9}{2}\int \cos\ 2td(2t) = \frac{9}{2}t + \frac{9}{4}\sin 2t + C = \left[\text{Обратная замена: } \quad t = \arcsin\frac{x}{3}\right] =$$

$$= \frac{9}{2}\arcsin\frac{x}{3} + \frac{9}{4}\sin\left(2\arcsin\frac{x}{3}\right) + C.$$

4.

$$\int \frac{e^{2x}dx}{e^x+1} = \left[\begin{array}{l|l} \text{Замена:} & \\ e^x = t & e^{2x} = t^2 \\ x = \ln t & dx = \frac{1}{t}dt \end{array}\right] = \int \frac{t^2 \frac{1}{t}dt}{t+1} = \int \frac{tdt}{t+1} = \int \frac{(t+1)-1}{t+1}dt =$$

$$= \int dt - \int \frac{dt}{t+1} = t - \int \frac{d(t+1)}{t+1} = t - \ln|t+1| + C = e^x - \ln|e^x+1| + C.$$

2.4. Интегрирование по частям

Пусть функции $u=u(x)$ и $v=v(x)$ непрерывно дифференцируемы. Тогда

$$\int u(x)\cdot v'(x)\,dx = u(x)\cdot v(x) - \int v(x)\cdot u'(x)\,dx$$

или в укороченном виде

$$\int u\,dv = uv - \int v\,du.$$

Формула применяется для нахождения, например, интегралов вида

а) $\int x^n \cos x dx,\ \int x^n \sin x dx,\ \int x^n e^x dx$ с выбором функции $u = x^n$;

б) $\int x^n \ln x dx$ с выбором функции $u = \ln x$;

в) $\int x^n \arcsin x dx,\ \int x^n \arccos x dx,\ \int x^n \operatorname{arctg} x dx,$ с выбором функции $u = \arcsin$ и т.п.

После выбора функции $u = u(x)$ и дифференциала $dv = v'(x)dx$ находим дифференциал $du = u'(x)dx$ и функцию $v = \int v'(x)dx = \int dv\ (C=0)$. Подставив $u(x), v(x)$ и $du(x)$ в правую часть формулы, находим $\int v(x)du$.

Применение формулы интегрирования по частям не ограничивается интегралами приведённых типов.

Примеры

$$1.\int x\cos\frac{x}{3}dx=\left[\begin{array}{l}\text{Выбираем}\quad u=x,\ dv=\cos\frac{x}{3}dx\\ \text{и находим}\quad du=x'dx=dx,\\ v=\int\cos\frac{x}{3}dx=3\int\cos\frac{x}{3}d\frac{x}{3}=3\sin\frac{x}{3}\end{array}\right]=$$

$$=x\cdot 3\sin\frac{x}{3}-\int 3\sin\frac{x}{3}dx=3x\sin\frac{x}{3}-3\cdot 3\int\sin\frac{x}{3}d\frac{x}{3}=3x\cdot\sin\frac{x}{3}+9\cos\frac{x}{3}+C.$$

$$2.\int(2x-5)\cdot e^{-7x}dx=\left[\begin{array}{l}\text{Выбираем}\quad u=2x-5,\ dv=e^{-7x}dx\\ \text{и находим}\quad du=(2x-5)'dx=2dx,\\ v=\int e^{-7x}dx=-\frac{1}{7}\int e^{-7x}d(-7x)=-\frac{1}{7}e^{-7x}\end{array}\right]=$$

$$=-\frac{2x-5}{7}\cdot e^{-7x}+\int\frac{1}{7}e^{-7x}\cdot 2dx=-\frac{2x-5}{7}e^{-7x}+\frac{2}{7}\int e^{-7x}dx=$$

$$=-\frac{2x-5}{7}\cdot e^{-7x}+\frac{2}{7}\cdot\left(-\frac{1}{7}\right)e^{-7x}+C==-\frac{2x-5}{7}\cdot e^{-7x}-\frac{2}{49}e^{-7x}+C.$$

$$3.\int\frac{\ln 9x}{x^3}dx=\int\frac{1}{x^3}\cdot\ln 9xdx=\int x^{-3}\cdot\ln 9xdx=$$

$$=\left[\begin{array}{l}u=\ln 9x,\ dv=x^{-3}dx,\ \text{тогда}\\ du=(\ln 9x)'\,dx=\frac{9}{9x}dx=\frac{dx}{x},v=\int x^{-3}dx=-\frac{1}{2x^2}\end{array}\right]=-\frac{\ln 9x}{2x^2}+\frac{1}{2}\int\frac{1}{x^2}\cdot\frac{dx}{x}=$$

$$=-\frac{\ln 9x}{2x^2}+\frac{1}{2}\int x^{-3}dx=-\frac{\ln 9x}{2x^2}-\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2x^2}+C=-\frac{2\ln 9x+1}{4x^2}+C.$$

$$4.\int x\operatorname{arctg} x\,dx=\int \operatorname{arctg} x\cdot x\,dx=\left[\begin{array}{l} u=\operatorname{arctg} x,\ dv=x\,dx,\ \text{тогда} \\ du=(\operatorname{arctg} x)'dx=\dfrac{dx}{1+x^2}, \\ v=\int x\,dx=\dfrac{x^2}{2} \end{array}\right]=$$

$$=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\int\frac{x^2}{2}\cdot\frac{dx}{1+x^2}=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}\int\frac{x^2dx}{1+x^2}=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}\int\frac{x^2+1-1}{1+x^2}dx=$$

$$=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}\int\left(\frac{x^2+1}{1+x^2}-\frac{1}{1+x^2}\right)dx==\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}\int\left(1-\frac{1}{1+x^2}\right)dx=$$

$$=\frac{x^2\operatorname{arctg} x}{2}-\frac{1}{2}x+\frac{1}{2}\operatorname{arctg} x+C=\frac{1}{2}\left(x^2\operatorname{arctg} x+\operatorname{arctg} x-x\right)+C.$$

$$5.\int x^2\cdot 3^x dx=\left[\begin{array}{ll} u=x^2,\ dv=3^x dx, & \text{тогда} \\ du=2x dx,\ v=\dfrac{3^x}{\ln 3} & \end{array}\right]=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\int\frac{3^x}{\ln 3}\cdot 2x\,dx=$$

$$=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{2}{\ln 3}\cdot\int x\cdot 3^x dx=\left[\begin{array}{ll} u=x,\ dv=3^x dx, & \text{и} \\ du=dx,\ v=\dfrac{3^x}{\ln 3} & \end{array}\right]=$$

$$=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{2}{\ln 3}\cdot\left(\frac{x\cdot 3^x}{\ln 3}-\int\frac{3^x}{\ln 3}dx\right)=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{2}{\ln 3}\cdot\left(\frac{x\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{1}{\ln 3}\cdot\frac{3^x}{\ln 3}+C\right)=$$

$$=\frac{x^2\cdot 3^x}{\ln 3}-\frac{2x\cdot 3^x}{\ln^2 3}+\frac{2\cdot 3^x}{\ln^3 3}+C.$$

Рассмотрим два нетиповых примера.

$$6.\ \int \sqrt{1+x^2}\,dx = \left[\begin{array}{l} u=\sqrt{1+x^2};\ dv=dx,\ \text{тогда} \\ du=\dfrac{2x}{2\sqrt{1+x^2}}dx=\dfrac{xdx}{\sqrt{1+x^2}};\ v=\int dx=x \end{array}\right] =$$

$$= x\cdot\sqrt{1+x^2} - \int x\cdot\frac{xdx}{\sqrt{1+x^2}} = x\cdot\sqrt{1+x^2} - \int\frac{x^2dx}{\sqrt{1+x^2}}dx =$$

$$= x\sqrt{1+x^2} - \int\frac{x^2+1-1}{\sqrt{1+x^2}}dx = x\sqrt{1+x^2} - \int\left(\frac{x^2+1}{\sqrt{1+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}\right)dx$$

$$= x\sqrt{1+x^2} - \int\left(\sqrt{x^2+1} - \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}\right)dx = x\sqrt{1+x^2} - \int\sqrt{x^2+1}\,dx + \ln\left|x+\sqrt{1+x^2}\right|$$

тогда из равенства

$$\int\sqrt{1+x^2}\,dx = x\cdot\sqrt{1+x^2} - \int\sqrt{1+x^2}\,dx + \ln\left|x+\sqrt{1+x^2}\right|$$

находится

$$\int\sqrt{1+x^2}\,dx = \frac{1}{2}\left(x\cdot\sqrt{1+x^2} + \ln\left|x+\sqrt{1+x^2}\right|\right) + C.$$

$$7)\ \int e^x\cdot\sin 2x dx = \left[\begin{array}{l} u=e^x,\ dv=\sin 2xdx,\ \text{тогда} \\ du=e^x dx,\ v=-\dfrac{1}{2}\cos 2x \end{array}\right] = -\frac{e^x\cdot\cos 2x}{2} + \frac{1}{2}\int e^x\cdot\cos 2x dx =$$

$$= \left[\begin{array}{l} u=e^x,\ dv=\cos 2xdx,\ \text{тогда} \\ du=e^x dx,\ v=\dfrac{1}{2}\sin 2x \end{array}\right] = -\frac{e^x\cdot\cos 2x}{2} + \frac{1}{2}\left(\frac{e^x\cdot\sin 2x}{2} - \frac{1}{2}\int e^x\cdot\sin 2x dx\right) =$$

$$= -\frac{e^x\cdot\cos 2x}{2} + \frac{e^x\cdot\sin 2x}{4} - \frac{1}{4}\int e^x\cdot\sin 2x dx$$

Из равенства

$$\int e^x \cdot \sin 2x dx = -\frac{e^x \cdot \cos 2x}{2} + \frac{e^x \cdot \sin 2x}{4} - \frac{1}{4}\int e^x \cdot \sin 2x dx$$

находится

$$\frac{5}{4}\int e^x \cdot \sin 2x dx = -\frac{e^x \cdot \cos 2x}{2} + \frac{e^x \cdot \sin 2x}{4}$$

или

$$\int e^x \cdot \sin 2x dx = \frac{1}{5}e^x \cdot \sin 2x - \frac{2}{5}e^x \cdot \cos\ 2x + C.$$

2.5. Интегрирование рациональных дробей

Функция $\frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$ называется рациональной дробью, где

$$P_n(x) = a_o + a_1 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n$$
$$Q_m(x) = b_o + b_1 x + b_2 x^2 + \cdots + b_m x^m -$$

многочлены степени n и m соответственно.

Дробь $\frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$ будет правильной, если $n < m$; в противном случае $(n \geq m)$ дробь будет неправильной.

Дроби: $\frac{x^2+1}{x^3+4x^2+5x}; \frac{3x+1}{x^2+8x}$ являются правильными, а дроби $\frac{x^3+6x^2+1}{x^3+8x+5}; \frac{x^4+8x^3+1}{x^2+5x+1}$ - неправильными.

Если дробь неправильная, то путём деления числителя на знаменатель её можно представить в виде суммы целой части и правильной рациональной дроби.

Пример

Представить дробь $\frac{x^4+8x^3+5}{x^2+5x+2}$ в виде суммы целой части и правильной рациональной дроби.

Решение

Дробь является неправильной, так как степень многочлена в числителе больше степени многочлена в знаменателе.

Произведём деление двух многочленов:

$$\begin{array}{r|l} x^4+8x^3+5 & x^2+5x+2 \\ \underline{-\,x^4+5x^3+2x^2} & \\ 3x^3-2x^2+5 & x^2+3x-17 \\ \underline{-\,3x^3+15x^2+6x} & \\ -17x^2-6x+5 & \\ \underline{-\,-17x^2-85x-34} & \\ 79x+39 & \end{array}$$

Деление производится до тех пор, пока степень многочлена в остатке не будет меньше степени делителя.

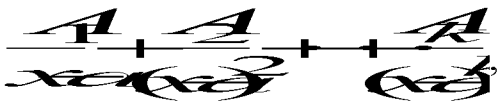
Таким образом, $\frac{x^4+8x^3+5}{x^2+5x+2}=x^2+3x-17+\frac{79x+39}{x^2+5x+2}$. Очевидно, что интегрирование целой части (т. е. многочлена) не представляет никаких трудностей, поэтому интегрирование любой рациональной дроби сводится к интегрированию правильной рациональной дроби.

Интегрирование правильной рациональной дроби можно разделить на несколько этапов:

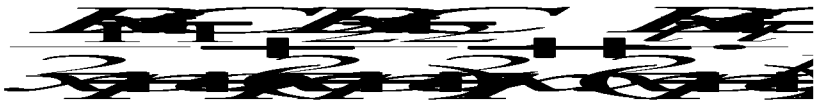
1. Разложить знаменатель правильной рациональной дроби на множители вида $(x-a)^k$ и $\left(x^2+px+q\right)^l$, где $a, p, q-$действительные числа, k и l – натуральные числа, корни квадратного трёхчлена $x^2+px+q-$комплексные числа.

2. По виду множителей в знаменателе разложить правильную рациональную дробь на сумму простейших дробей по правилу:

всякому множителю вида $(x-a)^k$ в разложении соответствует сумма k – дробей вида



всякому множителю вида $(x^2+px+q)^l$ в разложении соответствует сумма l – дробей вида



где  неопределённые коэффициенты.

3. Найти неопределённые коэффициенты

 ;

для этого полученную сумму простейших дробей привести к общему знаменателю и сравнить числители заданной и полученной дробей. Найти неопределённые коэффициенты можно двумя способами:

а) приравнять коэффициенты двух многочленов (числителей) при одинаковых степенях x и решить полученную систему уравнений;

б) сравнить многочлены (числители) при конкретных значениях x; удобнее выбрать такие значения x, при которых знаменатель рассматриваемой дроби равен нулю или любые другие значения (метод частных значений).

4. Проинтегрировать полученные простейшие дроби. При интегрировании получаются интегралы следующего вида:

$$\int \frac{A}{x-a}dx = A\ln|x-a| + C.$$

$$\int \frac{A_k}{(x-a)^k}dx = A_k \cdot \frac{(x-a)^{-k+1}}{-k+1} + C.$$

$\int \frac{Bx+C}{x^2+px+q}dx$ (см. интегрирование выражений, содержащих квадратный трёхчлен).

$\int \frac{B_l x+C_l}{(x^2+px+q)^l}dx$ (интегрирование таких дробей в данном методическом пособии не рассматривается).

Примеры

1. $\int \frac{x^5+x^4-8}{x^3-4x}dx.$

Рассмотрим подынтегральную функцию

$$f(x)=\frac{x^5+x^4-8}{x^3-4x}-$$

неправильная рациональная дробь, преобразуем её

$$\begin{array}{r|l} x^5+x^4-8 & x^3-4x \\ \underline{x^5-4x^3} & x^2+x+4 \\ x^4+4x^3-8 & \\ \underline{x^4-4x^2} & \\ 4x^3+4x^2-8 & \\ \underline{4x^3-16x} & \\ 4x^2+16x-8. & \end{array}$$

Таким образом, имеем

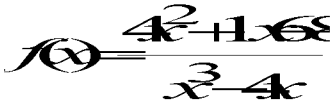


Следовательно

$$\int \frac{x^5 + x^4 - 8}{x^3 - 4x}\,dx = \int \left(x^2 + x + 4 + \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x} \right) dx =$$

$$= \int x^2 dx + \int x dx + \int 4 dx + \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}\,dx =$$

$$= \frac{x^3}{3} + \frac{x^2}{2} + 4x + \int \frac{4x^2 + 16x - 8}{x^3 - 4x}\,dx.$$

Последний интеграл рассмотрим отдельно. Подынтегральная функция  является правильной рациональной дробью.

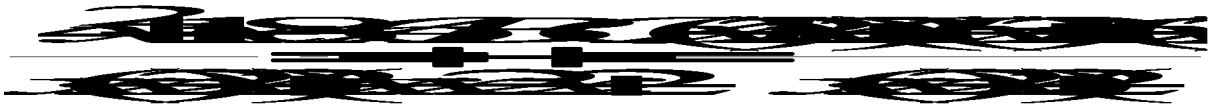
Разложим знаменатель этой дроби на множители



Разложим подынтегральную функцию на сумму простейших дробей



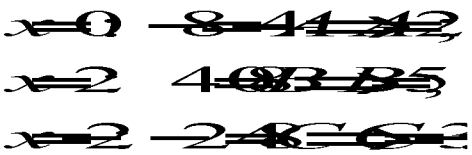
Определим коэффициенты A, B и C. Для этого приведём полученную сумму дробей к общему знаменателю



и приравняем числители



Определим коэффициенты A, B и C методом частных значений, для этого подставим конкретные значения x в обе части вышестоящего выражения; в качестве конкретных значений x рассмотрим те значения, при которых знаменатель рассматриваемой дроби обращается в нуль.



Итак, имеем



Интегрируем данную функцию

$$\int \frac{4x^2+16x-8}{x\cdot(x-2)(x+2)}\,dx = \int\left(\frac{2}{x}+\frac{5}{x-2}-\frac{3}{x+2}\right)dx =$$

$$= 2\int\frac{dx}{x}+5\int\frac{dx}{x-2}-3\int\frac{dx}{x+2} = 2\ln|x|+5\ln|x-2|-3\ln|x+2|+C.$$

Возвращаемся к исходному интегралу

$$\int\frac{x^5+x^4-8}{x^3-4x}\,dx = \frac{x^3}{3}+\frac{x^2}{2}+4x+\int\frac{4x^2+16x-8}{x^3-4x}dx =$$

$$= \frac{x^3}{3}+\frac{x^2}{2}+4x+2\ln|x|+5\ln|x-2|-3\ln|x+2|+C.$$

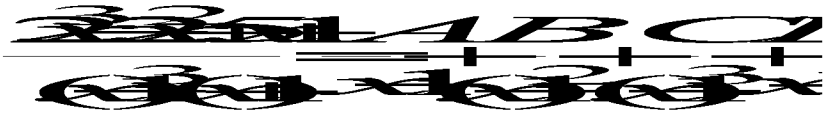
2. $\int\frac{2x^3-2x^2+5x+1}{(x^2-2x+1)(x^2-1)}\,dx.$

Рассмотрим подынтегральную функцию $f(x)=\dfrac{2x^3-2x^2+5x+1}{(x^2-2x+1)(x-1)}$ – правильную рациональную дробь.

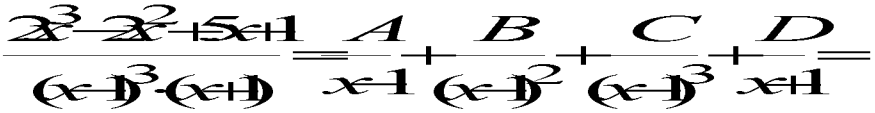
Разложим знаменатель на множители



Разложим подынтегральную функцию на сумму простейших дробей



Определим коэффициенты A, B, C и D, для этого приведем сумму простейших дробей к общему знаменателю

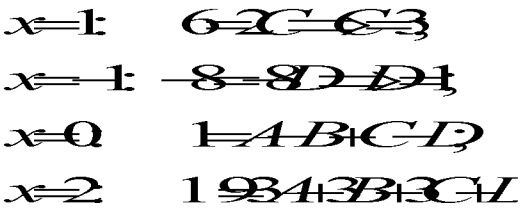




и приравняем числители



Определим коэффициенты A, B, C и D методом частных значений, подставив эти значения в обе части, в качестве конкретных значений x выбираем $x = 1$; $x = -1$ (это те значения x при которых знаменатель рассматриваемой дроби равен 0) и два значения $x = 0$ и $x = 2$ выбираем произвольно.



подставив значения $C = 3$ и $D = 1$ в последние два уравнения получаем

$$\begin{cases} A+B=1 \\ 3A+3B=9 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} A=1 \\ B=2 \end{matrix}$$

Итак, имеем



Интегрируем данную функцию

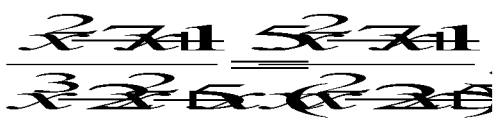
$$\int \frac{2x^3-2x^2-5x+1}{(x-1)^3(x+1)}\,dx = \int\left(\frac{1}{x-1}+\frac{2}{(x-1)^2}+\frac{3}{(x-1)^3}+\frac{1}{x+1}\right)dx =$$

$$= \int \frac{dx}{x-1} + 2\int \frac{dx}{(x-1)^2} + 3\int \frac{dx}{(x-1)^3} + \int \frac{dx}{x+1} = \ln|x-1| - \frac{2}{x-1} - \frac{3}{2(x-1)^2} + \ln|x+1| + C.$$

3. $\int \dfrac{x^2-7x+15}{x^3-2x^2+5x}\,dx.$

Рассмотрим подынтегральную функцию $f(x)=\dfrac{x^2-7x+15}{x^3-2x^2+5x}$ Это правильная рациональная дробь.

Разложим знаменатель дроби на множители

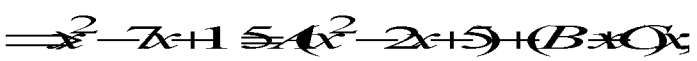


Разложим подынтегральную функцию на простейшие дроби



Определим коэффициенты A, B и C









Сравним коэффициенты при одинаковых степенях x

$$
\begin{aligned}
x^2: &\quad 1 = A + B;\\
x: &\quad -7 = C - 2A;\\
x^0: &\quad 15 = 5A \Rightarrow A = 3\\
&\qquad\qquad B = -2\\
&\qquad\qquad C = -1.
\end{aligned}
$$

Итак, имеем



Проинтегрируем данную функцию

$$\int \frac{x^2 - 7x + 15}{x(x^2 - 2x + 5)}\,\mathrm{dx} = \int\left(\frac{3}{x} - \frac{2x+1}{x^2 - 2x + 5}\right)dx =$$

$$= 3\int \frac{dx}{x} - \int \frac{2x+1}{x^2 - 2x + 5}\,dx = 3\ln|x| - \int \frac{2x+1}{x^2 - 2x + 5}\,dx.$$

Рассмотрим второй интеграл отдельно.

$$\int \frac{2x+1}{x^2-2x+5}\,dx = \int \frac{2x+1}{(x-1)^2+4}\,dx = \left| \begin{array}{l} x-1=t \\ x=t+1 \\ dx=dt \end{array} \right| = \int \frac{2(t+1)+1}{t^2+4}\,dt = \int \frac{2t+3}{t^2+4}\,dt =$$

$$= \int \frac{2t\,dt}{t^2+4} + 3\int \frac{dt}{t^2+4} = \int \frac{d(t^2+4)}{t^2+4} + \frac{3}{2}\operatorname{arctg}\frac{t}{2} + C = \ln\left|t^2+4\right| + \frac{3}{2}\operatorname{arctg}\frac{t}{2} + C =$$

$$= \ln\left|(x-1)^2+4\right| + \frac{3}{2}\operatorname{arctg}\frac{x-1}{2} + C.$$

Тогда окончательно имеем

$$\int \frac{x^2-7x+15}{x(x^2-2x+5)}\,\mathrm{dx} = 3\ln|x| - \ln\left|x^2-2x+5\right| - \frac{3}{2}\operatorname{arctg}\,\frac{x-1}{2} + C.$$

2.6. Интегрирование тригонометрических функций

а) $\int \sin^m ax \cdot \cos^n ax dx$

Пусть хотя бы одно из чисел m или n является нечетным положительным числом. Интеграл находится методом замены переменной; при этом

если m – нечетное число, то нужно сделать замену $\cos ax = t$,

если n – нечетное число, то нужно сделать замену $\sin ax = t$.

При таких подстановках нужно предварительно представить функцию, имеющую нечетную положительную степень в виде произведения первой и четной степени и преобразовать четную степень тригонометрической функции с помощью основного тригонометрического тождества: $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$.

Если оба числа m и n являются нечетными положительными числами, то за новую переменную обозначить ту из функций $\cos ax$ и $\sin ax$, степень которой больше, а оставшийся множитель преобразовать так же, как указано выше.

Примеры

$$1.\int\frac{\sin^3 xdx}{\sqrt{\cos^5 x}}=\int\frac{\sin^2 x\cdot\sin xdx}{\sqrt{\cos^5 x}}=\int\frac{(1-\cos^2 x)\cdot\sin xdx}{(\cos x)^{5/2}}=\left|\begin{array}{l}\cos x=t\\-\sin xdx=dt\\\sin xdx=-dt\end{array}\right|=$$

$$=\int\frac{(1-t^2)\cdot(-dt)}{t^{5/2}}=-\int\frac{dt}{t^{5/2}}+\int\frac{t^2dt}{t^{5/2}}=-\int t^{-5/2}dt+\int t^{-1/2}dt=-\frac{t^{-3/2}}{-3/2}+\frac{t^{1/2}}{1/2}+C=$$

$$=\frac{2}{3\sqrt{t^3}}+2\sqrt{t}+C=\frac{2}{3\sqrt{\cos^3 x}}+2\sqrt{\cos x}+C.$$

$$2.\int\cos^5 3xdx=\int\cos^4 3x\cdot\cos 3xdx=\int(\cos^2 3x)^2\cdot\cos 3xdx=$$

$$=\int(1-\sin^2 3x)^2\cdot\cos 3xdx=\left|\begin{array}{l}\sin 3x=t\\3\cos 3\,xdx=dt\\\cos 3\,xdx=\frac{1}{3}dt\end{array}\right|=$$

$$=\int(1-t^2)^2\cdot\frac{1}{3}dt=\frac{1}{3}\int(1-2t^2+t^4)dt=\frac{1}{3}\left(t-\frac{2t^3}{3}+\frac{t^5}{5}\right)+C=$$

$$=\frac{1}{3}\sin 3x-\frac{2}{9}\sin^3 3x+\frac{1}{15}\sin^5 3x+C.$$

3. $\int \cos^9 2x \cdot \sin^3 2x dx = \int \cos^9 2x \cdot \sin^2 2x \cdot \sin 2x dx =$

$$= \int \cos^9 2x \cdot (1 - \cos^2 2x) \cdot \sin 2x dx =$$

$$= \left| \begin{array}{l} \cos 2x = t \\ -2\sin 2x dx = dt \\ \sin 2x dx = -\frac{1}{2} dt \end{array} \right| = \int t^9 \cdot (1 - t^2) \cdot \left(-\frac{1}{2} dt \right) =$$

$$= -\frac{1}{2} \int (t^9 - t^{11}) dt = -\frac{1}{2} \left(\frac{t^{10}}{10} - \frac{t^{12}}{12} \right) + C =$$

$$= -\frac{1}{20} \cos^{10} 2x + \frac{1}{24} \cos^{12} 2x + C.$$

б) $\int \sin^m ax \cdot \cos^n ax dx$

Если оба числа m и n являются четными положительными числами, то воспользуемся формулами понижения степени:

$$\sin^2 x = \frac{1 - \cos 2x}{2},$$

$$\cos^2 x = \frac{1 + \cos 2x}{2}$$

Примеры

1. $\int \sin^2 \frac{x}{3}\,dx = \int \frac{1-\cos\frac{2x}{3}}{2}\,dx = \frac{1}{2}\int dx - \frac{1}{2}\int \cos\frac{2x}{3}\,dx =$

$= \frac{x}{2} - \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}\sin\frac{2x}{3} + C = \frac{x}{2} - \frac{3}{4}\sin\frac{2x}{3} + C.$

2. $\int \cos^4 3x dx = \int (\cos^2 3x)^2\,dx = \int\left(\frac{1+\cos 6x}{2}\right)^2 dx = \int \frac{1+2\cos\ 6x+\cos^2 6x}{4}\,dx =$

$= \frac{1}{4}\int dx + \frac{1}{2}\int \cos\ 6x dx + \frac{1}{4}\int \cos^2 6x dx = \frac{x}{4} + \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{6}\sin\ 6x + \frac{1}{4}\int \frac{1+\cos\ 12x}{2}\,dx =$

$= \frac{x}{4} + \frac{1}{12}\sin 6x + \frac{1}{8}x + \frac{1}{8}\int \cos\ 12x dx = \frac{x}{4} + \frac{1}{12}\sin\ 6x + \frac{x}{8} + \frac{1}{8}\cdot\frac{1}{12}\sin\ 12x + C =$

$= \frac{3x}{8} + \frac{1}{12}\sin\ 6x + \frac{1}{96}\sin\ 12x + C.$

3. $\int \sin^4 \frac{x}{2}\cos^4 \frac{x}{2} dx = \int\left(\sin\frac{x}{2}\cdot\cos\frac{x}{2}\right)^4 dx = \int\left(\frac{1}{2}\sin x\right)^4 dx = \frac{1}{16}\int \sin^4 x dx =$

$= \frac{1}{16}\int (\sin^2 x)^2\,dx = \frac{1}{16}\int\left(\frac{1-\cos 2x}{2}\right)^2 dx = \frac{1}{16}\int \frac{1-2\cos 2x+\cos^2 2x}{4}\,dx =$

$= \frac{1}{64}\int dx - \frac{2}{64}\int \cos 2x dx + \frac{1}{64}\int \cos^2 2x dx = \frac{x}{64} - \frac{1}{32}\cdot\frac{1}{2}\sin 2x + \frac{1}{64}\int \frac{1+\cos 4x}{2}\,dx =$

$= \frac{x}{64} - \frac{1}{64}\sin 2x + \frac{1}{128}\int dx + \frac{1}{128}\int \cos 4x dx =$

в) $\int \sin ax \cdot \cos bx dx;$ $\int \cos ax \cdot \cos bx dx;$ $\int \sin ax \cdot \sin bx dx,$

где $a \neq b$.

При интегрировании указанных выше произведений синусов и косинусов нужно предварительно преобразовать подынтегральную функцию с помощью формул:

$$\sin ax \cos bx = \frac{1}{2}(\sin(a+b)x + \sin(a-b)x)$$

$$\cos ax \cos bx = \frac{1}{2}(\cos(a+b)x + \cos(a-b)x)$$

$$\sin ax \sin bx = \frac{1}{2}(\cos(a-b)x - \cos(a+b)x).$$

Примеры

1. $\int \sin 5x \cdot \cos 2x dx = \frac{1}{2}\int (\sin 7x + \sin 3x) dx = \frac{1}{2} \cdot (-\frac{1}{7}\cos 7x) + \frac{1}{2} \cdot (-\frac{1}{3}\cos 3x) + C$

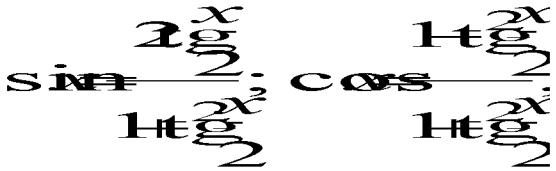
$= -\frac{1}{14}\cos 7x - \frac{1}{6}\cos 3x + C.$

2. $\int \cos 3x \cdot \cos 7x dx = \frac{1}{2}\int (\cos 10x + \cos 4x) dx = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10}\sin 10x + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4}\sin 4x + C =$

$= \frac{1}{20}\sin 10x + \frac{1}{8}\sin 4x + C.$

г) $\int R(\sin x,\ \cos x)dx$

Здесь $R(\sin x, \cos x)$ - рациональная функция от $\sin x$ и $\cos x$. В этом случае нужно использовать универсальную тригонометрическую подстановку



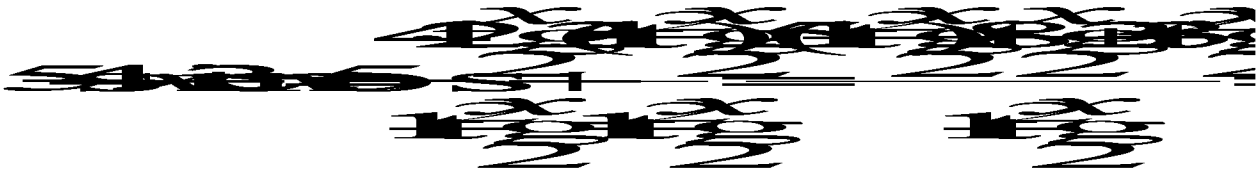
а затем ввести новую переменную



Пример

$$\int \frac{dx}{5-4\sin x+3\cos x}.$$

Преобразуем знаменатель подынтегральной функции





Возвращаемся к вычислению интеграла

$$\int \frac{dx}{5-4\sin x+3\cos x} = \int \frac{1+\operatorname{tg}^2\frac{x}{2}}{2\left(\operatorname{tg}^2\frac{x}{2}-4\operatorname{tg}\frac{x}{2}+4\right)}dx =$$

$$= \left| \begin{array}{l} \operatorname{tg}\dfrac{x}{2} = t \\ \dfrac{x}{2} = \operatorname{arctg} t \\ x = 2\operatorname{arctg} t \\ dx = \dfrac{2dt}{1+t^2} \end{array} \right| = \int \frac{(1+t^2)}{2(t^2-4t+4)} \cdot \frac{2dt}{1+t^2} =$$

$$= \int \frac{dt}{t^2-4t+4} = \int \frac{dt}{(t-2)^2} = \int (t-2)^{-2}\,dt = \frac{(t-2)^{-1}}{-1} + C = -\frac{1}{t-2} + C = -\frac{1}{\operatorname{tg}\frac{x}{2}-2} + C.$$

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

3.1. Непосредственное интегрирование

1. а) $\int \sqrt{x}\cdot(x+1)(2x+3)dx;$ б) $\int \frac{5e^{2x}+\sqrt{x^3}\cdot e^x}{e^x}dx.$

2. а) $\int \frac{(x+3)(\sqrt{x}-1)}{\sqrt{x}}dx;$ б) $\int \frac{4-\sin^2 x}{2-\sin x}dx.$

3. а) $\int \frac{1}{x^3}\left(3x^2-\frac{1}{x^6}\right)dx;$ б) $\int \frac{x^2-6}{x^4-36}dx.$

4. а) $\int \frac{5x^2-4x+12}{x^2}dx;$ б) $\int \frac{1-4\sin^2 x}{\sin^2 x}dx.$

5. а) $\int \frac{\left(\sqrt{x}+2\right)x}{\sqrt[3]{x}}dx;$ б) $\int \frac{x^2-4x+3}{x-3}dx.$

6. а) $\int x\left(\sqrt{x}-9\right)\left(\sqrt{x}+9\right)dx;$ б) $\int \frac{5x\sin x+2}{x}dx.$

7. а) $\int \frac{5}{x^2}\left(\frac{x}{25}-x^2\right)dx;$ б) $\int \frac{(81-x^2)dx}{x-9}.$

8. а) $\int \left(\frac{3}{x}+4\right)\cdot\left(\sqrt{x}+1\right)dx;$ б) $\int \frac{6+x^2}{36-x^4}dx.$

9. а) $\int \left(\frac{1}{x^2}+\frac{1}{\sqrt{x}}\right)\cdot xdx;$ б) $\int \frac{\sqrt{x^2+3}\,dx}{x^2+3}.$

10. а) $\int \frac{7x^2+6x-5}{x^2}dx;$ б) $\int \frac{x^2-6x+5}{x-5}dx.$

11. а) $\int \frac{7\sqrt{x}+x\cdot\sqrt[3]{x}}{x^2}dx;$ б) $\int \frac{(1-\cos^2 x)dx}{x^2\cdot\sin^2 x}.$

12. а) $\int (x+2)(1-x)\sqrt{x}\,dx;$ б) $\int \frac{4e^{5x}-x^4\cdot e^{4x}\,dx}{e^{4x}}dx.$

13. а) $\int x^2\cdot\sqrt{x}\cdot\sqrt[3]{x^4}\,dx;$ б) $\int \frac{\sin^2 5x+\cos^2 5x}{\sqrt{16-x^2}}dx.$

14. а) $\int (x^2\cdot\sqrt{x}-4x^3+3)dx;$ б) $\int (1+x+tg^2 x)dx.$

15. а) $\int x\cdot\left(\frac{7}{x^3}+\frac{2}{x^2}+3\right)dx;$ б) $\int(4+ctg^2x)\,dx\,.$

16. а) $\int\frac{(x^3\sqrt{x}-2x)dx}{x^3};$ б) $\int\frac{\sqrt{64-x^2}}{64-x^2}dx\,.$

17. а) $\int\frac{\sqrt[5]{x}\cdot\sqrt[5]{x^4}-\sqrt[4]{x^5}}{x}dx;$ б) $\int 4\sin\frac{x}{4}\cdot\cos\frac{x}{4}\cdot\cos\frac{x}{2}dx\,.$

18. а) $\int\frac{16x^4-1(x^3\sqrt{x}-2x)}{(2x-1)(2x+1)}dx;$ б) $\int\frac{20dx}{\cos(1+tg^2x)}dx\,.$

19. а) $\int\frac{x^3-2x^2+x}{x-1}dx;$ б) $\int e^x(12e^{-x}+3)\,dx\,.$

20. а) $\int x\left(\sqrt{x}-1\right)\cdot\frac{9}{x}\,dx;$ б) $\int\frac{(x-3)(x+3)}{x^4-81}dx.$

21. а) $\int(7x+2)\left(\frac{7}{x}-1\right)dx;$ б) $\int\frac{x^2\cdot\cos x\,dx}{2\cdot\left(\cos^2\frac{x}{2}-\sin^2\frac{x}{2}\right)}.$

22. а) $\int x^3\left(x^{\frac{4}{3}}+\sqrt[3]{x^2}\right)dx;$ б) $\int\frac{x^2-6x-8}{x-2}dx.$

23. а) $\int\frac{x^3-16x}{x+4}dx;$ б) $\int\frac{x^3e^x+3e^{2x}}{e^x}dx.$

24. а) $\int\frac{x^3-2\sqrt[3]{x}+3}{x}dx;$ б) $\int\frac{1+x\sqrt{9-x^2}}{\sqrt{9-x^2}}dx\,.$

25. *а)* $\int \frac{\left(2\sqrt{x}+1\right)^2}{\sqrt{x}}dx;$ б) $\int \frac{x\cdot(x^2+1)}{\sqrt{\sin^2 x+\cos^2 x}}dx.$

26. *а)* $\int \frac{3}{x^3}\left(\frac{x^2}{3}+x^3+1\right)dx;$ б) $\int \left(e^x+4e^{2x}\right)e^{-x}\,dx.$

27. *а)* $\int \frac{3x^2+1}{x\sqrt{x}}dx;$ б) $\int 3x^2\cdot\left(\frac{1}{x^3\sin x}+\frac{1}{3x^2}\right)dx.$

28. *а)* $\int (3x^2-1)\cdot x\sqrt{x}\,dx;$ б) $\int \frac{x^2+3}{x^4-9}dx.$

29. *а)* $\int \frac{2x\sqrt{x}+3x+12}{x}dx;$ б) $\int \frac{3x^2}{\cos x}\left(\frac{2\cos x}{x^3}-\frac{\cos^2 x}{x^2}\right)dx.$

30. *а)* $\int \frac{(3x+4)(x-1)}{\sqrt{x}}dx;$ б) $\int \frac{2dx}{1+\cos 2x}.$

3.2. Подведение под знак дифференциала

1. *а)* $\int 3\cos 7x dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{\cos^2\left(\frac{x}{3}+1\right)};$ *в)* $\int e^{\sin x-2}\cos x dx.$

2. *а)* $\int 4e^{-5x}dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{2}+7\right)};$ *в)* $\int \frac{\sin x dx}{\cos x+1}.$

3. *а)* $\int 2\sin\frac{x}{10}dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{(5x+8)^2};$ *в)* $\int \frac{e^x dx}{\sqrt{1-e^{2x}}}.$

4. *а)* $\int \frac{7dx}{\cos^2 3x}$; *б)* $\int e^{\frac{x}{2}+3}dx$; *в)* $\int \frac{\sqrt{\ln x+2}}{x}dx$.

5. *а)* $\int \frac{3dx}{\sin^2 \frac{x}{4}}$; *б)* $\int \cos(2-5x)dx$; *в)* $\int \frac{xdx}{x^2+3}$.

6. *а)* $\int \frac{5dx}{9+4x^2}$; *б)* $\int \sin\left(\frac{1}{3}x+4\right)dx$; *в)* $\int \cos\left(x^3+3\right)x^2dx$.

7. *а)* $\int \frac{6dx}{\sqrt{4-9x^2}}$; *б)* $\int (5x+1)^8\,dx$; *в)* $\int \frac{\sqrt{\mathrm{tg}x}\,dx}{\cos^2 x}$.

8. *а)* $\int 2\cos\frac{x}{4}dx$; *б)* $\int \frac{dx}{\sqrt{4x-3}}$; *в)* $\int \frac{dx}{\mathrm{ctg}^3 x\cdot \sin^2 x}$.

9. *а)* $\int 3e^{\frac{x}{7}}dx$; *б)* $\int \frac{dx}{(5x+2)^3}$; *в)* $\int \frac{\mathrm{arctg}^4 xdx}{1+x^2}$.

10. *а)* $\int 5\sin 8x\,dx$; *б)* $\int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{4}+1\right)}$; *в)* $\int \frac{\arcsin^3 xdx}{\sqrt{1-x^2}}$.

11. *а)* $\int \frac{3dx}{\cos^2 \frac{x}{10}}$; *б)* $\int (7x-2)^5\,dx$; *в)* $\int \mathrm{ctg}\ xdx$. .

12. *а)* $\int \frac{4dx}{\sin^2 10x}$; *б)* $\int e^{\frac{x}{5}+2}dx$; *в)* $\int \cos^2 x\sin x\,dx$. .

13. *а)* $\int \frac{7dx}{25+9x^2}$; *б)* $\int \cos\left(\frac{x}{4}-7\right)dx$; *в)* $\int \frac{e^x dx}{e^x+5}$.

14. *а)* $\int \frac{3dx}{\sqrt{36-25x^2}}$; *б)* $\int \sin\left(\frac{x}{7}+4\right)dx$; *в)* $\int \frac{\sqrt[3]{\ln x}}{x}dx$.

15. *а)* $\int 2\cos 8x dx$; *б)* $\int \frac{dx}{\sqrt{\frac{x}{3}+1}}$; *в)* $\int \frac{x^2 dx}{x^3+4}$.

16. *а)* $\int 3e^{-\frac{x}{7}}dx$; *б)* $\int e^{-3x^2}xdx$; *в)* $\int \frac{dx}{\sin^2(4x-5)}$.

17. *а)* $\int 25\sin\frac{x}{9}dx$; *б)* $\int \frac{dx}{\sqrt{tgx}\cdot\cos^2 x}$; *в)* $\int \frac{dx}{\cos^2(4x+7)}$.

18. *а)* $\int \frac{6dx}{\cos^2 5x}$; *б)* $\int \frac{e^{-2ctgx}dx}{\sin^2 x}$; *в)* $\int e^{-\frac{x}{7}+2}dx$.

19. *а)* $\int \frac{4dx}{\sin^2\frac{x}{6}}$; *б)* $\int \frac{dx}{(1+x^2)arctg^2 x}$; *в)* $\int \frac{dx}{5x-3}$.

20. *а)* $\int \frac{3dx}{16+25x^2}$; *б)* $\int \frac{e^{\arcsin x}dx}{\sqrt{1-x^2}}$; *в)* $\int\left(3x+\frac{1}{7}\right)^4 dx$.

21. *а)* $\int \frac{5dx}{\sqrt{16-9x^2}}$; *б)* $\int \sqrt{\cos x}\sin x dx$; *в)* $\int \cos\left(\frac{x}{2}+1\right)dx$.

22. *а)* $\int 5\cos\ 9x dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{\cos^2\left(\frac{x}{5}+3\right)};$ *в)* $\int \frac{\cos x dx}{1+\sin^2 x}.$

23. *а)* $\int 5e^{5x} dx;$ *б)* $\int \frac{e^x dx}{e^x - 4};$ *в)* $\int \frac{dx}{\sin^2\left(\frac{x}{8}-3\right)}.$

24. *а)* $\int 3\sin\frac{2}{5}x dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x+7}};$ *в)* $\int \frac{\cos(\ln x)}{x} dx.$

25. *а)* $\int \frac{4dx}{\cos^2\frac{x}{12}};$ *б)* $\int e^{-3x^2} x dx;$ *в)* $\int e^{-4x+5} dx.$

26. *а)* $\int \frac{dx}{\sin^2\frac{4x}{5}};$ *б)* $\int e^{2x^3} x^2 dx;$ *в)* $\int \cos(3x+8) dx.$

27. *а)* $\int \frac{6dx}{9+16x^2};$ *б)* $\int \frac{\cos(tgx)dx}{\cos^2 x};$ *в)* $\int \sin\left(\frac{x}{10}+10\right) dx.$

28. *а)* $\int \frac{7dx}{\sqrt{64-25x^2}};$ *б)* $\int \frac{dx}{7x-5};$ *в)* $\int \frac{e^{\mathrm{ctgx}} dx}{\sin^2 x}.$

29. *а)* $\int \sin\frac{3x}{7} dx;$ *б)* $\int \frac{dx}{\sqrt[3]{x-7}};$ *в)* $\int \frac{\sqrt[3]{\mathrm{arctg}\, x}}{1+x^2} dx.$

30. *а)* $\int e^{-\frac{2x}{5}} dx;$ *б)* $\int \sqrt{4x-5} dx;$ *в)* $\int \frac{dx}{\arcsin^3 x \cdot \sqrt{1-x^2}}.$

3.3. Замена переменной

1. $а)\int\frac{dx}{e+2\sqrt{x}};$ $б)\int\frac{e^{3x}dx}{e^{x}+3}$ $\left[e^{x}=t\right].$

2. $а)\int\frac{dx}{\sqrt{2x-1}};$ $б)\int x(5x-1)^{19}dx$ $\left[5x-1=t\right].$

3. $а)\int\frac{dx}{x\sqrt{2x-9}};$ $б)\int\frac{dx}{x\sqrt{x^{2}+4}}$ $\left[x=\frac{2}{t}\right].$

4. $а)\int\frac{dx}{\sqrt{x}+\sqrt[3]{x}};$ $б)\int\frac{xdx}{(3-x)^{7}}$ $\left[3-x=t\right].$

5. $а)\int\frac{dx}{\sqrt{x^{3}}+\sqrt{x}};$ $б)\int\frac{dx}{x\sqrt{4-x^{2}}}$ $\left[x=\frac{2}{t}\right].$

6. $а)\int\frac{dx}{x-3\sqrt{x}};$ $б)\int\frac{dx}{e^{x}-2}$ $\left[e^{x}=t\right].$

7. $а)\int\frac{xdx}{\sqrt{x+2}};$ $б)\int x(1-3x)^{8}dx$ $\left[1-3x=t\right].$

8. $а)\int\frac{dx}{x\sqrt{2x+1}};$ $б)\int\frac{dx}{x\sqrt{x^{2}+9}}$ $\left[x=\frac{3}{t}\right].$

9. $а)\int\frac{dx}{\sqrt{x}+2\sqrt[3]{x}};$ $б)\int\frac{xdx}{(4x+5)^{10}}$ $\left[4x+5=t\right].$

10. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+4\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{9-x^2}}$ $\left[x=\frac{3}{t}\right]$.

11. *а)* $\int \frac{dx}{x+3\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{e^x+5}$ $[x=\ln t]$.

12. *а)* $\int \frac{(x+1)dx}{\sqrt{3x+2}}$; *б)* $\int x(3-2x)^{11}dx$ $[3-2x=t]$.

13. *а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+36}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+25}}$ $\left[x=\frac{5}{t}\right]$.

14. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x}-2\sqrt[3]{x}}$; *б)* $\int \frac{xdx}{(3x+4)^6}$ $[3x+4=t]$.

15. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}-4\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-25}}$ $\left[x=\frac{5}{t}\right]$.

16. *а)* $\int \frac{dx}{x+2\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{e^{3x}dx}{e^x-4}$ $[x=\ln t]$.

17. *а)* $\int \frac{(1-x)dx}{\sqrt{x-5}}$; *б)* $\int x(3x+1)^8dx$ $[3x+1=t]$.

18. *а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+16}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{16-x^2}}$ $\left[x=\frac{4}{t}\right]$.

19. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x}-5\sqrt[3]{x}}$; *б)* $\int \frac{xdx}{(5-x)^8}$ $[5-x=t]$.

20. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+9\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-9}}$. $\left[x=\frac{3}{t}\right]$.

21. *а)* $\int \frac{dx}{x-7\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{e^x-4}$ $\left[x=\ln t\right]$.

22. *а)* $\int \frac{(x-3)dx}{\sqrt{5x-1}}$; *б)* $\int x(5x+3)^9 dx$ $\left[5x+3=t\right]$.

23. *а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x-25}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-16}}$ $\left[x=\frac{4}{t}\right]$.

24. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x}+4\sqrt[3]{x}}$; *б)* $\int \frac{xdx}{(3-x)^9}$ $\left[3-x=t\right]$.

25. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}-9\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-49}}$ $\left[x=\frac{7}{t}\right]$.

26. *а)* $\int \frac{dx}{x-7\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{e^{3x}dx}{e^x-3}$ $\left[e^x=t\right]$.

27. *а)* $\int \frac{x\,dx}{\sqrt{7x+5}}$; *б)* $\int x(2x-5)^5 dx$ $\left[2x-5=t\right]$.

28. *а)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{2x+25}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2+64}}$ $\left[x=\frac{8}{t}\right]$.

29. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x}+6\sqrt[3]{x}}$; *б)* $\int \frac{xdx}{(3x+1)^7}$ $\left[3x+1=t\right]$.

30. *а)* $\int \frac{dx}{\sqrt{x^3}+49\sqrt{x}}$; *б)* $\int \frac{dx}{x\sqrt{81-x^2}}$ $\left[x=\frac{9}{t}\right]$.

3.4. Интегрирование по частям

1. *а)* $\int x\cos\frac{x}{3}dx;$ *б)* $\int \ln(x+4)dx;$ *в)* $\int \sqrt{x^2+9}\,dx.$

2. *а)* $\int (2x+1)e^{-3x}dx;$ *б)* $\int \arcsin 5x dx;$ *в)* $\int \cos\ln 2x dx.$

3. *а)* $\int\left(\frac{x}{2}-1\right)\sin 2x dx;$ *б)* $\int (x+4)\ln x dx;$ *в)* $\int e^{3x}\cos x dx.$

4. *а)* $\int (8x+3)\cos 8x dx;$ *б)* $\int \ln 8x dx;$ *в)* $\int \sin(15\ln x)dx.$

5. *а)* $\int (x+4)\ln 5x dx;$ *б)* $\int \left(x^2-1\right)5^{-x}dx;$ *в)* $\int \sqrt{x^2-1}\,dx.$

6. *а)* $\int\left(1-\frac{5}{2}x\right)\sin 5x dx;$ *б)* $\int (2x-5)\ln x dx;$ *в)* $\int e^x \sin\frac{x}{4}dx.$

7. *а)* $\int x\cos\left(\frac{x}{5}-1\right)dx;$ *б)* $\int \operatorname{arctg} 2x dx;$ *в)* $\int e^{4x}\sin x dx.$

8. *а)* $\int\left(\frac{x}{5}+7\right)e^{0,1x}dx;$ *б)* $\int x\operatorname{arctg} x dx;$ *в)* $\int \sin\ln x dx\,.$

9. *а)* $\int (7x+1)\sin\frac{x}{7}dx;$ *б)* $\int x^{-5}\ln x dx;$ *в)* $\int \operatorname{arctg}^2 x dx.$

10. *а)* $\int x\cos\left(5-\frac{x}{10}\right)dx;$ *б)* $\int \arccos 3x dx;$ *в)* $\int e^x \sin 2x dx.$

11. *а)* $\int \left(x^2-2x\right)\ln x dx;$ *б)* $\int x\cdot 10^{5x}dx;$ *в)* $\int e^{3x}\cdot\cos x dx.$

12. *а)* $\int \ln 12x dx\,;$ *б)* $\int x\left(\cos^2 x-\sin^2 x\right)dx;$ *в)* $\int \sqrt{x^2+7}\,dx.$

13. *а)* $\int x^2\sin x dx;$ *б)* $\int \ln(7x+9)dx;$ *в)* $\int \arcsin^2 x dx.$

14. *а)* $\int (2x+7)\cos\frac{1}{7}x dx;$ *б)* $\int \operatorname{arctg}\frac{1}{x}dx;$ *в)* $\int e^{5x}\cdot\sin x dx.$

15. *а)* $\int x \cdot e^{x+100} dx$; *б)* $\int \ln 12x\, dx$; *в)* $\int \cos \ln 5x dx$.

16. *а)* $\int (12x+1) \cdot e^{\frac{x}{2}} dx$; *б)* $\int \left(x^2 - 4x + 4\right) \ln x dx$; *в)* $\int \sin(5\ln x) dx$.

17. *а)* $\int (x+7) \cdot \sin 7x dx$; *б)* $\int x^{100} \cdot \ln x\, dx$; *в)* $\int e^{20x} \cdot \cos x dx$.

18. *а)* $\int x \cdot \cos(7x+9) dx$; *б)* $\int \ln(10-x) dx$; *в)* $\int \sqrt{x^2 - 10}\, dx$.

19. *а)* $\int 2x \sin 4x \cdot \cos 4x\, dx$; *б)* $\int x^2 \cdot \ln x dx$; *в)* $\int e^x \cdot \cos 12x dx$.

20. *а)* $\int x^{\frac{3}{2}} \cdot \ln x dx$; *б)* $\int x^2 \cdot e^{3x} dx$; *в)* $\int \sqrt{x^2 + 12}\, dx$.

21. *а)* $\int x \cdot \sin \pi x dx$; *б)* $\int x^5 \cdot \ln 5x dx$; *в)* $\int \arccos^2 x\, dx$.

22. *а)* $\int x \cdot \left(\cos^2 \frac{x}{2} - \sin^2 \frac{x}{2}\right) dx$; *б)* $\int x^{-\frac{1}{2}} \operatorname{arctg} \sqrt{x} dx$; *в)* $\int \sin 3x dx$.

23. *а)* $\int (7x-4) \cdot e^{4-x} dx$; *б)* $\int \frac{\ln x}{(1+x)^2} dx$; *в)* $\int \cos(3\ln x) dx$.

24. *а)* $\int (x+10) \ln 10x dx$; *б)* $\int (1+x)^2 \cdot e^x dx$; *в)* $\int \sin \ln 7x\, dx$.

25. *а)* $\int \lg(10x+0{,}5) dx$; *б)* $\int x \cdot \cos \frac{2x}{\pi} dx$; *в)* $\int 2 \sin \ln x \cdot \cos \ln x\, dx$.

26. *а)* $\int (x+9) \cdot \sin \frac{x}{9} dx$; *б)* $\int \left(1+x^2\right)^2 \cdot \ln x\, dx$; *в)* $\int 2e^x \cdot \sin x \cos x dx$.

27. *а)* $\int \left(9 - \frac{7}{2}x\right) \cdot \sin 2x dx$; *б)* $\int \arccos 2x\, dx$; *в)* $\int \frac{e^x \cdot \sin x}{\operatorname{tg} x} dx$.

28. *а)* $\int x \cdot \sin\left(9 - \frac{7x}{2} dx\right)$; *б)* $\int \frac{\ln(x+1)}{(x+1)^2} dx$; *в)* $\int \cos \ln x\, dx$.

29. *а)* $\int (x+7)\cdot\cos(x+7)\,dx;$ *б)* $\int x\cdot\ln x^7\,dx;$ *в)* $\int e^x\cdot(1+\cos 3x)\,dx.$

30. *а)* $\int\left(x^2-2x-3\right)\ln x dx;$ *б)* $\int\frac{x\cdot\sin^3 x}{1-\cos^2 x}dx;$ *в)* $\int\frac{\sin 2x}{e^{2x}}dx.$

3.5. Интегрирование рациональных дробей

1. *а)* $\int\frac{2x+3}{x^2-2x+5}dx;$ *б)* $\int\frac{8x-2}{x^3+x^2-2x}dx;$

в) $\int\frac{2x^2-2x+1}{x^3-2x^2+x}dx;$ *г)* $\int\frac{x^5+7x^3+x^2+12x+1}{x^4+5x^2+4}dx.$

2. *а)* $\int\frac{3x+2}{x^2+2x+5}dx;$ *б)* $\int\frac{4x^2-11x+3}{x^3-4x^2+3x}dx;$

в) $\int\frac{2x^2+4x+1}{x^3+2x^2+x}dx;$ *г)* $\int\frac{x^5+6x^3+x^2+5x+3}{x^4+4x^2+3}dx.$

3. *а)* $\int\frac{1-2x}{x^2-2x+2}dx;$ *б)* $\int\frac{5x-3}{x^3-2x^2-3x}dx;$

в) $\int\frac{2x^2-5x+4}{x^3-4x^2+4x}dx;$ *г)* $\int\frac{x^5+5x^3+x^2+4x+2}{x^4+3x^2+2}dx.$

4. *а)* $\int\frac{2-3x}{x^2+2x+2}dx;$ *б)* $\int\frac{2x^2+3x+3}{x^3+2x^2-3x}dx;$

в) $\int\frac{2x^2+7x+4}{x^3+4x^2+4x}dx;$ *г)* $\int\frac{x^5+7x^3+x^2+10x+3}{x^4+5x^2+6}dx.$

5. *а)* $\int\frac{3-2x}{x^2+4x+5}dx;$ *б)* $\int\frac{4x^2-7x+2}{x^3-3x^2+2x}dx;$

в) $\int \frac{2x^2-8x+9}{x^3-6x^2+9x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+8x^3+x^2+16x+2}{x^4+6x^2+8}dx.$

6. *а)* $\int \frac{3x-4}{x^2+4x+5}dx;$ *б)* $\int \frac{8x-6}{x^3+x^2-6x}dx;$

в) $\int \frac{2x^2+10x+9}{x^3+6x^2+9x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+9x^3+x^2+20x+3}{x^4+7x^2+12}dx.$

7. *а)* $\int \frac{5+2x}{x^2-6x+10}dx;$ *б)* $\int \frac{4x^2-6}{x^3-x^2-6x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2-2x+1}{x^3-2x^2+x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+6x^3+x^2+8x+1}{x^4+5x^2+4}dx.$

8. *а)* $\int \frac{2-5x}{x^2+6x+10}dx;$ *б)* $\int \frac{4x^2-7x-3}{x^3-2x^2-3x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2+5x+1}{x^3+2x^2+x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+6x^3-x^2+5x-3}{x^4+4x^2+3}dx.$

9. *а)* $\int \frac{1-4x}{x^2-2x+10}dx;$ *б)* $\int \frac{4x^2-4x-2}{x^3-x^2-2x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2-7x+4}{x^3-4x^2+4x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+5x^3-x^2+4x-2}{x^4+3x^2+2}dx.$

10. *а)* $\int \frac{5x+3}{x^2+2x+10}dx;$ *б)* $\int \frac{2x^2-6x-2}{x^3+x^2-2x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2+9x+4}{x^3+4x^2+4x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+7x^3-x^2+10x-3}{x^4+5x^2+6}dx.$

11. *а)* $\int \frac{5x+2}{x^2-6x+13}dx;$ *б)* $\int \frac{2x^2-3x-3}{x^3-4x^2+3x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2-11x+9}{x^3-6x^2+9x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+8x^3-x^2+16x-2}{x^4+6x^2+8}dx.$

12. *а)* $\int \frac{4-2x}{x^2+6x+13}dx;$ *б)* $\int \frac{2-3x}{x^3-3x^2+2x}dx;$

в) $\int \frac{2x^2+8x+9}{x^3+6x^2+9x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+9x^3+x^2+18x+4}{x^4+7x^2+12}dx.$

13. *а)* $\int \frac{3x-1}{x^2-4x+8}dx;$ *б)* $\int \frac{-8x-6}{x^3-x^2-6x}dx;$

в) $\int \frac{3x^2-3x+2}{x^3-2x^2+x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+6x^3-x^2+8x-1}{x^4+5x^2+4}dx.$

14. *а)* $\int \frac{3x-5}{x^2+4x+8}dx;$ *б)* $\int \frac{2x^2-6x-6}{x^3+x^2-6x}dx;$

в) $\int \frac{2x^2+5x+1}{x^3+2x^2+x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+5x^3+2x^2+4x+6}{x^4+4x^2+3}dx.$

15. *а)* $\int \frac{2x+3}{x^2-4x+13}dx;$ *б)* $\int \frac{-5x-3}{x^3+2x^2-3x}dx;$

в) $\int \frac{2x^2-4x+4}{x^3-4x^2+4x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+4x^3+2x^2+3x+4}{x^4+3x^2+2}dx.$

16. *а)* $\int \frac{3x-7}{x^2+4x+13}dx;$ *б)* $\int \frac{2x^2-3x+2}{x^3-3x^2+2x}dx;$

17. *а)* $\int \frac{2x+1}{x^2-6x+18}dx$; *б)* $\int \frac{2x^2+6x-6}{x^3-x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-7x+9}{x^3-6x^2+9x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+4x^3+x^2+2}{x^4+6x^2+8}dx$.

18. *а)* $\int \frac{2x-1}{x^2+6x+18}dx$; *б)* $\int \frac{2x^2-3x+3}{x^3-2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2+7x+9}{x^3+6x^2+9x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+9x^3-x^2+20x-3}{x^4+7x^2+12}dx$.

19. *а)* $\int \frac{3x-4}{x^2-2x+17}dx$; *б)* $\int \frac{4x^2+2}{x^3+x^2-2x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-x+1}{x^3-2x^2+x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+6x^3+x^2+5x+4}{x^4+5x^2+4}dx$.

20. *а)* $\int \frac{4x+3}{x^2+2x+17}dx$; *б)* $\int \frac{2x^2-9x+3}{x^3-4x^2+3x}dx$;

в) $\int \frac{3x^2+6x+1}{x^3+2x^2+x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+5x^3-2x^2+4x-6}{x^4+4x^2+3}dx$.

21. *а)* $\int \frac{3x-4}{x^2-4x+20}dx$; *б)* $\int \frac{2x-2}{x^3-2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{3x^2-9x+8}{x^3-4x^2+4x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+4x^3-2x^2+3x-4}{x^4+3x^2+2}dx$.

22. *а)* $\int \frac{3x+2}{x^2+4x+20}dx$; *б)* $\int \frac{4x^2+7x-3}{x^3+2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2+3x+4}{x^3+4x^2+4x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+7x^3-x^2+12x-2}{x^4+5x^2+6}dx$.

23. *а)* $\int \frac{2x+3}{x^2-4x+29}dx$; *б)* $\int \frac{2x^2-2x+6}{x^3+x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-11x+9}{x^3-6x^2+9x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+8x^3+x^2+12x+4}{x^4+6x^2+8}dx$.

24. *а)* $\int \frac{2x-3}{x^2+4x+29}dx$; *б)* $\int \frac{3x^2+2x+6}{x^3-x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{5x+9}{x^3+6x^2+9x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+5x^3+x^2+4x+3}{x^4+7x^2+12}dx$.

25. *а)* $\int \frac{4x-7}{x^2-2x+26}dx$; *б)* $\int \frac{2x^2+9x-3}{x^3+2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-5x+1}{x^3-2x^2+x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+6x^3-x^2+5x-4}{x^4+5x^2+4}dx$.

26. *а)* $\int \frac{4x+5}{x^2+2x+26}dx$; *б)* $\int \frac{2x^2-x-2}{x^3-3x^2+2x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2+2x+1}{x^3+2x^2+x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+6x^3+7x}{x^4+4x^2+3}dx$.

27. *а)* $\int \frac{5x-1}{x^2-6x+25}dx$; *б)* $\int \frac{2x^2-9x-3}{x^3-2x^2-3x}dx$;

в) $\int \frac{2x^2-9x+4}{x^3-4x^2+4x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+2x^3+2x^2+x+4}{x^4+3x^2+2}dx$.

28. *а)* $\int \frac{5x-3}{x^2+6x+25}dx$; *б)* $\int \frac{6x^2+2x-2}{x^3+x^2-2x}dx$;

в) $\int \frac{x^2+3x+8}{x^3+4x^2+4x}dx$; *г)* $\int \frac{x^5+3x^3+x^2+2}{x^4+5x^2+6}dx$.

29. *а)* $\int \frac{4x-3}{x^2-8x+17}dx$; *б)* $\int \frac{4x^2-6}{x^3+x^2-6x}dx$;

в) $\int \frac{x^2-11x+18}{x^3-6x^2+9x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+8x^3-x^2+12x-4}{x^4+6x^2+8}dx.$

30. *а)* $\int \frac{2x+7}{x^2+8x+17}dx;$ *б)* $\int \frac{x+3}{x^3-4x^2+3x}dx;$

в) $\int \frac{x^2+7x+18}{x^3+6x^2+9x}dx;$ *г)* $\int \frac{x^5+9x^3-x^2+18x-4}{x^4+7x^2+12}dx.$

3.6. Интегрирование тригонометрических функций

1. *а)* $\int \cos^2\frac{x}{3}dx;$ *б)* $\int \cos^3 x\cdot\sin^2 xdx;$ *в)* $\int \sin 4x\cdot\cos 5xdx.$

2. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{3}dx;$ *б)* $\int \sin^3 x\cdot\cos^2 xdx;$ *в)* $\int \sin 3x\cdot\sin 7xdx.$

3. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{2}\cdot\cos^2\frac{x}{2}dx;$ *б)* $\int \cos^3 x\sqrt{\sin x}\,dx;$ *в)* $\int \cos 3x\cdot\cos 8x\,dx.$

4. *а)* $\int \cos^2\frac{x}{5}dx;$ *б)* $\int \sin^3 x\cdot\sqrt{\cos x}\,dx;$ *в)* $\int \sin 7x\cdot\cos 5xdx.$

5. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{5}dx;$ *б)* $\int \frac{\cos^3 x\,dx}{\sqrt[3]{\sin^2 x}};$ *в)* $\int \sin 6x\cdot\sin 2xdx.$

6. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{4}\cdot\cos^2\frac{x}{4}dx;$ *б)* $\int \frac{\sin^3 xdx}{\sqrt{\cos x}}dx;$ *в)* $\int \cos 5x\cdot\cos 7x\,dx$

7. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{6}dx;$ *б)* $\int \frac{\sin^3 x\,dx}{\sqrt[3]{\cos^2 x}};$ *в)* $\int \cos 4x\cdot\cos 7x\,dx.$

9. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{6}\cdot\cos^2\frac{x}{6}dx;$ *б)* $\int \cos^3 x\cdot\sin^4 x\,dx;$ *в)* $\int \cos 7x\cdot\sin 4x\,dx.$

10. *а)* $\int \cos^2\frac{2x}{5}dx;$ *б)* $\int \sin^3 x\cdot\cos^4 xdx;$ *в)* $\int \sin 11x\cdot\sin 5xdx.$

11. *а)* $\int \sin^2\frac{2x}{5}dx;$ *б)* $\int \cos^3 x\cdot\sqrt[4]{\sin^3}\,dx;$ *в)* $\int \cos 9x\cdot\cos 6x\,dx.$

12. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{5}\cdot\cos^2\frac{x}{5}dx$; *б)* $\int \sin^3 x\sqrt[3]{\cos^2 x}\,dx$; *в)* $\int \cos 6x\cdot\sin 4x\,dx$.

13. *а)* $\int \cos^2\frac{x}{7}dx$; *б)* $\int \cos^3 x\cdot\sqrt[3]{\sin x}\,dx$; *в)* $\int \sin 12x\cdot\cos 8x dx$.

14. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{7}$; *б)* $\int \sin^3 x\cdot\sqrt[4]{\cos x}\,dx$; *в)* $\int \cos 8x\cdot\cos 5x\,dx$.

15. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{7}\cdot\cos^2\frac{x}{7}dx$; *б)* $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sin x\sqrt{\sin x}}dx$; *в)* $\int \sin 7x\cdot\cos 3x\,dx$.

16. *а)* $\int \cos^2\frac{x}{8}dx$; *б)* $\int \frac{\sin^3 x\,dx}{\cos x\sqrt{\cos x}}$; *в)* $\int \sin 5x\cdot\sin 8x\,dx$.

17. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{8}dx$; *б)* $\int \frac{\cos^3 x\,dx}{\sqrt[5]{\sin^4 x}}dx$; *в)* $\int \cos 7x\cdot\cos 10x dx$.

18. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{8}\cdot\cos^2\frac{x}{8}dx$; *б)* $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[5]{\cos^3 x}}dx$; *в)* $\int \cos 5x\cdot\sin 6x\,dx$.

19. *а)* $\int \cos^2\frac{x}{9}dx$; *б)* $\int \cos^3 x\cdot\sqrt[7]{\sin^4 x}\,dx$; *в)* $\int \sin 7x\cdot\sin 11x dx$.

20. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{9}dx$; *б)* $\int \sin^3 x\cdot\sqrt[7]{\cos^4 x}\,dx$; *в)* $\int \cos 9x\cdot\cos 11x\,dx$.

21. *а)* $\int \sin^2\frac{x}{9}\cdot\cos^2\frac{x}{9}dx$; *б)* $\int \cos^3 x\cdot\sqrt[5]{\sin^4 x}\,dx$; *в)* $\int \cos 11x\cdot\sin 5x\,dx$.

22. *а)* $\int \cos^2\frac{2x}{3}dx$; *б)* $\int \sin^3 x\cdot\sqrt[5]{\cos^4 x}\,dx$; *в)* $\int \sin 12x\cdot\sin 7x dx$.

23. *а)* $\int \sin^2\frac{2x}{3}dx$; *б)* $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sin x\sqrt{\sin x}}$; *в)* $\int \cos 13x\cdot\cos 5x\,dx$.

24. *а)* $\int \sin^2\frac{2x}{3}\cdot\cos^2\frac{2x}{3}dx$; *б)* $\int \frac{\sin^3 x dx}{\cos x\cdot\sqrt[3]{\cos x}}$; *в)* $\int \cos 9x\cdot\sin 4x\,dx$.

25. *а)* $\int \cos^2\frac{3x}{4}dx$; *б)* $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[4]{\sin^3 x}}$; *в)* $\int \sin 13x\cdot\sin 8x\,dx$.

26. *а)* $\int \sin^2\frac{3x}{4}dx$; *б)* $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[4]{\cos^3 x}}$; *в)* $\int \sin 12x\cdot\sin 8x\,dx$.

27. *а*) $\int \sin^2 \frac{3x}{4} \cdot \cos^2 \frac{3x}{4} dx$; *б*) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[7]{\sin^5 x}}$; *в*) $\int \sin 5x \cdot \cos 8x \, dx$.

28. *а*) $\int \cos^2 \frac{3x}{5} dx$; *б*) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[7]{\sin^5 x}}$; *в*) $\int \sin 14x \cdot \sin 9x \, dx$.

29. *а*) $\int \sin^2 \frac{3x}{5} dx$; *б*) $\int \frac{\cos^3 x dx}{\sqrt[6]{\sin^5 x}}$; *в*) $\int \cos 15x \cdot \cos 11x \, dx$.

30. *а*) $\int \sin^2 \frac{3x}{5} \cdot \cos^2 \frac{3x}{5} dx$; *б*) $\int \frac{\sin^3 x dx}{\sqrt[6]{\cos^5 x}}$; *в*) $\int \sin 9x \cdot \cos 3x \, dx$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнниях и задачах. Часть 1. – М.: ООО “Изд-во Оникс”, 2008. – 368 с.

Письменный Д. Т. Конспект лекций по математике. Часть 1. – М.: Изд.-во Айрис-пресс, 2012. – 281 с.



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

**Г. В. Петровских, В. Б. Пяткова,
О. Е. Турова**

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ

Учебное пособие
**по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения**

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……..4
1. ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ИНТЕГРАЛ ……5
1. 1. Понятия определенного интеграла……..5
1. 2. Свойства определенного интеграла ……..5
1. 3. Вычисление определенного интеграла ……..6
2. НЕСОБСТВЕННЫЕ ИНТЕГРАЛЫ……8
2. 1. Интегрирование по бесконечному промежутку ……...8
2. 2. Интеграл от разрывной функции……...10
3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ
ОПРЕДЕЛЕННОГО ИНТЕГРАЛА ……12
3. 1. Площадь плоской фигуры ……...12
3.2. Объем тела вращения ……... 23
3.3. Длина дуги плоской кривой……..27
4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ …… 30
4. 1. Вычисление определенных интегралов……30
4. 2. Несобственные интегралы ……..36
4. 3. Площадь ……..…40
4. 4. Объем тела вращения ……..46
4. 5. Длина дуги плоской кривой ……47
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……53

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии представлены основные теоретические сведения по теме “Определенный интеграл”, рассмотрены основные методы интегрирования, некоторые приложения к геометрическими задачам, разобраны примеры решения задач.

Работа содержит 30 вариантов наборов задач для самостоятельной работы студентов, которые могут быть использованы для контрольных работ.

Рекомендуется для всех специальностей УГГУ.

1. ОПРЕДЕЛЁННЫЙ ИНТЕГРАЛ

1.1. Понятие определённого интеграла

Определённым интегралом функции $f(x)$ по отрезку $[a;b]$ является число, обозначаемое символом $\int_a^b f(x)dx$ и определяемое как предел интегральной суммы функции на заданном отрезке, а именно

$$\int_a^b f(x)dx = \lim_{\max \Delta x_i \to 0} \sum_{i=1}^{n} f\left(\bar{x}_i\right)\Delta x_i,$$

где $a = x_0 < x_1 < x_2 < \ldots < x_n = b$; $\bar{x}_i \in (x_{i-1}, x_i)$, $i = 1,\ldots,n$; $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$.

1. 2. Свойства определённого интеграла

1. $\int_a^b A \cdot f(x)dx = A \cdot \int_a^b f(x)dx, \quad A = \text{const};$
2. $\int_a^b [f(x) \pm g(x)]dx = \int_a^b f(x)dx \pm \int_a^b g(x)dx;$
3. $\int_a^b f(x)dx = \int_a^c f(x)dx + \int_c^b f(x)dx, \quad c \in (a;b).$

1. 3. Вычисление определённого интеграла

1. Для вычисления определённого интеграла используется формула Ньютона-Лейбница:

$$\int_a^b f(x)dx = F(x)\Big|_a^b = F(b) - F(a),$$

где $F(x)-$ первообразная функции $f(x)$.

2. Если для нахождения первообразной используется введение новой переменной $x = \varphi(t)$ (замена переменной), то

$$\int_a^b f(x)dx = \int_{t(a)}^{t(b)} f\left[\varphi(t)\right]\cdot \varphi'(t)dt,$$

где $t(a)$ и $t(b)$ новые пределы интегрирования, соответствующие переменной t.

При подстановке $u = u(x)$ формула замены переменной имеет вид

$$\int_a^b f\left[u(x)\right]u'(x)dx = \int_{u(a)}^{u(b)} f(u)du.$$

3. Формула интегрирования по частям для определённого интеграла принимает вид

$$\int_a^b u d\upsilon = u\upsilon\Big|_a^b - \int_a^b \upsilon du.$$

Примеры

1. $$\int_0^4 \sqrt{x}dx = \int_0^4 x^{\frac{1}{2}}dx = \left.\frac{x^{\frac{1}{2}+1}}{\frac{1}{2}+1}\right|_0^4 = \left.\frac{2x^{\frac{3}{2}}}{3}\right|_0^4 = \frac{2\cdot 4^{\frac{3}{2}}}{3} - \frac{2\cdot 0^{\frac{3}{2}}}{3} = \frac{2\cdot 8}{3} = \frac{16}{3}.$$

2. $$\int_0^{\frac{\pi}{2}} 7\cos 3x dx = 7\cdot\frac{1}{3}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos 3x d3x = \left.\frac{7\cdot\sin 3x}{3}\right|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{7}{3}\left(\sin\frac{3\pi}{2} - \sin 0\right) = -\frac{7}{3}.$$

3. $$\int_1^e \frac{\ln x}{x}dx = \int_1^e \ln x\frac{dx}{x} = \int_1^e \ln x d\ln x = \left.\frac{\ln^2 dx}{2}\right|_1^e = \frac{\ln^2 e}{2} - \frac{\ln^2 1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{0}{2} = \frac{1}{2}.$$

4. $$\int_1^4 \frac{\sqrt{x}dx}{1+\sqrt{x^3}} = \left[\begin{array}{l} \sqrt{x} = t, \\ x = t^2, \\ dx = \left(t^2\right)'dt = 2tdt, \\ t(1) = \sqrt{1} = 1;\ t(4) = \sqrt{4} = 2 \end{array}\right] = \int_1^2 \frac{t\cdot 2tdt}{1+t^3} = 2\int_1^2 \frac{t^2dt}{1+t^3} =$$

$$= \frac{2}{3}\int_1^2 \frac{3t^2dt}{1+t^3} = \frac{2}{3}\int_1^2 \frac{d(1+t^3)}{1+t^3} = \frac{2}{3}\ln\left|1+t^3\right|\Big|_1^2 = \frac{2}{3}\left(\ln|1+8| - \ln|1+1|\right) = \frac{2}{3}\ln\frac{9}{2}.$$

2. НЕСОБСТВЕННЫЕ ИНТЕГРАЛЫ

2. 1. Интегрирование по бесконечному промежутку

Пусть функция $y = f(x)$ определена и непрерывна на промежутке $[a; +\infty)$. Предел $\lim\limits_{b\to\infty}\int\limits_a^b f(x)dx$ называют несобственным интегралом первого рода и обозначают $\int\limits_a^{+\infty} f(x)dx$, т. е.

$$\int\limits_a^{+\infty} f(x)dx = \lim_{b\to\infty}\int\limits_a^b f(x)dx.$$

Если существует конечный предел $\lim\limits_{b\to\infty}\int\limits_a^b f(x)dx$, то говорят, что интеграл $\int\limits_a^{+\infty} f(x)dx$ сходится; если указанный предел не существует или равен бесконечности, интеграл $\int\limits_a^{+\infty} f(x)dx$ является расходящимся.

Аналогично определяются и другие интегралы по бесконечному промежутку

$$\int\limits_{-\infty}^b f(x)dx = \lim_{a\to-\infty}\int\limits_a^b f(x)dx$$

и

$$\int\limits_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = \int\limits_{-\infty}^c f(x)dx + \int\limits_c^{+\infty} f(x)dx.$$

В последнем случае интеграл является сходящимся, если сходятся оба интеграла, его составляющие.

Примеры

Найти несобственные интегралы или установить их расходимость.

$$1.\int_2^{\infty}\frac{dx}{x^2-4x+13}=\lim_{b\to\infty}\int_2^{b}\frac{dx}{x^2-4x+13}=\lim_{b\to\infty}\int_2^{b}\frac{dx}{(x-2)^2+9}=\lim_{b\to\infty}\int_2^{b}\frac{d(x-2)}{(x-2)^2+9}=$$

$$=\lim_{b\to\infty}\frac{1}{3}\operatorname{arctg}\frac{x-2}{3}\Bigg|_2^{b}=\frac{1}{3}\lim_{b\to\infty}\left(\operatorname{arctg}\frac{b-2}{3}-\operatorname{arctg}0\right)=\frac{1}{3}\cdot\frac{\pi}{2}=\frac{\pi}{6},$$

интеграл сходится.

$$2.\int_e^{\infty}\frac{\sqrt{\ln x}}{x}=\lim_{b\to\infty}\int_e^{b}\frac{\sqrt{\ln x}\,dx}{x}=\lim_{b\to\infty}\int_e^{b}(\ln x)^{\frac{1}{2}}d(\ln x)=\lim_{b\to\infty}\frac{(\ln x)^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\Bigg|_e^{b}=$$

$$=\frac{2}{3}\lim_{b\to\infty}\sqrt{(\ln x)^3}\Big|_e^{b}=\frac{2}{3}\lim_{b\to\infty}\left(\sqrt{(\ln b)^3}-\sqrt{(\ln e)^3}\right)=\infty,$$

интеграл расходится.

3. $$\int_{-\infty}^{1}\frac{dx}{(x-2)^3}=\lim_{a\to-\infty}\int_{a}^{1}\frac{dx}{(x-2)^3}=\lim_{a\to-\infty}\int_{a}^{1}\frac{d(x-2)}{(x-2)^3}=$$

$$=\lim_{a\to-\infty}\int_{a}^{1}(x-2)^{-3}d(x-2)=\lim_{a\to-\infty}\frac{(x-2)^{-2}}{-2}\Bigg|_{a}^{1}=-\frac{1}{2}\lim_{a\to-\infty}\frac{1}{(x-2)^2}\Bigg|_{a}^{1}=$$

$$=-\frac{1}{2}\lim_{a\to-\infty}\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{(a-2)^2}\right)=-\frac{1}{2},$$

интеграл сходится.

2. 2. Интеграл от разрывной функции

Пусть функция $y=f(x)$ определена и непрерывна на промежутке $[a;b)$, точка $x=b$ является точкой разрыва второго рода. Предел $\lim\limits_{\xi\to0}\int\limits_{a}^{b-\xi}f(x)dx$ называют несобственным интегралом второго рода и обозначают $\int\limits_{a}^{b}f(x)dx$, т. е.

$$\int_{a}^{b}f(x)dx=\lim_{\xi\to0}\int_{a}^{b-\xi}f(x)dx.$$

Если существует конечный предел $\lim\limits_{\xi\to0}\int\limits_{a}^{b-\xi}f(x)dx$, интеграл является сходящимся.

Если же указанный предел не существует или равен бесконечности, то говорят, что интеграл $\int_a^b f(x)\,dx$ расходится.

Если функция $y=f(x)$ непрерывна на промежутке $(a;b]$, а точка $x=a$ является точкой разрыва второго рода, то

$$\int_a^b f(x)\,dx=\lim_{\xi\to 0}\int_{a+\xi}^b f(x)\,dx.$$

Если точка $x=c$ является точкой разрыва второго рода функции $y=f(x)$, где $c\in(a,b)$, то

$$\int_a^b f(x)\,dx=\int_a^c f(x)\,dx+\int_c^b f(x)\,dx.$$

В последнем случае $\int_a^b f(x)\,dx$ будет сходящимся, если сходятся оба интеграла в правой части.

Примеры

Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость.

$$1.\ \int_4^5 \frac{dx}{\sqrt[3]{x-5}}=\lim_{\xi\to 0}\int_4^{5-\xi}\frac{dx}{\sqrt[3]{x-5}}=\lim_{\xi\to 0}\int_4^{5-\xi}(x-5)^{-\frac{1}{3}}d(x-5)=$$

$$=\lim_{\xi\to 0}\frac{(x-5)^{\frac{2}{3}}}{\frac{2}{3}}\Bigg|_4^{5-\xi}=\frac{3}{2}\lim_{\xi\to 0}\sqrt[3]{(x-5)^2}\Bigg|_4^{5-\xi}=$$

$$=\frac{3}{2}\lim_{\xi\to 0}\left(\sqrt[3]{(5-\xi-5)^2}-\sqrt[3]{(4-5)^2}\right)=\frac{3}{2}\lim_{\xi\to 0}\left(\sqrt[3]{\xi^2}-\sqrt[3]{1}\right)=-\frac{3}{2},$$

интеграл сходится.

$$2.\ \int_{-2}^{0}\frac{x^2dx}{x^3+8}=\lim_{\xi\to 0}\int_{-2+\xi}^{0}\frac{x^2dx}{x^3+8}=\lim_{\xi\to 0}\int_{-2+\xi}^{0}\frac{\frac{1}{3}d(x^3+8)}{x^3+8}=$$

$$=\frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\ln\left|x^3+8\right|\Big|_{-2+\xi}^{0}=\frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\left(\ln 8-\ln\left|(-2+\xi)^3+8\right|\right)=$$

$$=\frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\left(\ln 8-\ln\left(-8+12\xi-6\xi^2+\xi^3+8\right)\right)=$$

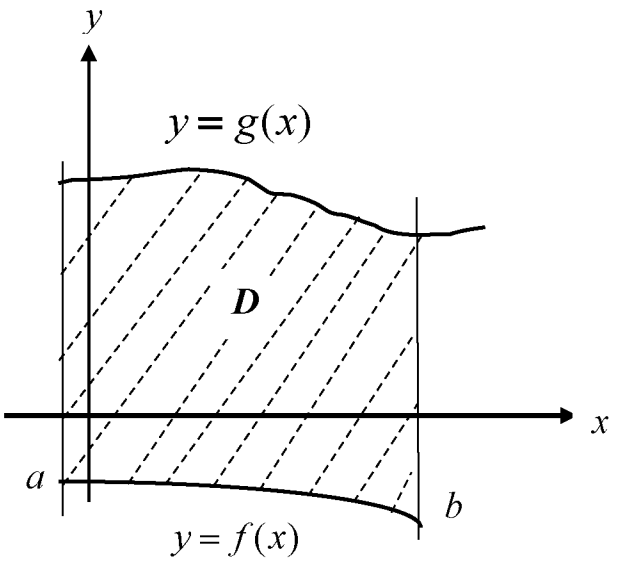
$$=\frac{1}{3}\lim_{\xi\to 0}\left(\ln 8-\ln\left(12\xi-6\xi^2+\xi^3\right)\right)=\infty,$$

интеграл расходится.

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ОПРЕДЕЛЁННОГО ИНТЕГРАЛА

3. 1. Площадь плоской фигуры

а) Площадь криволинейной трапеции D, ограниченной кривыми $y=f(x), y=g(x)$, где $f(x)\le g(x)$ и прямыми $x=a$ и $x=b$, где $a<b$ (см. рис.),



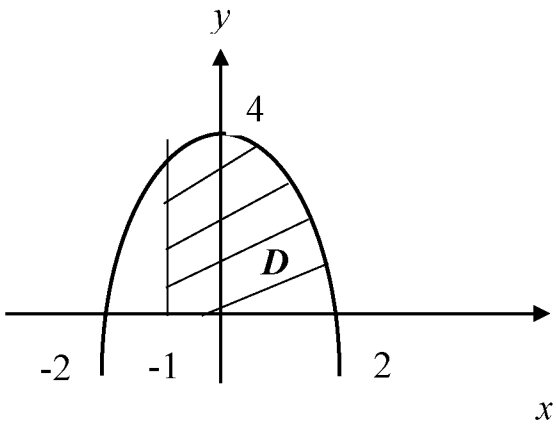
находится по формуле

$$S = \int_a^b \big(g(x) - f(x)\big)dx .$$

Примеры

1. Найти площадь фигуры, ограниченной линиями: $y = 4 - x^2;\ x = -1;$ $y = 0.$

Построим фигуру. Верхняя граница: $y = 4 - x^2$, нижняя граница: $y = 0$, левая граница $x = -1$, правая граница $x = 2$.

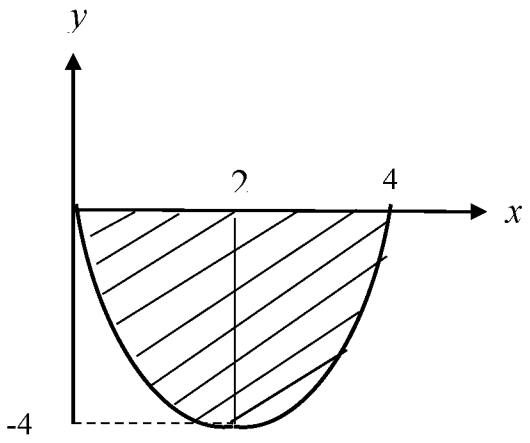


Найдем площадь:

$$S = \int_{-1}^{2} (4 - x^2 - 0)\,dx = 4x\Big|_{-1}^{2} - \frac{x^3}{3}\Big|_{-1}^{2} =$$

$$= 4(2+1) - \frac{1}{3}(8+1) = 12 - 3 = 9\ ed^2.$$

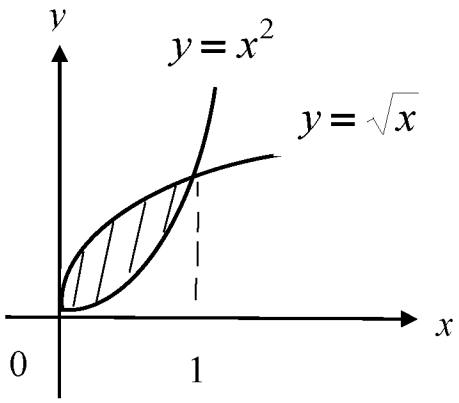
2. Найти площадь фигуры: $y = x^2 - 4x;\quad y = 0.$



$$S = \int_0^4 (0 - (x^2 - 4x))dx = \int_0^4 (-x^2 + 4x)dx =$$

$$= -\frac{x^3}{3}\Big|_0^4 + \frac{4x^2}{2}\Big|_0^4 = -\frac{64}{3} + 32 = \frac{160}{3}\ ед^2.$$

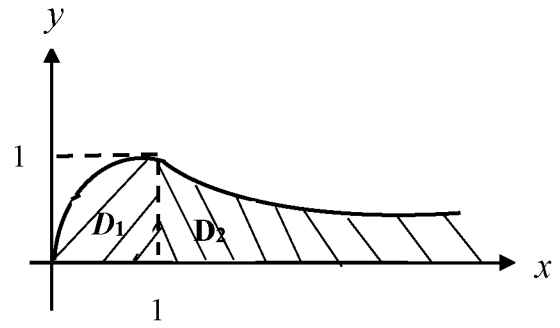
3. Найти площадь фигуры: $y = x^2;\ \ y = \sqrt{x}.$



$$S = \int_0^1 (\sqrt{x} - x^2)dx = \int_0^1 x^{\frac{1}{2}}dx - \int_0^1 x^2 dx =$$

$$= \frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\Big|_0^1 - \frac{x^3}{3}\Big|_0^1 = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{1}{3}\ ед^2.$$

4. Найти площадь: $y=\sqrt{x},\ y=\frac{1}{x^2},\ y=0.$



Найдем площадь как сумму площадей двух фигур D_1 и D_2.

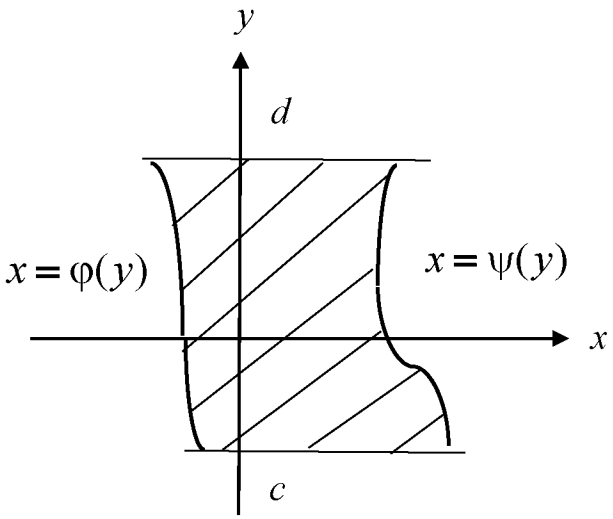
$$S_1=\int_0^1\sqrt{x}dx=\int_0^1 x^{\frac{1}{2}}dx=\left.\frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\right|_0^1=\left.\frac{2}{3}x^{\frac{3}{2}}\right|_0^1=\frac{2}{3}\,e\partial^2,$$

$$S_2=\int_1^\infty\frac{dx}{x^2}=\lim_{b\to\infty}\int_1^b x^{-2}dx=\lim_{b\to\infty}\left.\frac{x^{-1}}{-1}\right|_1^b=-\lim_{b\to\infty}\left.\frac{1}{x}\right|_1^b=-\lim_{b\to\infty}\left(\frac{1}{b}-1\right)=1\,e\partial^2,$$

$$S=S_1+S_2=\frac{2}{3}+1=\frac{5}{3}\,e\partial^2.$$

b) Площадь криволинейной трапеции, ограниченной линиями:

$x=\varphi(y),\ x=\Psi(y),\ y=c,\quad y=d,\quad$ где $\varphi(y)\le\Psi(y),\quad c<$d



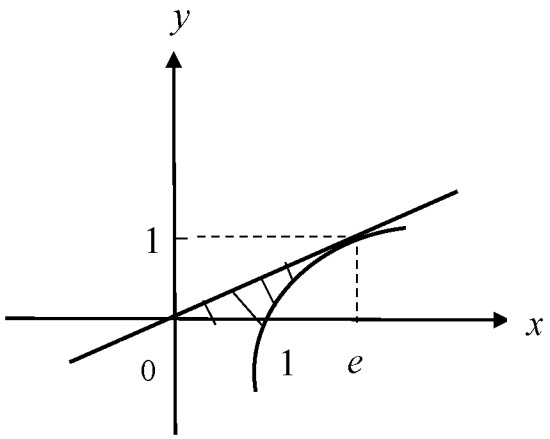
равна:

$$S = \int_c^d (\Psi(y) - \varphi(y))dy.$$

Пример

Найти площадь фигуры: $y = \ln x; \quad y = \frac{1}{e}x; \quad y = 0.$

Построим область:



Запишем её границы: $y = \ln x \Rightarrow x = e^y; \quad y = \frac{1}{e}x \Rightarrow x = ey; \quad y = 0, \quad y = 1.$

$$S = \int_0^1 (e^y - ey)dy = e^y\Big|_0^1 - e\frac{y^2}{2}\Big|_0^1 = e - 1 - \frac{e}{2} = \frac{e}{2} - 1.$$

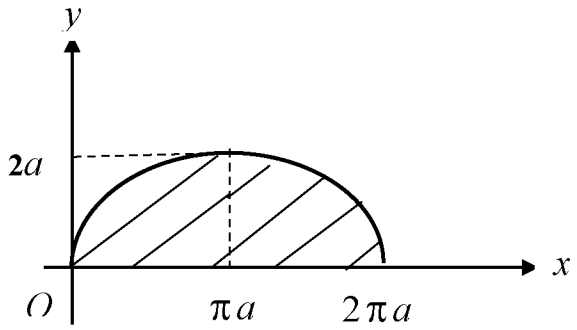
c) Если кривая задана параметрическими уравнениями $x = x(t),\quad y = y(t),$ то площадь криволинейной трапеции ограниченной этой кривой, прямыми $x = a,\ x = b$ и отрезком $[a, b]$ оси Ox, находим по формуле

$$S = \int_{\alpha}^{\beta} y(t)x'(t)dx,$$

где α и β определяются из условий $x(\alpha) = a,\quad x(\beta) = b,$ а $y(t) \geq 0$ при $\alpha \geq t \leq \beta.$

Пример

Найти площадь плоской фигуры, ограниченной аркой циклоиды $x = a(t - \sin t)$, $y = a(1 - \cos t)$ и осью Ox.



Здесь $dx = a(1 - \cos t)\, dt,$ а t изменяется от 0 до 2π.

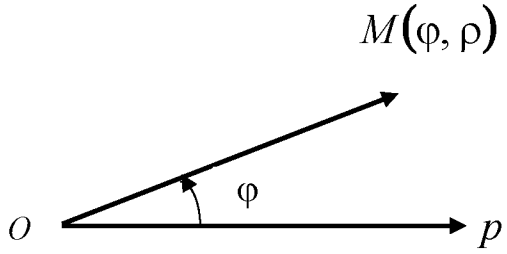
$$S = \int_0^{2\pi} a(1 - \cos t)a(1 - \cos t)dt = a^2 \int_0^{2\pi} (1 - \cos t)^2 dt =$$

$$= a^2 \int_0^{2\pi} (1 - 2\cos t + \cos^2 t)dt = a^2 \left(t\Big|_0^{2\pi} - 2\sin t\Big|_0^{2\pi} + \int_0^{2\pi} \frac{1 + \cos 2t}{2} \right) dt =$$

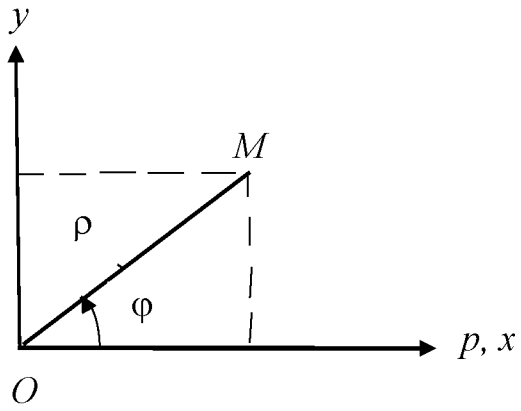
$$= a^2 \left(2\pi + \frac{1}{2} t\Big|_0^{2\pi} + \frac{1}{4} \sin 2t\Big|_0^{2\pi} \right) = a^2 (2\pi + \pi) = 3\pi a^2.$$

d) Площадь фигуры, границы которой заданы в полярных координатах.

Полярная система координат состоит из точки O – полярного полюса и полярной оси Op. Положение точки M определяется двумя координатами: ρ – полярным радиусом – расстоянием от точки M до полюса O и полярным углом φ – углом между радиус-вектором точки M и полярной осью.



Переход от полярных координат к прямоугольным



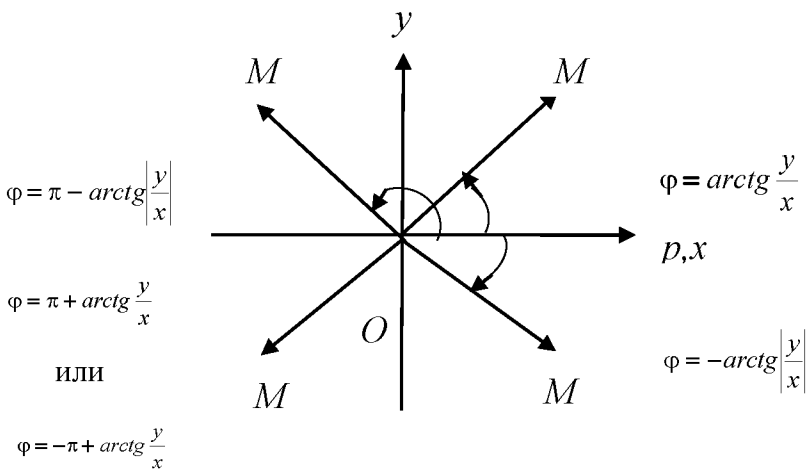
выполняется по формулам

$$\begin{cases} x = \rho\cos\varphi, \\ y = \rho\sin\varphi. \end{cases}$$

Переход от прямоугольных координат к полярным

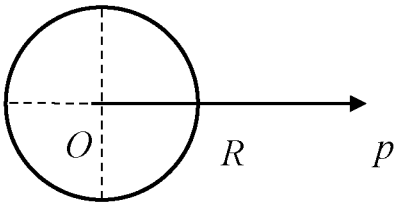
$$\begin{cases} \rho = \sqrt{x^2 + y^2}, \\ tg\varphi = \dfrac{y}{x}. \end{cases}$$

Угол φ определяется с учетом четверти, в которой лежит точка M (см. рис.).

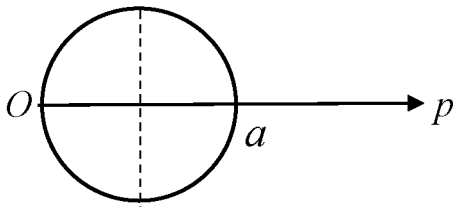


Уравнения некоторых линий в полярных координатах

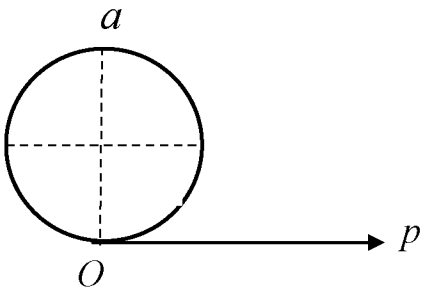
а) $\rho = R$ – уравнение окружности радиуса R с центром в точке O;



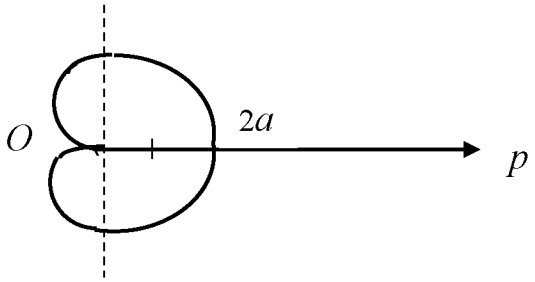
б) $\rho = a\cos\varphi$ – уравнение окружности радиуса $\frac{|a|}{2}$, с центром в точке $\frac{a}{2}$ на полярной оси;



в) $\rho = a\sin\varphi$ – уравнение окружности радиуса $\frac{|a|}{2}$, с центром в точке $\frac{a}{2}$ на прямой, перпендикулярной полярной оси;

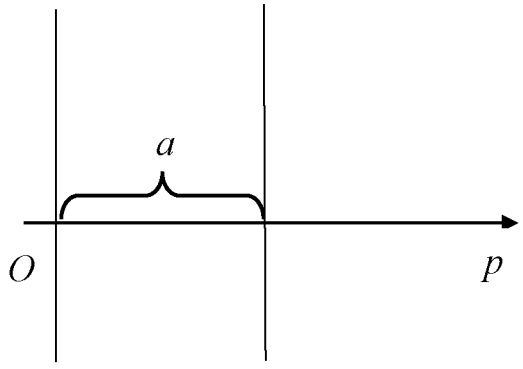


г) $\rho = a(1+\cos\varphi)$ – уравнение кардиоиды.

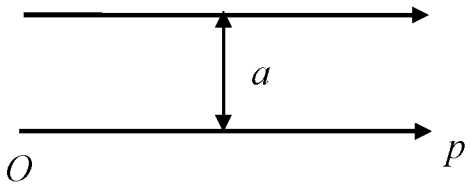


Уравнения $\rho = a(1-\cos\varphi)$; $\rho = a(1+\sin\varphi)$; $\rho = a(1-\sin\varphi)$ – также задают различные кардиоиды.

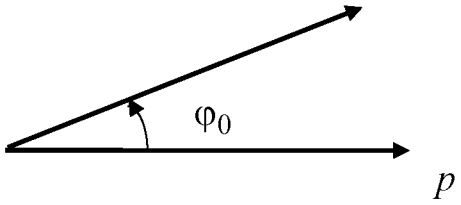
д) $\rho = \dfrac{a}{\cos\varphi}$ – уравнение прямой, перпендикулярной оси Op, отстоящей от точки O на расстояние $|a|$;



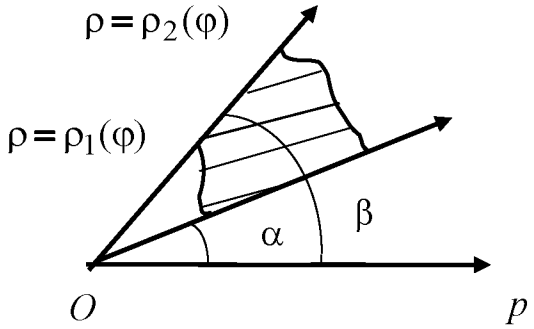
е) $\rho = \dfrac{a}{\sin\varphi}$ – уравнение прямой, параллельной оси Op, отстоящей от неё на расстоянии $|a|$;



ё) $\varphi = \varphi_0$ – уравнение луча, проходящего через точку O под углом φ_0 к оси Op;



Площадь криволинейного сектора, ограниченного кривыми $\rho = \rho_1(\varphi)$ и $\rho = \rho_2(\varphi)$, где $\rho_1(\varphi) \le \rho_2(\varphi)$, и лучами $\varphi = \alpha$ и $\varphi = \beta$, где $\alpha < \beta$

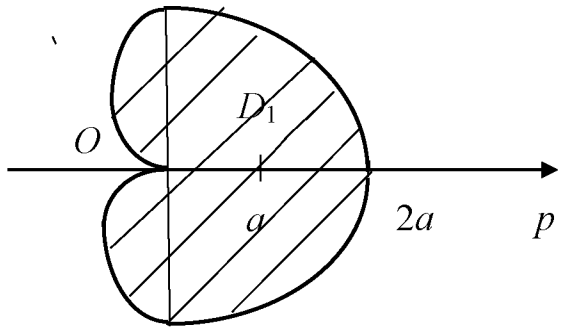


находится по формуле

$$S = \frac{1}{2}\int_{\alpha}^{\beta}\left(\rho_2^2(\varphi) - \rho_1^2(\varphi)\right)d\varphi.$$

Примеры

1. Найти площадь фигуры, заключенной внутри кардиоиды $\rho = a(1 + \cos\varphi)$

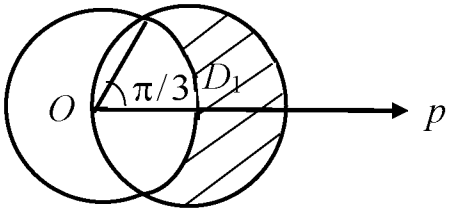


$$S = 2S_{D_1} = 2\frac{1}{2}\int_0^{\pi} a^2(1+\cos\varphi)^2\,d\varphi = a^2\int_0^{\pi}(1+2\cos\varphi+\cos^2\varphi)\,d\varphi =$$

$$= a^2\left(\varphi\Big|_0^{\pi} + 2\sin\varphi\Big|_0^{\pi} + \int_0^{\pi}\frac{1+\cos 2\varphi}{2}d\varphi\right) = a^2\left(\pi + \frac{1}{2}\varphi\Big|_0^{\pi} + \frac{1}{4}\sin 2\varphi\Big|_0^{\pi}\right) =$$

$$= a^2\left(\pi + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{3\pi a^2}{2}\ ед^2.$$

2. Найти площадь фигуры, ограниченной линиями $\rho = 2\cos\varphi;\quad \rho = 1$ (вне окружности $\rho = 1$).



$$S = 2S_{D_1}$$

Найдем точку пересечения окружностей

$$\begin{cases}\rho = 2\cos\varphi \\ \rho = 1\end{cases} \Rightarrow 2\cos\varphi = 1,\ \cos\varphi = \frac{1}{2},\quad \varphi = \frac{\pi}{3}.$$

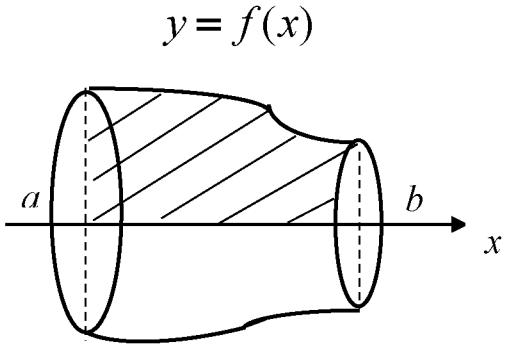
$$S = 2\frac{1}{2}\int_0^{\frac{\pi}{3}} (4\cos^2\varphi - 1)\, d\varphi = \int_0^{\frac{\pi}{3}} (4\frac{1+\cos 2\varphi}{2} - 1)\, d\varphi =$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{3}} (2 + 2\cos 2\varphi - 1)\, d\varphi = \varphi\Big|_0^{\frac{\pi}{3}} + \sin 2\varphi\Big|_0^{\frac{\pi}{3}} =$$

$$= \frac{\pi}{3} + \sin\frac{2\pi}{3} - \sin 0 = \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \text{ед}^2.$$

3. 2. Объем тела вращения

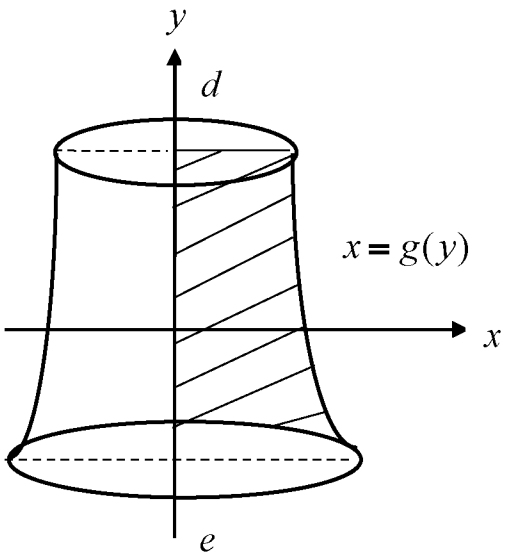
a) Объем тела вращения плоской фигуры с границами $y = f(x), \quad x = a,$ $x = b, \quad y = 0 \quad (a < b)$ вокруг оси Ox



вычисляется по формуле

$$V_{Ox} = \pi\int_a^b f^2(x)\, dx.$$

b) Объем тела вращения плоской фигуры с границами $x = g(y), \quad y = c,$ $y = d, \quad x = 0 \quad (c < d)$ вокруг оси Oy



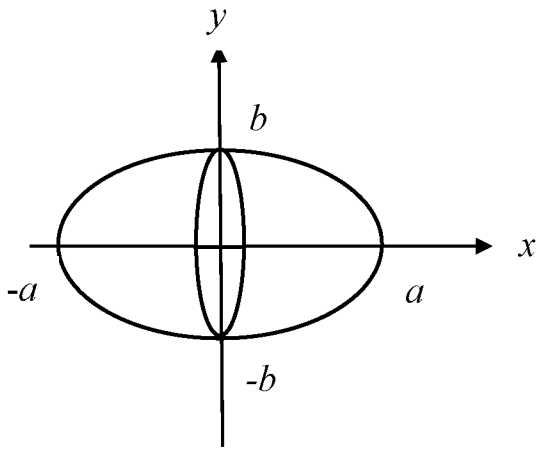
вычисляется по формуле

$$V_{oy} = \pi \int_c^d g^2(y)\, dy.$$

ПРИМЕРЫ

1. Найти объем тела, полученного вращением эллипса $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ вокруг оси Ox.

Построим чертеж.



Выразим y^2 из уравнения эллипса

$$y^2 = b^2\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)$$

$$V_{ox} = \pi\int_{-a}^{a} y^2dx = \pi b^2\int_{-a}^{a}\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)dx = 2\pi b^2\int_{0}^{a}\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)dx =$$

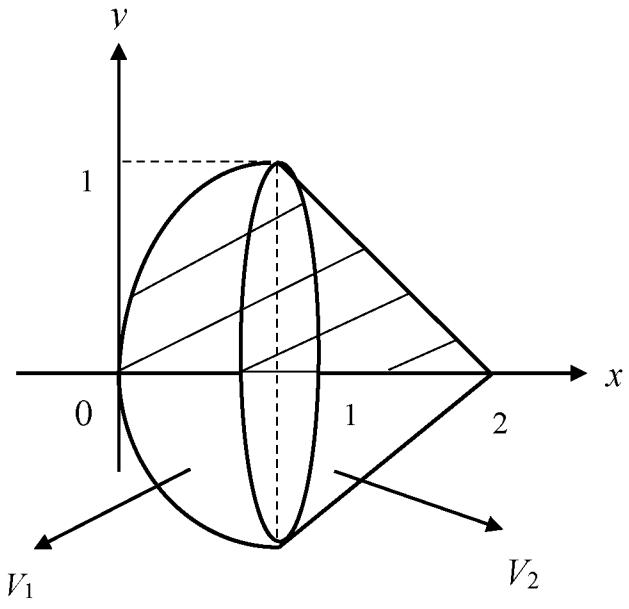
$$= 2\pi b^2\left(x\Big|_0^a - \frac{x^3}{3a^2}\Big|_0^a\right) = 2\pi b^2\left(a-\frac{a}{3}\right) = \frac{4}{3}\pi ab^2 \text{ ед}^3.$$

Заметим, что, если $a = b = R$, то получим объем шара

$$V_{\text{шара}} = \frac{4}{3}\pi R^3 \text{ ед}^3 .$$

2. Найти объем тел вращения вокруг оси Ox и Oy фигуры с границами $y = \sqrt{x}$, $y = 2-x$, $y = 0$.

а)



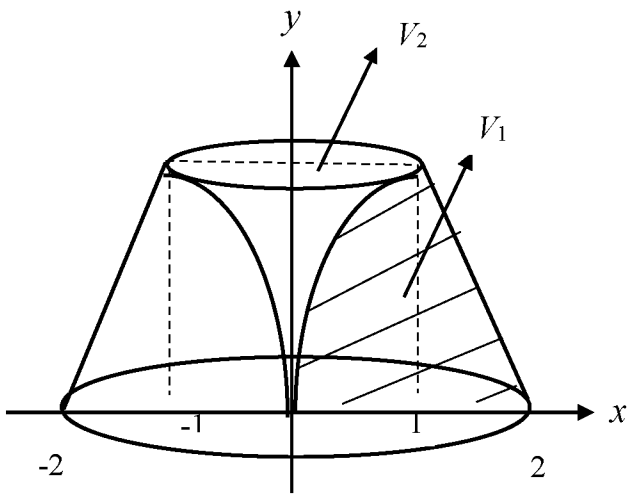
$$V_{0x} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = \pi \int_0^1 \left(\sqrt{x}\right)^2 dx = \pi \frac{x^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{\pi}{2} \text{ ед}^3$$

$$V_2 = \pi \int_1^2 (2-x)^2 dx = \pi \int_1^2 (x-2)^2 d(x-2) = \pi \frac{(x-2)^3}{3}\Big|_1^2 = \frac{\pi}{3}\left(0-(-1)^3\right) = \frac{\pi}{3} \text{ ед}^3$$

$$V_{0x} = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{3} = \frac{5\pi}{6} \text{ ед}^3.$$

б)



$$V_{0y} = V_1 - V_2$$

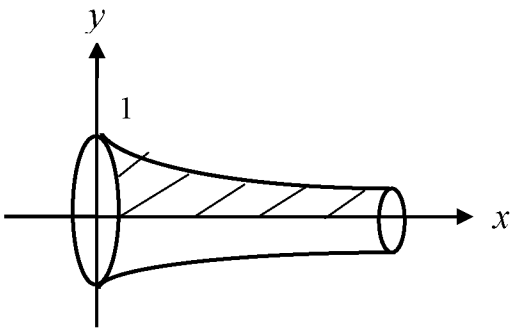
$$V_1 = \pi \int_0^1 (2-y)^2 dy = \pi \int_0^1 (y-2)^2 d(y-2) = \pi \frac{(y-2)^3}{3}\Big|_0^1 =$$

$$\frac{\pi}{3}\left((-1)^3 - (-2)^3\right) = \frac{\pi}{3}(8-1) = \frac{7}{3}\pi \text{ ед}^3$$

$$V_2 = \pi \int_0^1 y^4 dy = \pi \frac{y^5}{5}\Big|_0^1 = \frac{\pi}{5} \text{ ед}^3$$

$$V_{0y} = \frac{7\pi^{(5}}{3} - \frac{\pi^{(3}}{5} = \frac{32\pi}{15} \text{ ед}^3.$$

3. Вычислить объем тела вращения фигуры с границами $y = e^{-x}$, $x = 0$, $y = 0$ вокруг оси $0x$



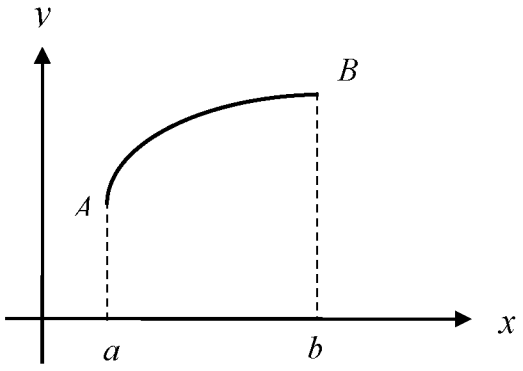
$$V_{ox} = \pi \int_0^{\infty} e^{-2x}\, dx = -\frac{\pi}{2} \lim_{b\to\infty} \int_0^b e^{-2x} d(-2x) = -\frac{\pi}{2} \lim_{b\to\infty} e^{-2x} \Big|_0^b =$$

$$= -\frac{\pi}{2} \lim_{b\to\infty} \left(e^{-2b} - e^0\right) = \frac{\pi}{2} \text{ ед}^2.$$

3.3. Длина дуги плоской кривой

а) Если кривая задана уравнением $y = f(x)$, то длина дуги кривой от точки A до точки B определяется по формуле

$$l = \int_a^b \sqrt{1 + \left(f'(x)\right)^2}\, dx.$$



Пример

Найти длину дуги кривой: $y=\frac{1}{3}(3-x)\cdot\sqrt{x}\,;\quad 0\le x\le 3.$

Найдем производную:

$$y'=\left(\frac{1}{3}(3-x)\cdot\sqrt{x}\right)'=\frac{1}{3}(3-x)'\cdot\sqrt{x}+\frac{1}{3}(3-x)\cdot(\sqrt{x})'=$$

$$=-\frac{1}{3}\sqrt{x}+\frac{1}{3}(3-x)\cdot\frac{1}{2\sqrt{x}}=\frac{-\frac{2}{3}x+1-\frac{1}{3}x}{2\sqrt{x}}=\frac{1-x}{2\sqrt{x}}.$$

$$l=\int_0^3\sqrt{1+\left(\frac{1-x}{2\sqrt{x}}\right)^2}\,dx=\int_0^3\sqrt{1+\frac{1-2x+x^2}{4x}}\,dx=\int_0^3\sqrt{\frac{4x+1-2x+x^2}{4x}}\,dx=$$

$$=\int_0^3\sqrt{\frac{(x+1)^2}{4x}}\,dx=\int_0^3\frac{x+1}{2\sqrt{x}}\,dx=\frac{1}{2}\int_0^3\left(\frac{x}{\sqrt{x}}+\frac{1}{\sqrt{x}}\right)dx=\frac{1}{2}\int_0^3\left(\sqrt{x}+\frac{1}{\sqrt{x}}\right)dx=$$

$$=\frac{1}{2}\int_0^3 x^{\frac{1}{2}}\,dx+\frac{1}{2}\int_0^3 x^{-\frac{1}{2}}\,dx=\frac{1}{2}\cdot\left.\frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}\right|_0^3+\frac{1}{2}\cdot\left.\frac{x^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}}\right|_0^3=\frac{1}{3}\sqrt{27}-0+\sqrt{3}-0=2\sqrt{3}.$$

b) Если кривая AB задана параметрически: $\begin{cases}x=x(t)\\ y=y(t)\end{cases}$, $\alpha\le t\le\beta$, то

$$l=\int_\alpha^\beta\sqrt{(x'_t)^2+(y'_t)^2}\,dx.$$

Пример

2. Найти длину дуги кривой $\begin{cases} x = e^{3t}\cos 4t \\ y = e^{3t}\sin 3t \end{cases}$, $0 \le t \le \ln 2$,

Найдем производные x'_t и y'_t

$$x'_t = \left(e^{3t}\cdot\cos 4t\right)' = \left(e^{3t}\right)'\cos 4t + e^{3t}\cdot\left(\cos 4t\right)' = 3e^{3t}\cos 4t - 4e^{3t}\sin 4t$$

$$y'_t = \left(e^{3t}\cdot\sin 4t\right)' = \left(e^{3t}\right)'\sin 4t + e^{3t}\cdot\left(\sin 4t\right)' = 3e^{3t}\sin 4t + 4e^{3t}\cos 4t$$

$$\left(x'_t\right)^2 + \left(y'_t\right)^2 = \left(3e^{3t}\cdot\cos 4t - 4e^{3t}\cdot\sin 4t\right)^2 + \left(3e^{3t}\cdot\sin 4t + 4e^{3t}\cdot\cos 4t\right)^2 =$$

$$= 9e^{6t}\cos^2 4t - 24e^{6t}\cos 4t\cdot\sin 4t + 16e^{6t}\sin^2 4t + 9e^{6t}\sin^2 4t +$$

$$+ 24e^{6t}\cdot\sin 4t\cos 4t + 16e^{6t}\cos^2 4t = 25e^{6t}\cos^2 4t + 25e^{6t}\sin^2 4t =$$

$$= 25e^{6t}\left(\cos^2 4t + \sin^2 4t\right) = 25e^{6t}.$$

$$l = \int_0^{\ln 2}\sqrt{\left(x'_t\right)^2 + \left(y'_t\right)^2}\,dt = \int_0^{\ln 2}\sqrt{25e^{6t}}\,dt = \int_0^{\ln 2}5e^{3t}dt = \frac{5}{3}e^{3t}\Big|_0^{\ln 2} =$$

$$= \frac{5}{3}e^{3\ln 2} - \frac{5}{3}e^{0} = \frac{5}{3}e^{3\ln 2} - \frac{5}{3}e^{0} = \frac{5}{3}e^{\ln 8} - \frac{5}{3} = \frac{5}{3}\cdot 8 - \frac{5}{3} = \frac{40-5}{3} = \frac{35}{3} = 11\frac{2}{3};$$

4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

4. 1. Вычисление определённых интегралов

Вычислить интегралы, выбрав нужный метод.

1. а) $\int_0^4 \sqrt{4x+1}dx;$ б) $\int_{-2}^{1} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases} x^2, & -2\le x\le 0 \\ 4, & 0<x\le 1 \end{cases};$

в) $\int_0^{\frac{1}{4}} xe^{4x}dx$; г) $\int_2^3 \frac{dx}{x^2-4x+5}dx.$

2. а) $\int_0^{\frac{\pi}{6}} 3\cos 3xdx;$ б) $\int_1^2 f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases} 0, & 1\le x\le \frac{3}{2} \\ 4x-1, & \frac{3}{2}<x<2 \end{cases};$

в) $\int_1^e x^2\cdot \ln xdx$; г) $\int_{-1}^{0} \frac{xdx}{\sqrt{4-5x}}.$

3. а) $\int_1^2 \frac{dx}{x(x+1)}$; б) $\int_0^{\pi} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases} \sin 2x, & 0<x\le \frac{\pi}{2} \\ 1, & \frac{\pi}{2}<x<\pi \end{cases};$

в) $\int_0^1 \operatorname{arctg} xdx$; г) $\int_2^5 \frac{dx}{x\sqrt{x-1}}.$

4. 3. а) $\int\limits_0^{\frac{1}{5}} \frac{e^x dx}{e^{6x-1}}$; б) $\int\limits_{-1}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}1-x, & -1\le x<0\\ 1+x, & 0\le x<2\end{cases}$;

в) $\int\limits_{-\pi}^{\pi} x\sin\frac{x}{3}dx$; г) $\int\limits_1^9 \frac{dx}{1+\sqrt{x}}$.

5. а) $\int\limits_8^{20}\left(\frac{x}{2}+5\right)^{\frac{1}{2}}dx$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}4, & -2\le x<1\\ x, & 1\le x<2\end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{\pi}(x-\pi)\cos x dx$; г) $\int\limits_0^{\ln 2} \frac{e^x dx}{\left(e^x+1\right)^2}$.

6. а) $\int\limits_8^{0,5} \frac{dx}{(6x-1)^2}$; б) $\int\limits_{-1}^{1} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}0, & -1<x\le 0\\ 2x^3, & 0<x\le 1\end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{\pi} \frac{xdx}{e^{2x}}$; г) $\int\limits_0^{\frac{\pi}{3}} \sin^3 x dx$.

7. а) $\int\limits_{-0,5}^{1} 2\sin \pi x dx$; б) $\int\limits_{-2}^{0} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}5, & -2\le x\le -1\\ -5x, & -1<x\le 0\end{cases}$;

в) $\int\limits_1^e \frac{\ln x dx}{x^2}$; г) $\int\limits_0^2 \frac{xdx}{(x+1)^2}$.

8. а) $\int\limits_{-3}^{0} (x+4)^{-2}dx$; б) $\int\limits_{-1}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases}-2x, & -1\le x<0\\ 2x, & 0\le x\le 2\end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} (x+4)\sin 2x dx$; г) $\int\limits_1^e \frac{\sqrt{\ln x}}{x}dx$.

9. а) $\int\limits_0^{\pi} \frac{5dx}{\cos^2 \frac{x}{4}}$; б) $\int\limits_{-1}^{1} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 0, & -1 \le x < 0 \\ e^{2x}, & 0 \le x \le 1 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{\frac{1}{e}}^{1} x^2 \ln x dx$; г) $\int\limits_{-\frac{\pi}{3}}^{0} \frac{\sin x dx}{\cos^3 x}$.

10. а) $\int\limits_0^{0,1} \frac{5dx}{e^{1-5x}}$; б) $\int\limits_{-4}^{0} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 0, & -4 \le x < -2 \\ x^2, & -2 \le x \le 0 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{e-1} (x+1)\cdot \ln(x+1)dx$; г) $\int\limits_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 x dx$.

11. а) $\int\limits_0^{1} \frac{dx}{\sqrt{16x+9}}$; б) $\int\limits_0^{5} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} \sqrt{x}, & 0 \le x < 4 \\ -2, & 4 \le x \le 5 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{2\frac{\pi}{}} (x+1)\cos 2x dx$; г) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{\text{arctg}x}{x^2+1} dx$.

12. а) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{dx}{(3x+4)^2}$; б) $\int\limits_0^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} x-1, & 0 \le x \le 1 \\ 10, & 1 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{1} xe^{9x} dx$; г) $\int\limits_{-4}^{-3} \frac{dx}{x^2+8x+15}$.

13. а) $\int\limits_0^{\frac{\pi}{6}} \left(\frac{1}{2} - \sin^2 x\right) dx$; б) $\int\limits_{-2}^{3} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 6x, & -1 \le x \le 0 \\ 0, & 1 < x \le 3 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^{\pi} x \cdot \sin \frac{x}{3} dx$; г) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{dx}{3+\sqrt{x+1}}$.

14. а) $\int\limits_{0,25}^{0,5} \frac{5dx}{\sin^2 \pi x}$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 6, & -2 \le x < 0 \\ 6-x, & 0 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{xdx}{e^x}$; г) $\int\limits_{0}^{5} x \cdot \sqrt{x+4}\, dx$.

15. а) $\int\limits_{-\sqrt{3}}^{0} \frac{\sqrt{3}dx}{x^2+3}$; б) $\int\limits_{-1}^{1} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} x_1 - 1, & -1 < x \le 0 \\ 2x, & 0 < x \le 1 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{0}^{1} x \sin \frac{\pi x}{4} dx$; г) $\int\limits_{1}^{2} \frac{xdx}{(2x-1)^3}$.

16. а) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{dx}{\sqrt{16-9x}}$; б) $\int\limits_{0}^{2\pi} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} \sin x, & 0 \le x \le \pi \\ \frac{1}{\pi}, & \pi < x \le 2\pi \end{cases}$;

в) $\int\limits_{0}^{1} (2x+1)\ln(x+1)dx$; г) $\int\limits_{-3}^{5} x \cdot \sqrt{x+4}\, dx$.

17. а) $\int\limits_{0}^{\frac{2}{3}} \frac{dx}{\sqrt{16-9x^2}}$; б) $\int\limits_{-10}^{0} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 0, & -10 \le x \le -1 \\ (x+1)^2, & -1 < x \le 0 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-3}^{-2} (x+3)e^{x+3}dx$; г) $\int\limits_{-1}^{0} \frac{dx}{\sqrt{x+1}+2}$.

18. а) $\int\limits_{0}^{4\pi} 6\cos \frac{x}{12} dx$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 2, & -2 \le x \le -1 \\ 0, & -1 < x \le 1 \\ 4, & 1 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-\sqrt{3}}^{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} x\, dx$; г) $\int\limits_{2}^{7} \frac{xdx}{\sqrt{x+2}}$.

19. а) $\int\limits_{-\frac{\pi}{12}}^{0} 12\sin 6x dx;$ б) $\int\limits_{-10}^{10} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}0, & -10\le x\le 0\\ 5x, & 0<x\le 10\end{cases};$

в) $\int\limits_{0}^{1} x\,e^{1-x}dx\ ;$ г) $\int\limits_{0}^{1}\frac{xdx}{(x^2+2x+1)^2}\ .$

20. а) $\int\limits_{0}^{9}\sqrt[3]{1-x}\,dx;$ б) $\int\limits_{0}^{2} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}(x-1)^2, & 0\le x\le 1\\ 0, & 1<x\le 2\end{cases};$

в) $\int\limits_{0}^{\frac{1}{2}} x\cdot\sin x dx;$ г) $\int\limits_{0}^{\ln 2}\frac{dx}{e^x+1}dx.$

21. а) $\int\limits_{0}^{2\pi} 5\sin\frac{x}{4}dx;$ б) $\int\limits_{0}^{2} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}x+4, & 0\le x\le 1\\ 4, & 1<x\le 2\end{cases};$

в) $\int\limits_{0}^{1-e}\ln(x+e)dx\ ;$ г) $\int\limits_{-1}^{0}\frac{xdx}{x^2+6x+9}.$

22. а) $\int\limits_{0}^{\ln 2} e^x(e^x+1)dx;$ б) $\int\limits_{1}^{3} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}5, & 1\le x\le 2\\ 5x, & 2<x\le 3\end{cases};$

в) $\int\limits_{1}^{\sqrt{3}}\operatorname{arctg} x dx\ ;$ г) $\int\limits_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{3}}\frac{dx}{\sin 2x}\ .$

23. а) $\int\limits_{0}^{1} 12(1+x)^5 dx;$ б) $\int\limits_{-11}^{1} f(x)dx,$ если $f(x)=\begin{cases}e^{-x}, & -1<x\le 0\\ e, & 0<x\le 1\end{cases};$

в) $\int\limits_{0}^{\frac{\pi}{3}}(3x+4)\sin x dx\ ;$ г) $\int\limits_{0}^{\frac{\pi}{2}}\cos^3 x dx\ .$

24. а) $\int\limits_0^{\pi} \frac{dx}{\cos^2 \frac{x}{4}}$; б) $\int\limits_{-1}^{\ln 3} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} x, & -1 < x \le 0 \\ e^x, & 0 < x \le \ln 3 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-\frac{\pi}{4}}^{0} (4x-3)\cos x dx$; г) $\int\limits_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \sin^3 x dx$.

25. а) $\int\limits_{\frac{\pi}{3}}^{\pi} 3\sin 6x dx$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} 7, & -2 \le x \le 0 \\ 7x, & 0 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_0^1 \frac{x dx}{e^{2x}}$; г) $\int\limits_5^6 \frac{dx}{(x^2 - 8x + 16)^2}$.

26. а) $\int\limits_0^{e-1} \frac{5dx}{x+1}$; б) $\int f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} \cos 3x, & -\frac{\pi}{2} \le x \le 0 \\ 0, & 0 < x \le \frac{\pi}{10} \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-0,25}^{0} x e^{4x+1} dx$; г) $\int\limits_{-5}^{3} x \cdot \sqrt[3]{x+5}\, dx$.

27. а) $\int\limits_5^6 \sqrt[3]{x-5}\, dx$; б) $\int\limits_1^{\frac{\pi}{2}} f(x)dx$, если $f(x) = \begin{cases} 1, & -1 \le x \le \frac{\pi}{6} \\ \sin 2x, & \frac{\pi}{6} < x \le \frac{\pi}{2} \end{cases}$;

в) $\int\limits_{\frac{1}{9}}^{\frac{e}{9}} \ln 9x dx$; г) $\int\limits_0^{\ln 5} \frac{dx}{e^x + 4}$.

28. а) $\int\limits_{10}^{\frac{1}{2}} e^{1-0,1x}dx$; б) $\int\limits_{-\pi}^{\pi} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 0, & -\pi \le x \le \dfrac{\pi}{2} \\ \cos 2x, & \dfrac{\pi}{2} < x \le \pi \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-1}^{0} \text{arctg}x dx$; г) $\int\limits_{0}^{2} \dfrac{xdx}{\sqrt{4x+1}}$.

29. а) $\int\limits_{0}^{6} \left(\dfrac{x}{6}+1\right)^3 dx$; б) $\int\limits_{-2}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 4, & -2 \le x \le 0 \\ 4x, & 0 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{-\frac{1}{6}}^{0} x \cdot e^{6x+1}dx$; г) $\int\limits_{0}^{3} x \cdot \sqrt{4-x}\, dx$.

30. а) $\int\limits_{0}^{0,1\pi} 10\cos 5x dx$; б) $\int\limits_{-10}^{2} f(x)dx$, если $f(x)=\begin{cases} 2, & -10 < x \le 0 \\ 3x^2, & 0 < x \le 2 \end{cases}$;

в) $\int\limits_{0}^{1} (4-x)\cdot e^x\, dx$; г) $\int\limits_{0}^{3} \dfrac{dx}{1+\sqrt{4-x}}$.

4. 2. Несобственные интегралы

Вычислить несобственные интегралы или установить их расходимость.

1. а) $\int\limits_{1}^{\infty} \dfrac{\text{arctg}\, xdx}{1+x^2}$; б) $\int\limits_{0}^{2} \dfrac{dx}{\sqrt{(2-x)^3}}$;

2. а) $\int\limits_{-\infty}^{1} \dfrac{dx}{x^2+3}$; б) $\int\limits_{0}^{3} \dfrac{xdx}{\sqrt{9-x^2}}$;

3. а) $\int_{-1}^{\infty} \frac{dx}{x^2+2x+2}$; б) $\int_{4}^{5} \frac{dx}{\sqrt[3]{(5-x)^2}}$;

4. а) $\int_{0}^{\infty} x \cdot e^{-x^2} dx$; б) $\int_{2}^{3} \frac{xdx}{x^2-4}$;

5. а) $\int_{1}^{\infty} \frac{\ln x}{x} dx$; б) $\int_{-1}^{0} \frac{x^2 dx}{x^3+1}$;

6. а) $\int_{0}^{\infty} \frac{xdx}{(2+x^2)^2}$; б) $\int_{-2}^{0} \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3+8}}$;

7. а) $\int_{0}^{\infty} \frac{dx}{\sqrt{3x+4}}$; б) $\int_{0}^{1} \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}$;

8. а) $\int_{e}^{\infty} \frac{dx}{x \ln x}$; б) $\int_{1}^{2} \frac{dx}{x^2-5x+6}$;

9. а) $\int_{0}^{\infty} \frac{arctg^2\, x}{1+x^2} dx$; б) $\int_{2}^{3} \frac{dx}{\sqrt{(3-x)^5}}$;

10. а) $\int_{-\infty}^{0} \frac{dx}{x^2+1}$; б) $\int_{2}^{3} \frac{dx}{x^2-4x+3}$;

11. а) $\int_{4}^{\infty} \frac{dx}{x^2-4x+8}$; б) $\int_{0}^{2} \frac{xdx}{\sqrt{4-x^2}}$;

12. а) $\int_0^{\infty} x^2 \cdot e^{-x^3} dx$; б) $\int_0^2 \frac{dx}{\sqrt[4]{(2-x)^3}}$;

13. а) $\int_e^{\infty} \frac{\ln^2 x dx}{x}$; б) $\int_3^4 \frac{xdx}{x^2-9}$;

14. а) $\int_0^{\infty} \frac{xdx}{(3+x^2)^3}$; б) $\int_{-1}^0 \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3+1}}$;

15. а) $\int_e^{\infty} \frac{dx}{x \ln^2 x}$; б) $\int_0^2 \frac{dx}{\sqrt{4-x^2}}$;

16. а) $\int_2^{\infty} \frac{dx}{x^2-4x+5}$; б) $\int_{-3}^1 \frac{dx}{(3+x)^3}$;

17. а) $\int_0^{\infty} \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^3+1}}$; б) $\int_1^3 \frac{dx}{x^2-2x-3}$;

18. а) $\int_{-\infty}^3 \frac{dx}{x^2-6x+10}$; б) $\int_0^2 \frac{dx}{(x-2)^4}$;

19. а) $\int_{-\infty}^3 \frac{dx}{x^2-2x+5}$; б) $\int_{-1}^2 \frac{dx}{(x+1)^3}$;

20. а) $\int_1^{\infty} x \cdot e^{-2x^2} dx$; б) $\int_1^e \frac{dx}{x\sqrt{\ln x}}$;

21. а) $\int_{e}^{\infty} \frac{dx}{x\ln^3 x}$; б) $\int_{2}^{4} \frac{dx}{x^2-2x-8}$;

22. а) $\int_{2}^{\infty} \frac{2xdx}{\sqrt{(x^2+5)^3}}$; б) $\int_{4}^{5} \frac{xdx}{x^2-16}$;

23. а) $\int_{e}^{\infty} \frac{dx}{x\sqrt{\ln x}}$; б) $\int_{0}^{4} \frac{dx}{\sqrt{16-x^2}}$;

24. а) $\int_{1}^{\infty} \frac{arctg^3 x}{1+x^2}dx$; б) $\int_{2}^{3} \frac{dx}{\sqrt[3]{(3-x)^4}}$;

25. а) $\int_{4}^{\infty} \frac{xdx}{\sqrt{x^2+9}}$; б) $\int_{4}^{5} \frac{dx}{x^2-6x+5}$;

26. а) $\int_{4}^{\infty} \frac{x^2dx}{\sqrt{x^3+4}}$; б) $\int_{-2}^{0} \frac{dx}{(x+2)^2}$;

27. а) $\int_{1}^{\infty} \frac{\ln^3 xdx}{x}$; б) $\int_{4}^{5} \frac{dx}{\sqrt[6]{5-x}}$;

28. а) $\int_{2}^{\infty} \frac{xdx}{(x^2-1)^2}$; б) $\int_{0}^{5} \frac{dx}{\sqrt{25-x^2}}$;

29. а) $\int_{-\infty}^{0} \frac{dx}{x^2+9}$; б) $\int_{-3}^{0} \frac{x^2dx}{\sqrt{x^3+27}}$;

30. а) $\int_0^{\infty} \frac{dx}{\sqrt{5x+9}}$; б) $\int_1^{e} \frac{dx}{x\ln x}$.

3. 3. Площадь

Вычислить площади фигур, ограниченных линиями.

1. а) $y = x^2 - 4x, \quad y = -x + 10;$
   б) $y = 3^x, \quad y = 1 - x, \quad y = 0;$
   в) $y = \log_2 x, \quad y = x, \quad y = 0, \quad y = 1;$
   г) $\rho = \sqrt{3}, \quad \rho = 2\cos\varphi.$

2. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = -3x - 1;$
   б) $y = 2^{-x}, \quad y = x + 1, \quad y = 0;$
   в) $y = \log_{\frac{1}{2}} x, \quad y = 2x, \quad y = -2$ (правая фигура);
   г) $\rho = 2, \quad \rho = 4\sin\varphi$ (верхняя фигура).

3. а) $y = x^2 + 2x, \quad y = x + 6;$
   б) $y = \frac{1}{x^2}, \quad y = x^2, \quad y = 0;$
   в) $y = \log_3 x, \quad y = -3x, \quad y = 1;$
   г) $\rho = 1 + \cos\varphi, \quad \rho = 1$ (правая фигура).

4. а) $y = -x^2 + 4, \quad y = x - 2;$
   б) $y = \frac{1}{x^3}, \quad y = x^2, \quad y = 0;$
   в) $y = \log_{\frac{1}{3}} x, \quad y = -x, \quad y = 2, \quad y = 0;$
   г) $\rho = 4\cos\varphi, \quad \rho = 4\sin\varphi.$

5. а) $y = x^2 + 4, \quad y = 5x + 12;$

   б) $y = \sqrt[3]{x}, \quad y = \dfrac{1}{x^4}, \quad y = 0;$

   в) $y = \log_4 x, \quad y = \dfrac{1}{2}, \quad y = 0, \quad y = 2;$

   г) $\rho = 4\cos\varphi, \quad \rho = \dfrac{1}{\cos\varphi}$ (правая фигура).

6. а) $y = x^2 + 1, \quad y = -x - 11;$

   б) $y = \dfrac{1}{x^3}, \quad y = x, \quad y = 0, \quad (x \geq 0);$

   в) $y = \log_{\frac{1}{3}} x, \quad y = 3x, \quad y = 0;$

   г) $\rho = 6\sin\varphi, \quad \rho = \dfrac{1}{\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

7. а) $y = x^2 - 2x, \quad y = -x + 6;$

   б) $y = \dfrac{1}{1 + x^2}, \quad y = x + 1, \quad y = 0$ (правая фигура);

   в) $y = \log_5 x, \quad y = -5x, \quad y = 0;$

   г) $\rho = 2(1 - \cos\varphi), \quad \rho = 3$ (левая фигура).

8. а) $y = -x^2 + 4, \quad y = -x - 2;$

   б) $y = e^x, \quad y = 1 - x, \quad y = 0;$

   в) $y = \log_{\frac{1}{4}} x, \quad y = -2x, \quad y = 0, \quad y = 2;$

   г) $\rho = 4(1 + \sin\varphi), \quad \rho = 4$ (верхняя фигура).

9. а) $y = x^2 + 4x, \quad y = x + 10;$

   б) $y = e^{-x}, \quad y = x + 1, \quad y = 0;$

   в) $y = \log_6 x, \quad y = 3x, \quad y = 0, \quad y = 2;$

   г) $\rho = 2(1 - \sin\varphi), \quad \rho = 2$ (нижняя фигура).

10. а) $y=-x^2+9, \quad y=3x-1;$

б) $y=\dfrac{1}{x^5}, \quad y=x, \quad y=0, \quad (x\le 0);$

в) $y=\log_{\frac{1}{5}} x, \quad y=5x, \quad y=-1;$

г) $\rho=1+\cos\varphi, \quad \rho=\dfrac{3}{4\cos\varphi}$ (правая фигура).

11. а) $y=x^2-2x, \quad y=-3x+12;$

б) $y=4^{x-1}, \quad y=x, \quad y=0;$

в) $y=\log_7 x, \quad y=-7x, \quad y=1;$

г) $\rho=1, \quad \rho=4\cos\varphi$ (правая фигура).

12. а) $y=-x^2+25, \quad y=-x+13;$

б) $y=5^{-x+1}, \quad y=1-x, \quad y=0;$

в) $y=\log_{\frac{1}{7}} x, \quad y=-2x, \quad y=-1, \quad y=1;$

г) $\rho=2, \quad \rho=2\sqrt{2}\sin\varphi$ (верхняя фигура).

13. а) $y=x^2-8x, \quad y=x;$

б) $y=\dfrac{16}{x^2}, \quad y=x^2, \quad y=0, \quad (x\ge 0);$

в) $y=\log_6 x, \quad y=3x, \quad y=-1 \quad y=2;$

г) $\rho=1+\cos\varphi, \quad \rho=\dfrac{3}{2}$ (правая фигура).

14. а) $y=-x^2+4, \quad y=-5;$

б) $y=\dfrac{32}{x^3}, \quad y=x^2, \quad y=0;$

в) $y=\log_{\frac{1}{6}} x, \quad y=6x, \quad y=-2;$

г) $\rho=\sqrt{3}\cos\varphi, \quad \rho=\sin\varphi.$

15. а) $y = x^2 + 2x, \quad y = 2x + 16;$

б) $y = \sqrt{x-2}, \quad y = \dfrac{81}{x^4}, \quad y = 0;$

в) $y = \log_8 x, \quad y = -8x, \quad y = 2;$

г) $\rho = \cos\varphi, \quad \rho = \dfrac{3}{\cos\varphi}$ (правая фигура).

16. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = -7;$

б) $y = \dfrac{1}{(x-3)^3}, \quad y = x - 3, \quad y = 0, \quad (x \geq 3);$

в) $y = \log_{\frac{1}{9}} x, \quad y = -2x, \quad y = 3, \quad y = 0;$

г) $\rho = 4\sin\varphi, \quad \rho = \dfrac{3}{\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

17. а) $y = x^2 - 6x, \quad y = -6x + 4;$

б) $y = \dfrac{1}{1+x^2}, \quad y = -x + 1, \quad y = 0$ (левая фигура);

в) $y = \lg x, \quad y = \dfrac{1}{3}x, \quad y = -1, \quad y = 0;$

г) $\rho = 1 - \cos\varphi, \quad \rho = 1$ (левая фигура).

18. а) $y = -x^2 + 1, \quad y = -3;$

б) $y = 2e^x, \quad y = 2 - x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_{0,1} x, \quad y = 10x, \quad y = -4;$

г) $\rho = 4(1 + \sin\varphi), \quad \rho = 4$ (верхняя фигура).

19. а) $y = x^2 + 6x, \quad y = 6x - 25;$

б) $y = 3e^{-x}, \quad y = x + 3, \quad y = 0;$

в) $y = \lg x, \quad y = -2x, \quad y = 3;$

г) $\rho = 2(1 - \sin\varphi), \quad \rho = 1$ (нижняя фигура).

20. а) $y=-x^2+4, \quad y=-2x+1;$

б) $y=\dfrac{1}{(x-5)^5}, \quad y=x-1, \quad (x\le 1);$

в) $y=\log_{0,1} x, \quad y=-x, \quad y=1, \quad y=2;$

г) $\rho=1-\cos\varphi, \quad \rho=-\dfrac{3}{4\sin\varphi}.$

21. а) $y=x^2-4x, \quad y=-2x+5;$

б) $y=3^{x-2}, \quad y=3-x, \quad y=0;$

в) $y=\log_2 x, \quad y=3x, \quad y=1, \; y=3;$

г) $\rho=\sqrt{2}, \quad \rho=2\cos\varphi$ (правая фигура).

22. а) $y=-x^2+16, \quad y=-9;$

б) $y=3\cdot 2^{-x}, \quad y=3-x, \quad y=0;$

в) $y=\log_{\frac{1}{3}} x, \quad y=3x, \quad y=-3;$

г) $\rho=2\sqrt{2}, \quad \rho=4\sin\varphi$ (верхняя фигура).

23. а) $y=x^2+4x, \quad y=2x+3;$

б) $y=\dfrac{1}{(x+2)^2}, \quad y=(x+2)^2, \quad y=0, \quad (x\ge -2);$

в) $y=\log_3 x, \quad y=-3x, \quad y=4;$

г) $\rho=3(1+\cos\varphi), \quad \rho=3$ (правая фигура).

24. а) $y=-x^2+4, \quad y=2x+1;$

б) $y=\dfrac{1}{(x+1)^3}, \quad y=(x+1)^2, \quad y=0;$

в) $y=\log_{\frac{1}{4}} x, \quad y=-4x, \quad y=-2, \quad y=2;$

г) $\rho=\cos\varphi, \quad \rho=\sqrt{3}\sin\varphi.$

25. а) $y = x^2 - 4x, \quad y = -x + 4;$

б) $y = 2\sqrt{x}, \quad y = \frac{2}{x^4}, \quad y = 0;$

в) $y = \log_4 x, \quad y = 2x, \quad y = -2, \quad y = 1;$

г) $\rho = 2\cos\varphi, \quad \rho = \frac{1}{\cos\varphi}$ (правая фигура).

26. а) $y = -x^2 + 1, \quad y = -3x - 3;$

б) $y = \frac{5}{x^3}, \quad y = 5x, \quad y = 0, \quad (x \le 0);$

в) $y = \log_{\frac{1}{5}} x, \quad y = 5x, \quad y = -4;$

г) $\rho = 3(1 - \cos\varphi), \quad \rho = 3$ (левая фигура).

27. а) $y = x^2 - 2x, \quad y = -5x + 4;$

б) $y = \frac{3}{1 + x^2}, \quad y = 3 + x, \quad y = 0$ (правая фигура);

в) $y = \log_6 x, \quad y = -6x, \quad y = 1;$

г) $\rho = 4\sin\varphi, \quad \rho = \frac{2}{\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

28. а) $y = -x^2 + 9, \quad y = 3x + 5;$

б) $y = e^{x-3}, \quad y = 4 - x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_{\frac{1}{5}} x, \quad y = -2x, \quad y = -2, \quad y = 2;$

г) $\rho = 3(1 + \cos\varphi), \quad \rho = 3$ (верхняя фигура).

29. а) $y = x^2 - 4x, \quad y = -2x + 8;$

б) $y = e^{-x+2}, \quad y = \frac{1}{2}x, \quad y = 0;$

в) $y = \log_5 x, \quad y = 4x, \quad y = -2, \quad y = 1;$

г) $\rho = 3(1 - \sin\varphi), \quad \rho = 3$ (нижняя фигура).

30. а) $y=-x^2+9, \quad y=2x+1;$

б) $y=\dfrac{4}{x^5}, \quad y=4x, \quad y=0, \quad (x\le 0);$

в) $y=\log_{\frac{1}{6}} x, \quad y=6x, \quad y=-2;$

г) $\rho=1+\sin\varphi, \quad \rho=\dfrac{3}{4\sin\varphi}$ (верхняя фигура).

4. 4. Объем тела вращения

Найти объемы тел вращения фигур, ограниченных заданными линиями,

а) вокруг оси Ox

б) вокруг оси Oy

1. $\dfrac{x^2}{9}-\dfrac{y^2}{4}=1; \quad y=\pm 2$

2. $\dfrac{x^2}{16}-\dfrac{y^2}{9}=1; \quad x=8$

3. $\dfrac{x^2}{9}+\dfrac{y^2}{16}=1; \quad y=2$

4. $\dfrac{x^2}{4}+\dfrac{y^2}{9}=1; \quad x=1$

5. $y^2=2x; \quad x=2$

6. $y^2=-3x; \quad x=-3$

7. $y=x^2+1; \quad y=2$

8. $y=x^2-8; \quad y=-4$

9. $y=\sin x,\ y=2-\dfrac{2}{\pi}x,\ y=0$

10. $y=\cos x,\ y=1,\ x=-\dfrac{\pi}{2}$

11. $\dfrac{x^2}{25}-\dfrac{y^2}{9}=1; \quad y=\pm 3$

12. $\dfrac{x^2}{9}-\dfrac{y^2}{4}=1; \quad x=6$

13 $y^2=5x,\ x=5$

14 $y^2=-4x,\ x=-4$

15. $\dfrac{x^2}{16}+\dfrac{y^2}{4}=1; \quad y=1$

16. $\dfrac{x^2}{36}+\dfrac{y^2}{9}=1; \quad x=3$

17. $y=x^2+4; \quad y=8$

18. $y=x^2-2; \quad y=-1$

19. $y = \sin x,\ y = 0,\ x = \dfrac{\pi}{2}$

20. $y = \cos x,\ y = 1,\ x = \dfrac{\pi}{2}$

21. $\dfrac{x^2}{4} - y^2 = 1;\quad y = \pm 1$

22. $x^2 - \dfrac{y^2}{9} = 1;\quad x = 2$

23. $\dfrac{x^2}{25} + \dfrac{y^2}{16} = 1;\quad y = 2$

24. $\dfrac{x^2}{16} + y^2 = 1;\quad x = 2$

25. $y^2 = 7x;\quad x = 7$

26. $y^2 = 6x;\quad x = -6$

27. $y = x^2 + 9;\quad y = 18$

28. $y = x^2 - 18;\quad y = -9$

29. $y = \sin x,\ y = 1,\ y = 0,\ x = 2$

30. $y = \cos x,\ y = 1,\ y = 0, x = 2$

4. 5. Длина дуги плоской кривой

1. *а)* $y = \sqrt{4 - x^2}$
$-1 \le x \le 1;$

б) $\begin{cases} x = t - \sin t \\ y = 1 - \cos t \end{cases}$
$0 \le t \le 2\pi.$

2. *а)* $y = \ln \sin x$
$\dfrac{\pi}{6} \le x \le \dfrac{\pi}{2};$

б) $\begin{cases} x = 2\cos^3 t \\ y = 2\sin^3 t \end{cases}$
$0 \le t \le \pi/2.$

3. *а)* $y = \dfrac{2}{3}(x+1)^{\frac{3}{2}}$
$0 \le x \le 3;$

б) $\begin{cases} x = 4\sin t + 3\cos t \\ y = 3\sin t - 4\cos t \end{cases}$
$0 \le t \le \pi.$

4. *а)* $y = e^{\frac{x}{2}} + e^{-\frac{x}{2}}$
$0 \le x \le 4;$

б) $\begin{cases} x = \cos t + t\sin t \\ y = \sin t - t\cos t \end{cases}$
$0 \le t \le 2\pi.$

5. *а)* $y = \ln\cos x$

$0 \le x \le \frac{\pi}{3}$

б) $\begin{cases} x = \left(t^2 - 2\right)\sin t + 2t\cos t \\ y = \left(2 - t^2\right)\cos t + 2t\sin t \end{cases}$

$0 \le t \le \pi.$

6. *а)* $y = 4 - 3\ln(x^2 - 9)$

$4 \le x \le 6;$

б) $\begin{cases} x = 2\cos t - \cos 2t \\ y = 2\sin t - \sin 2t \end{cases}$

$0 \le t \le \frac{\pi}{2}.$

7. *а)* $y = \sqrt{9 - x^2}$

$-\frac{3}{2} \le x \le \frac{3}{2};$

б) $\begin{cases} x = 2t^3 + 1 \\ y = \frac{t^3}{3} - 2 \end{cases}$

$0 \le t \le 3.$

8. *а)* $y = \ln(2\sin x)$

$\frac{\pi}{4} \le x \le \frac{\pi}{2};$

б) $\begin{cases} x = \frac{t^3}{3} + 1 \\ y = \frac{2}{9}t^{\frac{9}{2}} - 3 \end{cases}$

$0 \le t \le 2.$

9. *а)* $y = \frac{4}{3}(x+2)^{\frac{3}{2}}$

$-1 \le x \le 2;$

б) $\begin{cases} x = 3(t - \sin t) \\ y = 3(1 - \cos t) \end{cases}$

$0 \le t \le \pi.$

10. *а)* $y = \frac{3}{2}\left(e^{\frac{x}{3}} + e^{-\frac{x}{3}}\right)$

$0 \le x \le 3$

б) $\begin{cases} x = 4\cos^3 t \\ y = 4\sin^3 t \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \pi.$

11. *а)* $y = \ln(5\cos x)$

$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{3};$

б) $\begin{cases} x = 8\sin t + 6\cos t \\ y = 6\sin t - 8\cos t \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \pi.$

12. *а)* $y = 3 + \ln(x^2 - 1)$

$2 \le x \le 3;$

б) $\begin{cases} x = 2(\cos t + t\sin t) \\ y = 2(\sin t - t\cos t) \end{cases}$

$\pi \le t \le 2\pi.$

13. *а)* $y = \sqrt{16 - x^2}$

$-2 \le x \le 2;$

б) $\begin{cases} x = (t^2 - 2)\sin t + 2t\cos t \\ y = (2 - t^2)\cos t + 2t\sin t \end{cases}$

$\pi \le t \le 2\pi.$

14. *а)* $y = \ln(3\sin x)$

$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{3};$

б) $\begin{cases} x = 3\cos t - \cos 3t \\ y = 3\sin t - \sin 3t \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \pi.$

15. *а)* $y = 2(x+3)^{\frac{3}{2}}$

$-2 \le x \le 1;$

б) $\begin{cases} x = \frac{t^3}{3} - 1 \\ y = 2t^2 + 3 \end{cases}$

$0 \le t \le 3.$

16. *а)* $y = 2\left(e^{\frac{x}{4}} + e^{-\frac{x}{4}}\right)$

$0 \le x \le 4;$

б) $\begin{cases} x = 3(\cos t + t\sin t) \\ y = 3(\sin t - t\cos t) \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

17. *а)* $y = \ln(4\cos x)$

$0 \le x \le \frac{\pi}{6};$

б) $\begin{cases} x = 5\cos^3 t \\ y = 5\sin^3 t \end{cases}$

$\pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

18. *а)* $y = 5 - 3\ln(x^2 - 9)$

$4 \le x \le 5;$

б) $\begin{cases} x = 8\sin t - 6\cos t \\ y = 6\sin t + 8\cos t \end{cases}$

$\pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

19. *а)* $y = \sqrt{25 - x^2}$

$-\frac{5}{2} \le x \le \frac{5}{2};$

б) $\begin{cases} x = 4(t - \sin t) \\ y = 4(1 - \cos t) \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

20. *а)* $y = \ln(4\sin x)$

$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{4};$

б) $\begin{cases} x = (t^2 - 2)\sin t + 2t\cos t \\ y = (2 - t^2)\cos t + 2t\sin t \end{cases}$

$\frac{\pi}{2} \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

21. *а)* $y = \frac{2}{3}(x+4)^{\frac{3}{2}}$

$-3 \le x \le 0;$

б) $\begin{cases} x = 4\cos t - \cos 4t \\ y = 4\sin t - \sin 4t \end{cases}$

$\pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

22. *а)* $y = \frac{1}{4}\left(e^{2x} + e^{-2x}\right)$

$0 \le x \le 1;$

б) $\begin{cases} x = \frac{3}{2}t^2 - 2 \\ y = \frac{t^3}{3} + 5 \end{cases}$

$0 \le t \le 4.$

23. *а)* $y = \ln(3\cos x)$

$0 \le x \le \frac{\pi}{4};$

б) $\begin{cases} x = 6(t - \sin t) \\ y = 6(1 - \cos t) \end{cases}$

$\pi \le t \le \frac{3\pi}{2}.$

24. *а)* $y = 3 + 2\ln(x^2 - 4)$

$3 \le x \le 5;$

б) $\begin{cases} x = 3\cos^3 t \\ y = 3\sin^3 t \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

25. *а)* $y = \sqrt{36 - x^2}$

$-3 \le x \le 3;$

б) $\begin{cases} x = 4\sin t - 3\cos t \\ y = 3\sin t + 4\cos t \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

26. *а)* $y = \ln(5\sin x)$

$\frac{\pi}{4} \le x \le \frac{\pi}{2};$

б) $\begin{cases} x = 4(\cos t + t\sin t) \\ y = 4(\sin t - t\cos t) \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

27. *а)* $y = \frac{4}{3}(x-1)^{\frac{3}{2}}$

$1 \le x \le 2;$

б) $\begin{cases} x = (t^2 - 2)\sin t + 2t\cos t \\ y = (2 - t^2)\cos t + 2t\sin t \end{cases}$

$\frac{3\pi}{2} \le t \le 2\pi.$

28. *а)* $y = \frac{1}{2}\left(e^{x} + e^{-x}\right)$

$0 \le x \le 2;$

б) $\begin{cases} x = 5\cos t - \cos 5t \\ y = 5\sin t - \sin 5t \end{cases}$

$0 \le t \le \frac{\pi}{2}.$

29. *а)* $y = \ln(2\cos x)$

$\frac{\pi}{6} \le x \le \frac{\pi}{4};$

б) $\begin{cases} x = \frac{t^3}{3} + 2 \\ y = \frac{3}{2}t^2 + 7 \end{cases}$

$0 \le t \le 4.$

30. *а)* $y = 1 - \ln(x^2 - 1)$

$3 \le x \le 4;$

б) $\begin{cases} x = \frac{2}{9}t^{\frac{9}{2}} + 3 \\ y = \frac{t^3}{3} - 2 \end{cases}$

$0 \le t \le 2.$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнниях и задачах. Часть 1. – М.: ООО “Изд-во Оникс”, 2008. – 368 с.

Письменный Д. Т. Конспект лекций по математике. Часть 1. – М.: Изд.-во Айрис-пресс, 2012. – 281 с.

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Т. И. Королюк

ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Учебное пособие
**по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей:
очного и заочного обучения**

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ.....3
ВВЕДЕНИЕ.....4
1. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ПОНЯТИЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....5
2. ВЫДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И МНИМОЙ ЧАСТЕЙ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....6
3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....7
4. ПРЕДЕЛ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....12
5. НЕПРЕРЫВНОСТЬ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....14
6. НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....15
6.1. Показательная функция e^z 15
6.2. Тригонометрические функции $\sin z$, $\cos z$ 16
6.3. Логарифмическая функция $Ln\, z$ 16
6.4. Общая степенная функция z^γ 17
7. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....19
7.1. Определение производной.....19
7.2. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости функции комплексной переменной (условия Коши-Римана).....19
7.3. Правила дифференцирования.....22
7.4. Аналитические функции.....22
7.5. Геометрический смысл производной функции комплексной переменной.....23
8. ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.....25
8.1. Интеграл от функции комплексной переменной.....25
8.2. Вычисление интеграла от функции комплексной переменной.....27
8.3. Основная теорема Коши.....29
8.4. Теорема Коши для многосвязной области.....31
8.5. Вычисление интеграла от аналитической функции.....32
8.6. Особые точки – полюсы.....34
8.7. Определение вычета.....34
8.8. Формулы для вычисления вычетов.....35
8.9. Теорема Коши о вычетах.....36
9. ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСОБСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ.....40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....43

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей. В пособии приведены теоретические сведения по теме « Функции комплексной переменной» в объеме курса лекций по этому разделу дисциплины «Математика». Теоретический материал сопровождается решением задач с подробными объяснениями, а также даны варианты заданий, которые могут быть использованы как для самостоятельной работы студентов в аудитории в присутствии преподавателя, так и в качестве домашних и аудиторных контрольных работ.

Целью работы является активация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению одного из разделов курса математики.

1. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА И ПОНЯТИЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Число вида $z = x + iy$, где x и y – действительные числа, а i – так называемая мнимая единица $(i^2 = -1)$, называется комплексным числом. Действительные числа x и y называются соответственно действительной и мнимой частями комплексного числа z и обозначаются: $x = \mathrm{Re}\, z,\ y = Jmz,$ где Re – начальные буквы латинского слова *realis* – действительный, *Jm* – начальные буквы слова *imaginarius* – мнимый.

Два комплексных числа считаются равными, если равны одновременно их действительные и мнимые части.

Геометрически комплексное число $z = x + iy$ изображается либо точкой плоскости xOy с координатами (x, y), либо вектором, направленным из начала координат в эту точку. Если комплексное число z – действительное, т. е. $z = x$, то соответствующая ему точка лежит на оси Ox, поэтому ось абсцисс называется действительной осью. Чисто мнимые числа $z = iy$ изображаются точками оси Oy, поэтому ось ординат называется мнимой осью.

Если $z = x + iy$, то сопряженное с ним есть $\bar{z} = x - iy$.

Комплексная величина $z = x + iy$, где x и y – действительные переменные, называется комплексной переменной. Плоскость, на которой изображаются комплексные числа или комплексная переменная z, называется комплексной плоскостью C.

Введем понятие функции комплексной переменной.

Пусть дано некоторое множество D комплексных чисел. Если каждому значению переменной $z \in D$ ставится в соответствие вполне определенное значение переменной w, то переменная w называется функцией комплексной переменной z, в записи: $w = f(z)$. Если каждому значению $z \in D$ соответствует несколько значений w, то функция называется многозначной.

Множество D, состоящее из всех значений независимой переменной z, называется областью определения функции $w = f(z)$, а о функции говорят, что она определена или задана на множестве D. Геометрически область определения функции изображается некоторым множеством точек на комплексной плоскости z.

Примеры

1. Функция $w = z^2$ определена на всей плоскости z, функция однозначная.
2. Функция $w = \sqrt{z}$ определена на всей плоскости и двузначна.
3. Функция $w = \dfrac{1}{z-3}$ определена при всех значениях z, кроме $z = 3$, поэтому область ее определения есть вся комплексная плоскость z, из которой удалена точка $z = 3$. Функция однозначная.

2. ВЫДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И МНИМОЙ ЧАСТЕЙ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть дана функция $w = f(z)$. Обозначим $z = x + iy$, $w = u + iv$. Тогда $w = f(z)$ перепишется в виде $u + iv = f(x + iy)$.

Отсюда видно, что действительная и мнимая части u, v переменной w являются функциями действительной и мнимой частей x, y переменной z:
$u = u(x, y), \quad v = v(x, y)$.

Итак, задание функции комплексной переменной $w = f(z)$ равносильно заданию двух действительных функций от двух действительных переменных.

Примеры

1. Для функции $w = z^2$, при $z = x + iy$, $w = u + iv$ имеем $w = u + iv = (x + iy)^2$ или $u + iv = x^2 - y^2 + i2xy$, откуда $u = x^2 - y^2, \quad v = 2xy$.

2. $w = \dfrac{1}{z}, \; z \neq 0$.

$$z = x + iy, \; w = u + iv, \text{ тогда } u + iv = \frac{1}{x + iy}$$

или $u + iv = \dfrac{x - iy}{x^2 + y^2}$, откуда $u = \dfrac{x}{x^2 + y^2}$, $v = -\dfrac{y}{x^2 + y^2}$.

3. $w = Jmz$

$$u + iv = y, \text{ откуда } \quad u = y, \quad v = 0.$$

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Геометрическую интерпретацию функции одной действительной переменной $y = f(x)$ можно получить с помощью ее графика в плоскости Oxy, строя для каждой пары соответствующих друг другу значений x и y точку с координатами (x, y).

В случае же комплексных переменных, поступая аналогично, нужно было бы строить точку для каждой пары соответствующих друг другу комплексных чисел $z = x + iy$ и $w = u + iv$. Такая точка (z, w) должна определяться четырьмя действительными координатами (x, y, u, v). В трехмерном пространстве построить такую точку нельзя. Поэтому поступим так.

Возьмем две плоскости: на одной – плоскости аргумента (плоскость Oxy, плоскость (z)) – будем изображать комплексные числа $z = x + iy$, $z \in D$, D – область определения функции $w = f(z)$, а на другой – плоскости функции (пл. 0, uv, плоскость (w)) – соответствующие им комплексные числа w (рис. 1). Получим, что задание функции $w = f(z)$ позволяет каждой точке $z \in D$ плоскости аргумента поставить в соответствие точку $w \in D_1$ плоскости функции,

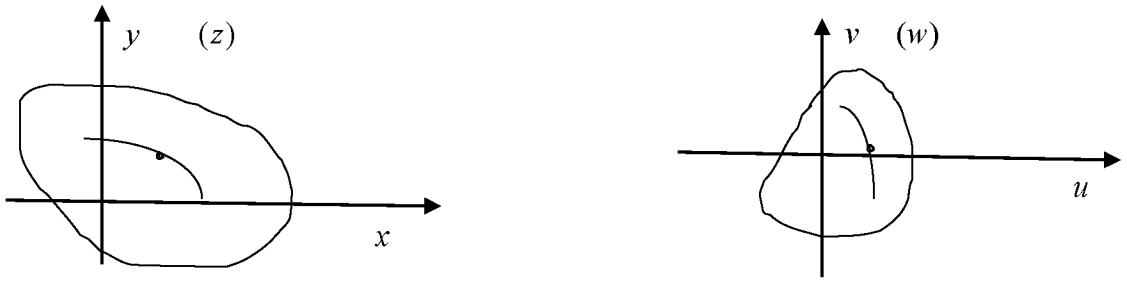


Рис. 1. Геометрическое изображение функции комплексной переменной

т. е. отображает множество D на множество D_1.

Иногда удобно плоскости Oxy и O_1uv совместить (ось O_1u с осью Ox, ось O_1v с осью Oy). Тогда значения незави симой переменной z и функции w изображаются точками одной и той же плоскости.

Пусть $w = f(z)$ – функция комплексной переменной. Если точка $z = x + iy$ описывает какую-либо кривую L в плоскости Oxy, все точки кривой принадлежат множеству D, то соответствующая точка $w = u + iv$ описывает в плоскости O_1uv, как правило, тоже некоторую линию L_1 (рис. 1). Можно сказать, что при отображении $w = f(z)$ кривая L переходит в кривую L_1.

Но не всякая функция комплексной переменной отображает кривую в кривую, а область в область. Так функция $w = \operatorname{Re} z$ отображает всю плоскость z в действительную ось плоскости w.

Для «хороших» функций (например, аналитических, которые мы рассмотрим позже), как правило, образ кривой – кривая, образ области – область.

Поставим вопрос: как, зная кривую L, найти кривую L_1. Если кривая L задана уравнением в комплексной форме $z = g(t)$, то, заменив в равенстве $w = f(z)$ переменную z функцией $g(t)$, мы получим уравнение $w = f(g(t))$ кривой L_1 в комплексной форме. Однако чаще кривая L задается уравнением в прямоугольных координатах $\varphi(x, y) = 0$.

Для кривой L_1 обозначим текущие координаты через u и v, поскольку эта кривая описывается точкой $w = u + iv$. Уравнение кривой L_1 мы должны получить в форме $\Psi(u, v) = 0$. Возьмем на кривой L_1 некоторую точку $w = u + iv$. Она соответствует некоторой точке $z = x + iy$ кривой L. Так как z и w связаны соотношением $w = f(z)$, то $u = u(x, y)$, $v = v(x, y)$. Решая эту систему уравнений относительно x и y, получим $x = x(u, v)$, $y = y(u, v)$. Подставляя эти выражения для x и y в уравнение $\varphi(x, y) = 0$, получим уравнение $\varphi(x(u, v), y(u, v)) = 0$. Это уравнение и будет уравнением $\psi(u, v) = 0$ кривой L_1.

Если плоскости Oxy и O_1uv совмещены, то кривые L и L_1 расположены на одной плоскости. Линия L_1 называется образом линии L.

Иногда удобно выразить из уравнения $w = f(z)$ сначала z без w, а затем x и y через u и v.

Пример 1

Кривая L задана на плоскости Oxy уравнением $x^2 + y^2 = 4$. Найти ее образ при отображении $w = 2iz - 1$.

Решение

Положим $z = x + iy$, $w = u + iv$. Тогда равенство $w = 2iz - 1$ перепишется в виде $u + iv = 2i(x + iy) - 1$, откуда $u = -2y - 1$, $v = 2x$. Выражаем x и y через u и v: $x = \frac{v}{2}$, $y = -\frac{u+1}{2}$. Подставляем найденные выражения для x и y в уравнение $x^2 + y^2 = 4$ кривой L: $\left(\frac{v}{2}\right)^2 + \frac{(u+1)^2}{4} = 4$. После упрощения получаем уравнение кривой L_1 в виде $(u+1)^2 + v^2 = 16$.

Итак, кривая L – окружность с центром в начале координат радиуса 2 – преобразуется с помощью заданной функции $w = 2\,i\,z - 1$ в кривую L_1 – окружность с центром $(-1;\,0)$ радиуса 4.

Пример 2

При отображении $w = \dfrac{1}{z}$ найти образ прямой линии $y = x + 1$.

Решение

Из уравнения $w = \dfrac{1}{z}$ находим $z = \dfrac{1}{w}$. Подставим $z = x + iy$,

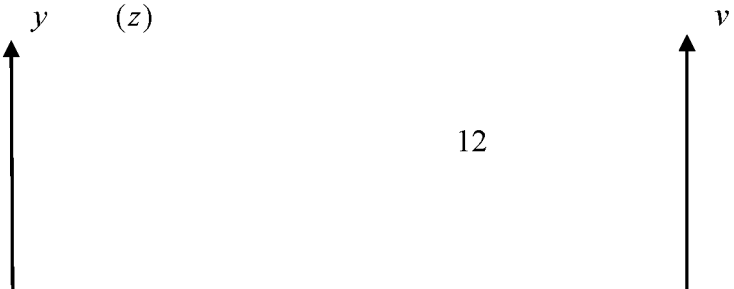
$w = u + iv : x + iy = \dfrac{1}{u + iv}$, $x + iy = \dfrac{u - iv}{u^2 + v^2}$, откуда $x = \dfrac{u}{u^2 + v^2}$, $y = -\dfrac{v}{u^2 + v^2}$.

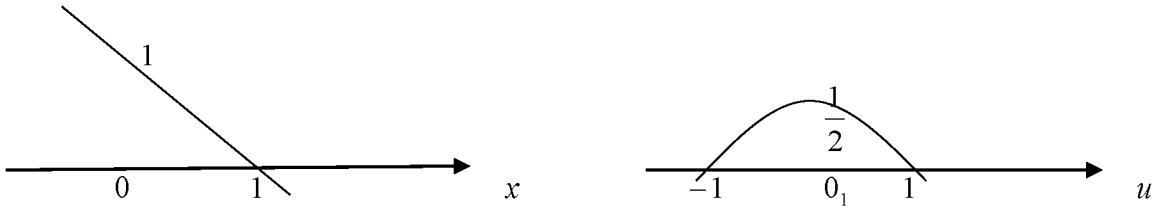
Найденные выражения для x и y подставим в уравнение линии L $y = x + 1$: $-\dfrac{v}{u^2 + v^2} = \dfrac{u}{u^2 + v^2} + 1$, после преобразования имеем $u^2 + v^2 + u + v = 0$ или $\left(u + \dfrac{1}{2}\right)^2 + \left(v + \dfrac{1}{2}\right)^2 = \dfrac{1}{2}$. Это уравнение в плоскости $O_1 u v$ определяет линию L_1 - окружность с центром $\left(-\dfrac{1}{2}; -\dfrac{1}{2}\right)$ радиуса $\dfrac{1}{\sqrt{2}}$.

Пример 3

Пусть $w = z^2$. Найти образ прямой $x + y = 1$.

Выделяя действительную и мнимую части функции $w = z^2$, получим $u = x^2 - y^2$, $v = 2xy$. Далее из трех уравнений $u = x^2 - y^2$, $v = 2xy$, $x + y = 1$ исключаем x и y: $u = (x - y)(x + y)$ или $u = (x - y)$, так как $x + y = 1$, тогда $u^2 + 2v = x^2 - 2xy + y^2 + 4xy = (x + y)^2 = 1$. Получили уравнение образа $u^2 + 2v = 1$ – это уравнение параболы в плоскости $O_1 u v$, вершина которой – точка $\left(0; \dfrac{1}{2}\right)$.





Пример 4

Построить на комплексной плоскости множество точек z, удовлетворяющих условиям:

а) $|z-3+2i|=1$; б) $-1<\operatorname{Re} z<1$; в) $Jmz=-2$; г) $|z-1|+|z+1|<3$;

д) $1<|z+2i|<2$; е) $\frac{\pi}{4}<\arg z<\pi$; ж) $|z|<1$; $-\frac{\pi}{4}<\arg z<\frac{\pi}{4}$.

Решение

а) $|z-3+2i|=|z-(3-2i)|$ есть расстояние от точки z до точки $3-2i$.

Значит, уравнению *а*) удовлетворяют все точки z, лежащие на окружности радиуса 1 с центром $(3;-2)$.

б) Полагая $z=x+iy$, имеем $\operatorname{Re} z=\operatorname{Re}(x+iy)=x$.

Значит, условие *б*) можно записать так: $-1<x<1$. Очевидно, этому условию удовлетворяют точки z, лежащие в полосе между прямыми $x=-1$ и $x=1$, параллельными оси Oy.

в) Полагая $z=x+iy$, имеем $Jmz=Jm(x+iy)=y$.

Значит, условие *в*) можно записать так: $y=-2$. Этому условию удовлетворяют точки прямой $y=-2$, параллельной оси Oy.

г) Равенство $|z-1|+|z+1|<3$ выражает, что сумма расстояний от точки z до точек $+1$ и -1 равна 3. Множество таких точек есть эллипс с фокусами в точках $+1$ и -1 $(c=1)$ и с большой осью $2a=3$. Значит, неравенству *г*) удовлетворяют точки, лежащие внутри этого эллипса с полуосями $a=\frac{3}{2}$, $b=\frac{\sqrt{5}}{2}$.

д) Неравенству *д*) удовлетворяют все точки кольца, ограниченного концентрическими окружностями радиусов 1 и 2 с центром в точке $(0,-2)$.

е) Неравенство *е*) определяет множество точек z, лежащих внутри угла, вершина которого находится в начале координат, а сторонами являются лучи, наклоненные к положительному направлению оси Ox под углами $\frac{\pi}{4}$ и π.

ж) Система неравенств *ж*) определяет сектор, ограниченный окружностью с центром в начале координат радиуса 1 и радиусами, образующими с осью Ox углы $-\frac{\pi}{4}$ и $\frac{\pi}{4}$.

Для проверки усвоения пройденного материала на практических занятиях студентам можно предложить выполнить самостоятельные работы.

Самостоятельная работа № 1

Вариант 1

1) Найти модули и аргументы комплексных чисел:

$$z_1 = -2; \quad z_2 = 1 - i; \quad z_3 = -1 - \sqrt{3}\, i; \quad z_4 = 5.$$

2) Построить на комплексной плоскости (z) кривые, заданные уравнениями:

а) $|z| = 3$; б) $|z + 1 - 2i| = 2$; в) $Jmz = 4$; г) $\arg z = \frac{\pi}{6}$.

Вариант 2

1) Найти модули и аргументы комплексных чисел:

$z_1 = -2i$; $z_2 = -\sqrt{3} + i$; $z_3 = -2 - 2i$; $z_4 = -4$.

2) Построить на комплексной плоскости (z) кривые, заданные уравнениями:

а) $|z - 3 + 2i| = 1$; б) $|z| = 2$; в) $\mathrm{Re}\, z = 4$; г) $\arg z = \frac{2\pi}{3}$.

Самостоятельная работа № 2

Вариант 1

1) Найти образ линии $x^2 + y^2 = 1$ при отображении $w = \frac{1}{z}$.

2) Построить на комплексной плоскости (z) множества точек z, удовлетворяющих неравенствам:

а) $2 < |z + 2i| < 4$; б) $\mathrm{Re}\, z < -1$; в) $\frac{\pi}{2} < \arg z < \frac{3\pi}{4}$; г) $|z + 1| < 1$ и $Jmz < 0$.

Вариант 2

1) Найти образ линии $y = x^2$ при отображении $w = i\,z + 1$.

2) Построить на комплексной плоскости (z) множества точек z, удовлетворяющих неравенствам:

а) $-1 < Jmz < 2$; б) $|z + 3 + i| > 1$; в) $\arg z > \frac{\pi}{3}$; г) $|z + 1| < 1$ и $\mathrm{Re}\, z < -1$.

4. ПРЕДЕЛ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть $w = f(z)$ – однозначная функция, определенная для любого $z \in D$ за исключением, может быть, точки z_0.

Говорят, что функция $f(z)$ стремится к пределу $A\,(A \neq \infty)$, когда $z \to z_0$ (конечному), и пишут $\lim_{z \to z_0} f(z) = A$, если для любого сколь угодно малого положительного числа ξ можно найти положительное число $\delta = \delta(\xi)$ такое, что для всех z, отличных от z_0 и удовлетворяющих неравенству $|z - z_0| < \delta$, выполняется неравенство $|f(z) - A| < \xi$. Геометрически это означает, что как только z попадет в δ – окрестность точки z_0, то $w = f(z)$ попадет в ξ - окрестность точки A.

Полагая $A = B + iC$, $f(z) = u(x, y) + i\,v(x, y)$, $z_0 = x_0 + i\,y_0$, докажем теорему, устанавливающую связь между пределом функции и пределами ее действительной и мнимой частей.

Теорема

Если существует $\lim_{z \to z_0} f(z) = A = B + iC$, то существуют

$\lim_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} u(x, y) = B$ и $\lim_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} v(x, y) = C$.

Доказательство

$$f(z) - A = u(x, y) - B + i\,(v(x, y) - C).$$

Тогда $|f(z) - A| = \sqrt{(u(x, y) - B)^2 + (v(x, y) - C)^2} < \xi$

при $|z - z_0| = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} < \delta$ по определению предела.

Отсюда следует, что $|u(x, y) - B| < \xi$ и $|v(x, y) - C| < \xi$

при $|x - x_0| < \delta$ и $|y - y_0| < \delta$.

А это означает, что $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} u(x, y) = B$ и $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} v(x, y) = C$.

Справедливо и обратное утверждение.

Из доказанной теоремы следует: если $f(z) \to A$, то $|f(z)| \to |A|$, $\arg f(z) \to \arg A$ при условии $A \neq 0, \infty$.

Действительно,

$$|f(z)| = \sqrt{u^2 + v^2} \to \sqrt{B^2 + C^2} = |A|;\ \arg f(z) = arc\,tg\frac{v}{u} \to arc\,tg\frac{C}{B} = \arg A.$$

Поэтому основные теоремы о пределах функций действительных переменных распространяются без изменения на пределы функций комплексной переменной.

Например, если функции $f(z)$ и $g(z)$ определены в некоторой области D и для них $\lim\limits_{z \to z_0} f(z) = A_1;\ \lim\limits_{z \to z_0} q(z) = A_2$, то $\lim\limits_{z \to z_0} (f(z) \pm q(z)) = A_1 \pm A_2;$ $\lim\limits_{z \to z_0} f(z)\,q(z) = A_1 A_2;\ \lim\limits_{z \to z_0} \dfrac{f(z)}{q(z)} = \dfrac{A_1}{A_2}$, если $A_2 \neq 0.$

Говорят, что $\lim\limits_{z \to z_0} f(z) = A,\ A \neq \infty$, если для любого $\xi > 0$ существует $N(\xi)$ такое, что при $|z| > N(\xi)$ выполняется неравенство $|f(z) - A| < \xi$.

Говорят, что $\lim\limits_{z \to z_0} f(z) = \infty$, если для любого $N > 0$ можно указать такую окрестность точки z_0, что если $z \in D$ и $z \neq z_0$ принадлежит этой окрестности, то $|f(z)| > N$.

Часто применяется понятие о пределе функции по кривой. Говорят, что $f(z) \to A$ при $z \to z_0$ по кривой L, если выполнение условия $|f(z) - A| < \xi$ при $|z - z_0| < \delta$ рассматривается только для точек z, лежащих на кривой L.

Очевидно, если $f(z) \to A$ при $z \to z_0$, то $f(z) \to A$ и по любой кривой. Если же по двум кривым функция имеет разные пределы или по какой-нибудь кривой предела вовсе нет, то $\lim_{z \to z_0} f(z)$ не существует.

5. НЕПРЕРЫВНОСТЬ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Пусть функция $w = f(z)$ определена в точке z_0 и в некоторой ее окрестности.

Функция $f(z)$ называется непрерывной в точке z_0, если $\lim_{z \to z_0} f(z) = f(z_0)$.

Как и в анализе функций действительных переменных, назовем $z - z_0 = \Delta z$ приращением аргумента, а $f(z) - f(z_0) = \Delta w$ – приращением функции. Тогда функция $f(z)$ будет непрерывной в точке z_0, если $\lim_{\Delta z \to 0} \Delta w = 0$. Условие непрерывности функции $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ в точке $z_0 = x_0 + iy_0$ эквивалентно двум следующим: $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} u(x, y) = u(x_0, y_0)$ и $\lim\limits_{\substack{x \to x_0 \\ y \to y_0}} v(x, y) = v(x_0, y_0)$, выражающим непрерывность двух действительных функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$ в той же точке (x_0, y_0). Справедливо и обратное утверждение. Отсюда следует, что теоремы о непрерывности суммы, произведения и частного непрерывных функций действительных переменных будут справедливы и для непрерывных функций комплексной переменной.

Если функция $f(z)$ непрерывна в каждой точке множества D, то она называется непрерывной на этом множестве.

Точками разрыва функции $f(z)$ называются точки, в которых нарушается непрерывность функции.

Функция $w = \dfrac{z}{z - i}$ непрерывна на всей комплексной плоскости, кроме точки $z = i$, а функция $w = \dfrac{2z + 1}{|z - 2| - 3}$ непрерывна на всей комплексной плоскости, кроме точек окружности $|z - 2| = 3$.

6. НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

6.1. Показательная функция e^z

Показательная функция e^z, где $z = x + iy$, определяется так:

$$e^z = e^{x+iy} = e^x\,(\cos y + i \sin y).$$

Функция $e^z \neq 0$ на всей комплексной плоскости. Для e^z сохраняются правила действий с показателями:

$$(e^z)^m = e^{nz}; \quad e^{z1+z2} = e^{z_1} e^{z_2}.$$

Показательная функция e^z имеет основной период $2\pi i$, т. е. любой другой ее период равен $2\pi k i$, где k – целое число.

Действительно, $e^{z+2\pi i} = e^z e^{2\pi i} = e^z(\cos 2\pi + i \sin 2\pi) = e^z$.

Пример

Вычислить значение $e^{-1+\frac{\pi}{4}i}$, записать его модуль, действительную и мнимую части.

Решение

$$e^{-1+\frac{\pi}{4}i} = e^{-1}\left(\cos\frac{\pi}{4} + i \sin\frac{\pi}{4}\right) = \frac{1}{e}\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + i\,\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2e}(1+i), \quad \operatorname{Re}\left(e^{-1+\frac{\pi}{4}i}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2e};$$

$$Jm\left(e^{-1+\frac{\pi}{4}i}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2e}, \quad \left|e^{-1} e^{\frac{\pi}{4}i}\right| e^{-1} = \frac{1}{e}.$$

6.2. Тригогометрические функции $\sin z$, $\cos z$

Тригонометрические функции $z = \sin z$, $z = \cos z$ определяются так:

$$\sin z = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i}, \quad \cos z = \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2}, \quad z \in C.$$

$\sin z$ и $\cos z$ сохраняют многие свойства тригонометрических функций действительной переменной.

Например, $\sin^2 z + \cos^2 z = 1$, $\sin(z_1 + z_2) = \sin z_1 \cos z_2 + \sin z_2 \cos z_1$, $\cos(z_1 + z_2) = \cos z_1 \cos z_2 - \sin z_1 \sin z_2$.

Так как показательная функция e^z имеет основной период $2\pi i$, то показательная функция e^{iz} имеет основной период 2π, тогда $\sin z$ и $\cos z$ тоже имеют основной период 2π.

Пример

Вычислить $\cos(2 + 3i)$.

Решение

$\cos z = \dfrac{e^{iz} + e^{-iz}}{2}$. Подставляя $z = 2 + 3i$, получим

$$\cos(2+3i) = \frac{e^{i(2+3i)} + e^{-i(2+3i)}}{2} = \frac{e^{2i-3} + e^{2i+3}}{2} = \frac{1}{2}(e^{-3}(\cos 2 + i \sin 2) + e^{3}(\cos 2 - i \sin 2)) =$$

$$= \frac{1}{2}(e^{3} + e^{-3}) \cos 2 - i \frac{1}{2}(e^{3} - e^{-3}) \sin 2 = ch\,3 \cdot \cos 2 - i\, sh3 \cdot \sin 2.$$

6.3. Логарифмическая функция $Ln\, z$

Если $e^w = z$, где $z \neq 0$, $z \neq \infty$, то число w называется логарифмом комплексного числа z (по основанию e) и обозначается $w = Ln\, z$.

Чтобы получить формулу для вычисления логарифма комплексного числа в равенстве $e^w = z$, положим $w = u + iv$, а $z = r(\cos\varphi + i \sin\varphi)$, тогда $e^{u+iv} = r(\cos\varphi + i \sin\varphi)$ или $e^u = r(\cos v + i \sin v) = r(\cos v + i \sin v) = r(\cos\varphi + i \sin\varphi)$. По определению, два комплексных числа равны тогда и только тогда, когда равны их модули, а аргументы отличаются на число, кратное 2π. Следовательно, $e^u = r$, а $v = \varphi + 2\pi k$, где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$, откуда $u = \ln r = \ln|z|$.

Итак,

$$Ln\, z = w = u + iv = \ln r + i(\varphi + 2\pi k).$$

Окончательно

$$Ln\, z = \ln|z| + i \arg z + 2\pi k i, \qquad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

Значение логарифма при $k = 0$ называется главным, его обозначают $\ln z$, оно равно $\ln z = \ln|z| + i \arg z$.

Из изложенного следует, что логарифмы можно находить не только для положительных чисел, но и для произвольных комплексных чисел. При этом обнаружилось, что логарифмическая функция не однозначная, а многозначная, то

есть каждое комплексное число имеет бесконечное множество логарифмов. В частности, имеют логарифмы и отрицательные числа, но при этом все значения логарифма комплексные.

Если $z = x-$ действительное положительное число, то $|z| = x$, а $\arg z = 0$. Поэтому главное значение логарифма действительного положительного числа совпадает со значением $\ln z$, приводимым обычно в таблицах натуральных логарифмов. Но, кроме этих действительных значений, логарифмы положительных чисел имеют еще и бесконечное множество комплексных значений.

Все значения логарифма комплексного числа имеют одну и ту же действительную часть $\ln|z|$, поэтому геометрически значения логарифма изображаются на плоскости (w) точками вертикальной прямой $u = \ln|z|$.

Пример

Найти $Ln(-1+i)$ и $\ln(-1+i)$.

Решение

$|-1+i| = \sqrt{2}$, $\arg(-1+i) = \dfrac{3\pi}{4}$.

Поэтому $Ln(-1+i) = \ln\sqrt{2} + i\dfrac{3\pi}{4} + 2\pi ki, k = 0,\pm1,\pm2,...$; $\ln(-1+i) = \ln\sqrt{2} + \dfrac{3\pi}{4}i$.

6.4. Общая степенная функция z^γ

Если $w = z^\gamma$, где z – произвольное, отличное от 0 и ∞ комплексное число, а γ – любое комплексное число, то полагают по определению

$$w = z^\gamma = e^{\gamma Lnz}.$$

Пусть $z = re^{i\varphi}, \gamma = a + bi$ тогда

$$w = z^\gamma = e^{\gamma Lnz} = e^{(a+bi)(\ln r + i\varphi + 2\pi ki)} = e^{a\ln r - b\varphi - 2\pi kb} \cdot e^{i(b\ln r + a\varphi + 2\pi ka)}, k = 0, \pm1, \pm2,...$$

Так как логарифм комплексного числа имеет бесконечное множество значений, то и выражение z^γ имеет бесконечное множество значений, но в частных случаях они могут все совпадать (если γ – целое число) или среди них может быть только конечное число различных значений (если γ – дробное число).

Пример

Вычислить: а) 2^{3+5i}; б) i^i.

Решение

а)

$$2^{3+5i} = e^{(3+5i)Ln2} = e^{(3+5i)(\ln 2+2\pi ki)} = e^{(3\ln 2-10\pi k)+i(5\ln 2+6\pi k)}$$
$$= e^{3\ln 2-10\pi k} \cdot e^{i5\ln 2} == e^{3\ln 2-10\pi k}(\cos(5\ln 2)+i\sin(5\ln 2)); k = 0,\pm 1,\pm 2,...$$

б) $i^i = e^{iLni} = e^{i(\ln 1+i\frac{\pi}{2}+2\pi ki)} = e^{-(\frac{\pi}{2}+2\pi k)}, k = 0,\pm 1,\pm 2,...$

Видно, что все полученные значения i^i – действительные числа.

Например, при $k = 0$ имеем $i^i = e^{-\frac{\pi}{2}} \approx 0{,}2079$.

Самостоятельная работа № 3

Вариант 1

1) Выделить действительную и мнимую части функции $w = ie^{\pi - i}$.
2) Вычислить:

а) $\sin(4-i)$; б) $Ln(-\sqrt{3}-i)$; в) $(1-i)^{2+i}$.

Вариант 2

1) Выделить действительную и мнимую части функции $w = \sin z$.
2) Вычислить:

а) $\cos(2+5i)$; б) $\ln(-\sqrt{3}-i)$; в) $(1+i)^{3-i}$.

7. ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

7.1. Определение производной

Пусть $w = f(z)$ есть однозначная функция, определенная в области D плоскости комплексной переменной (z).

1. $z \in D, z + \Delta z \in D, w = f(z), w + \Delta w = f(z + \Delta z)$.

2. $\Delta w = f(z + \Delta z) - f(z)$ есть приращение функции $f(z)$ при переходе от точки z к точке $z + \Delta z$.

3. $\frac{\Delta w}{\Delta z} = \frac{f(z + \Delta z) - f(z)}{\Delta z}$.

4. Если существует конечный предел отношения $\frac{\Delta w}{\Delta z}$ при произвольном стремлении $\Delta z \to 0$, то этот предел называется *производной функции* $f(z)$ в точке z и обозначается $w' = f'(z) = \lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$, а функция $f(z)$ называется *дифференцируемой в точке* z.

Из дифференцируемости $f(z)$ в точке z следует ее непрерывность в этой точке: $\frac{\Delta w}{\Delta z} = f'(z) + \alpha$, где $\alpha \to 0$ при $\Delta z \to 0$.

Тогда $\Delta w = f'(z)\Delta z + \alpha \Delta z$, откуда $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \Delta w = 0$, что означает непрерывность $f(z)$ в точке z.

Из непрерывности $f(z)$ в точке z дифференцируемость $f(z)$ не следует.

Если функция $f(z)$ имеет производную в каждой точке области D, то она называется *дифференцируемой в этой области.*

7.2. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости функции комплексной переменной (условия Коши-Римана)

Пусть $w = f(z)$ – однозначная функция, определенная в области D плоскости комплексной переменной (z). Точки $z = x + iy$ и $z + \Delta z = (x + \Delta x) + i(y + \Delta y)$ принадлежат области D.

Тогда

$$\Delta z = \Delta x + i\Delta y; \Delta w = f(z + \Delta z) - f(z) =$$

$$= (u(x + \Delta x, y + \Delta y) + iv(x + \Delta x, y + \Delta y)) - (u(x, y) + iv(x, y)) = \Delta u + i\Delta v,$$

где $\Delta u = u(x + \Delta x, y + \Delta y) - u(x, y)$ и $\Delta v = v(x + \Delta x, y + \Delta y) - v(x, y)$ есть полные приращения функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$.

Теорема

Для того, чтобы однозначная функция $w = f(z) = u(x,y) + iv(x,y)$ была дифференцируема в точке $z = x + iy$, необходимо и достаточно, чтобы в точке (x,y) существовали частные производные функций $u(x,y)$ и $v(x,y)$, причем эти производные удовлетворяли условиям:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Эти условия называют условиями Коши - Римана.

Так как эти условия значительно раньше были найдены Даламбером и Эйлером, то их называют также условиями Даламбера - Эйлера.

Доказательство

Необходимость

Функция $w = f(z)$ дифференцируема в точке z, поэтому существует конечный предел $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim\limits_{\substack{\Delta x \to 0 \\ \Delta y \to 0}} \frac{\Delta u + i\Delta v}{\Delta x + i\Delta y} = f'(z)$, предел не зависит от того, как точка $z + \Delta z \to z$.

Предположим, что точка $z + \Delta z$ приближается к точке z, например, по прямой, параллельной оси $0x$, тогда $\Delta y = 0, \Delta z = \Delta x$ и

$$f'(z) = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta u + i\Delta v}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \left(\frac{\Delta u}{\Delta x} + i\frac{\Delta v}{\Delta x}\right) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} + i \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Если точка $z + \Delta z \to z$ по прямой, параллельной оси $0y$, то $\Delta x = 0, \Delta z = i\Delta y$, поэтому

$$f'(z) = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim_{\Delta y \to 0} \frac{\Delta u + i\Delta v}{i\Delta y} = \lim_{\Delta y \to 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta y} - i\frac{\Delta u}{\Delta y}\right) = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y}.$$

Так как $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$ не зависит от способа стремления $\Delta z \to 0$, то, приравнивая полученные выражения для $f'(z)$, находим $f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y}$ откуда по определению равенства двух комплексных чисел получаем условия Коши-Римана: $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$.

Необходимость доказана.

Достаточность

Так как функции $u(x,y)$ и $v(x,y)$ дифференцируемы в точке (x,y), то их полные приращения в этой точке можно представить в виде

$$\Delta u = \frac{\partial u}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial u}{\partial y}\Delta y + \alpha_1; \Delta v = \frac{\partial v}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial v}{\partial y}\Delta y + \alpha_2,$$

где α_1 и $\alpha_2 \to 0$ при $|\Delta z| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \to 0$, причем $\frac{\alpha_1}{\Delta z} \to 0$ и $\frac{\alpha_2}{\Delta z} \to 0$.

Тогда при условии, что частные производные функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$ в точке (x, y) удовлетворяют условиям Коши-Римана, приращение функции $w = f(z)$ запишется в виде

$$\Delta w = f(z + \Delta z) - f(z) = \Delta u + i\Delta v =$$

$$= \frac{\partial u}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial u}{\partial y}\Delta y + \alpha_1 + i(\frac{\partial v}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial v}{\partial y}\Delta y + \alpha_2) =$$

$$= (\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x})\Delta x + i\Delta y(\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}) + \alpha = (\frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x})\Delta z + \alpha = A\Delta z + \alpha,$$

где $A = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x}$ - некоторое постоянное комплексное число, не зависящее от Δz, а $\alpha = \alpha_1 + i\alpha_2$ – бесконечно малая более высокого порядка, чем $|\Delta z|$, т. е. $\to 0$ при $|\Delta z| \to 0$.

Найдем $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{A\Delta z + \alpha}{\Delta z} = \lim\limits_{\Delta z \to 0} (A + \frac{\alpha}{\Delta z}) = A$.

Следовательно, $\lim\limits_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$ существует, конечен и не зависит от способа стремления $\Delta z \to 0$, а значит, существует производная функции $w = f(z)$ в точке $z = x + iy$.

Если функция $w = f(z)$ в некоторой точке удовлетворяет условиям Коши-Римана, то производная в этой точке может быть вычислена по одной из формул:

$$f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} - i\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial x} - i\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial y} + i\frac{\partial v}{\partial x}.$$

7.3. Правила дифференцирования

Из определения производной, правил алгебраических действий и теорем о пределах функций комплексной переменной следует, что основные правила дифференцирования функций действительного аргумента остаются справедливыми и для функций комплексной переменной.

7.4. Аналитические функции

Определение 1

Если однозначная функция $w = f(z)$ дифференцируема в области D, то она называется аналитической в этой области.

Определение 2

Однозначная функция $w = f(z)$ называется аналитической в точке z, если она дифференцируема как в самой точке z, так и в некоторой ее окрестности.

Пример

Является ли аналитической а) $w = e^z$; б) $w = (\bar{z})^2$?

Решение

а) $w = u + iv, z = x + iy$

$w = e^z = e^x(\cos y + i \sin y)$, тогда $u = e^x \cos y, v = e^x \sin y$

Найдем частные производные этих функций

$$\frac{\partial u}{\partial x} = e^x \cos y; \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -e^x \sin y; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = e^x \sin y; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = e^x \cos y..$$

Условия Коши-Римана $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}; \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$ выполняются в любой (x, y), следовательно, функция $w = e^z$ дифференцируема на всей комплексной плоскости (z), а значит и аналитическая на всей комплексной плоскости.

б) $w = u + iv, z = x + iy; u + iv = (x - iy)^2; u + iv = x^2 - 2xyi - y^2;$

тогда $u = x^2 - y^2; v = -2xy; \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 2x; \frac{\partial u}{\partial y} = -2y; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = -2y; \quad \frac{\partial v}{\partial y} = -2x.$

Условия Коши-Римана выполняются только в точке $z = 0$, так как равенства $2x = -2x$ и $-2y = 2y$ имеют место лишь при $x = y = 0$.

Следовательно, функция $w = (\bar{z})^2$ дифференцируема лишь в точке $z = 0$. Но, так как в окрестности точки $z = 0$ заданная функция не дифференцируема, она не будет аналитической в точке $z = 0$.

7.5. Геометрический смысл производной функции комплексной переменной

Пусть функция $w = f(z)$, аналитическая в области D плоскости (z), отображает эту область в область G плоскости (W). Пусть, далее, точка $z_0 \in D$, а соответствующая ей при отображении точка $w_0 \in G$ и $f'(z_0) \neq 0$. Тогда величина $k = |f'(z_0)| = \lim\limits_{z \to z_0} \frac{|w - w_0|}{|z - z_0|}$ есть коэффициент искажения или масштаб в точке z_0 при отображении $w = f(z)$.

Если $k>1$, то дуги при отображении растягиваются, если $k<1$, то дуги сжимаются, если $k=1$, то масштаб при отображении не меняется. Так как производная в точке z_0 не зависит от того, по какой кривой $z \to z_0$, то все бесконечно малые дуги, проходящие через точку z_0, при отображении будут подвергаться одинаковому искажению.

$\arg f'(z_0) = \lim\limits_{z \to z_0} (\arg(w - w_0) - \arg(z - z_0))$ - это угол, на который нужно повернуть касательную к некоторой линии L в точке z_0 для того, чтобы получить направление касательной к преобразованной кривой L_1 в точке $w_0 = f(z_0)$.

При отображении с помощью аналитической функции углы между кривыми сохраняются не только по величине, но и по направлению, во всех точках, где $f'(z_0) \neq 0$.

Определение

Всякое отображение, обладающее в некоторой точке свойством постоянства углов и свойством постоянства растяжений, называется конформным в этой точке.

Отображение с помощью аналитической функции $w = f(z)$ в точке z_0, для которой $f'(z_0) \neq 0$, является конформным отображением.

Самостоятельная работа № 4

Вариант 1

1) Найти область дифференцируемости функции $w = z^2 + (3-i)z + i$ и ее производную.
2) Вычислить:

   а) $\cos(1-3i)$; б) $Ln(\sqrt{3}+i)$; в) $(2i)^{5+i}$.

Вариант 2

1) Найти область дифференцируемости функции $w = \cos z$ и её производную.
2) Вычислить:

   а) $(i-\sqrt{3})^{2i+1}$; б) $\ln(-3-\sqrt{3}i)$; в) $\sin(i-2)$

Самостоятельная работа № 5

Вариант 1

1) Сформулируйте достаточные условия дифференцируемости функции $f(z)$.
2) Дифференцируема ли функция $w = \overline{z}$?
3) Вычислить:

   а) $\ln(-4-4i)$; б) 5^{4-3i}; в) $\sin 3i$.

Вариант 2

1) Какая функция называется аналитической в точке и в области?
2) Установить, дифференцируема ли функция $w = e^{\overline{z}}$.
3) Вычислить:

   а) 2^{1+5i}; б) $Ln(-5i)$; в) $\cos(4+i)$.

Самостоятельная работа № 6

Вариант 1

1) Найти область аналитичности функции $w = e^{2z} + iz$.
2) Найти образ линии $x^2 + y^2 = 4$ при отображении $w = iz + 2$.

Вариант 2

1) Найти образ линии $x^2 + (y-1)^2 = 1$ при отображении $w = \overline{\frac{2}{z}}$.
2) Проверить условия Коши-Римана для функции $w = e^{z^2}$.

8. ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

8.1. Интеграл от функции комплексной переменной

Пусть в некоторой области D плоскости комплексной переменной (z) задана однозначная и непрерывная функция $w = f(z) = u(x,y) + iv(x,y)$, и пусть γ – произвольная гладкая или кусочно-гладкая кривая, целиком лежащая в области D.

Выберем на дуге γ направление обхода от точки a к точке b.

1) Разобьем дугу γ произвольно на n частичных дуг точками $z_0 = a, z_1, z_2, \ldots, z_{n-1}, z_n = b;$; обозначим $z_k - z_{k-1} = \Delta z_k = \Delta x_k + i\,\Delta y_k$.

2) Выберем на каждом участке (z_{k-1}, z_k) дуги γ по точке $\varsigma_k = \xi_k + i\eta_k$.

3) Образуем сумму

$$\sigma_n = \sum_{k=1}^{n} f(\varsigma_k)\Delta z_k = \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\eta_k) + iv(\xi_k,\eta_k)) \cdot (\Delta x_k + i\Delta y_k) = \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\eta_k)\Delta x_k - v(\xi_k,\eta_k)\Delta y_k) +$$

$$+ i\sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\eta_k)\Delta y_k + v(\xi_k,\eta_k)\Delta x_k),$$

которую назовем интегральной суммой функции $f(z)$.

Предел интегральной суммы σ_n, вычисленный при стремлении к нулю длины наибольшей из частичных дуг (при $n \to \infty$), не зависящий ни от способа разбиения дуги γ на частичные дуги (z_{k-1}, z_k), ни от выбора точек ς_k, называется интегралом от функции $f(z)$ по дуге γ и обозначается

$$\int_{\gamma} f(z)dz = \lim_{\max|\Delta z_k| \to 0} \sum_{k=1}^{n} f(\varsigma_k)\Delta z_k .$$

При указанных выше требованиях к функции $f(z)$ и контуру γ этот предел всегда существует.

Действительно,

$$\int_{\gamma} f(z)dz = \lim_{n\to\infty} \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\ \eta_k)\Delta x_k - v(\xi_k,\eta_k)\Delta y_k) + i \lim_{n\to\infty} \sum_{k=1}^{n} (u(\xi_k,\eta_k)\Delta y_k + v(\xi_k,\eta_k)\Delta x_k).$$

По условию $f(z)$ непрерывна в области D, значит, в этой области непрерывны и функции $u(x,y)$ и $v(x,y)$, а γ – гладкая или кусочно-гладкая кривая. Поэтому пределы сумм, стоящих в правой части последнего равенства, существуют и являются криволинейными интегралами по координатам от функций действительных переменных.

Таким образом,

$$\int_\gamma f(z)dz = \int_\gamma u(x,y)dx - v(x,y)dy + i\int_\gamma v(x,y)dx + u(x,y)dy .$$

Эта формула дает выражение интеграла от функции комплексной переменной через два криволинейных интеграла от действительных функций. Отсюда же следует, что основные свойства криволинейных интегралов по координатам распространяются и на интегралы от функций комплексной переменной.

Некоторые из этих свойств есть:

1) $\int\limits_{AB} f(z)dz = -\int\limits_{BA} f(z)dz$;

2) $\int\limits_\gamma af(z)dz = a\int\limits_\gamma f(z)dz$;

3) $\int\limits_\gamma (f_1(z) \pm f_2(z))dz = \int\limits_\gamma f_1(z)dz + \int\limits_\gamma f_2(z)dz$;

4) $\int\limits_{\gamma_1+\gamma_2} f(z)dz = \int\limits_{\gamma_1} f(z)dz + \int\limits_{\gamma_2} f(z)dz$.

8.2. Вычисление интеграла от функции комплексной переменной

1. Пусть дуга γ задана параметрическими уравнениями: $\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}$, $\alpha \le t \le \beta$.

Тогда криволинейные интегралы сводим к определенным и получим

$$\int_\gamma f(z)\,dz = \int_\alpha^\beta u\,(x\,(t),\,y\,(t))\,x'(t)\,dt - v\,(x\,(t),\,y\,(t))\,y'(t)\,dt +$$

$$+ i\int_\alpha^\beta v\,(x\,(t),\,y\,(t))\,x'(t)\,dt + u\,(x\,(t),\,y\,(t))\,y'(t)\,dt =$$

$$= \int_\alpha^\beta (u\,(x\,(t),\,y\,(t)) + iv\,(x\,(t),\,y\,(t)))\,x'(t)\,dt +$$

$$+ \int_\alpha^\beta (u\,(x\,(t),\,y\,(t)) + iv\,(x\,(t),\,y\,(t)))\,iy'(t)\,dt = \int_\alpha^\beta (u\,(x\,(t),\,y\,(t)) + iv\,(x\,(t),$$

$$y\,(t)))\,(x'(t) + iy'(t))\,dt = \int_\alpha^\beta f\,(z\,(t))\,z'(t)\,dt = \int_\alpha^\beta f\,(z\,(t))\,dz\,(t),$$

то есть $\int\limits_{\gamma} f(z)\,dz = \int\limits_{\alpha}^{\beta} f\,(z\,(t))\,dz\,(t)$, где $z\,(t) = x\,(t) + iy\,(t)$.

2. Если дуга γ задана уравнением $y = g\,(x)$, где $a \le x \le b$, то, принимая за параметр x и записывая $z = x + ig(x)$, задачу сводим к случаю 1.

3. Если дуга γ задана уравнением $x = \varphi\,(y)$, где $x = \varphi\,(y)$, где $c \le y \le d$, то за параметр принимаем y и записываем $z = \varphi\,(y) + iy$. Задачу сводим к случаю 1.

Пример 1

Вычислить $\int\limits_{\gamma} (\bar{z})^2\,dz$ по отрезку, соединяющему точки $z = 0$ и $z = 1 + i$.

Решение

На прямой, соединяющей точки $z = 0$ и $z = 1 + i$, контур γ задается уравнением $z = x + ix = x\,(1 + i)$, где $0 \le x \le 1$. Тогда $\bar{z} = x\,(1 - i),\ dz = (1 + i)\,dx$ и

$$\int\limits_{\gamma} (\bar{z})^2\,dz = \int\limits_{0}^{1} x^2\,(1 - i)^2\,(1 + i)\,dx = 2\,(1 - i)\int\limits_{0}^{1} x^2\,dx = 2\,(1 - i)\,\frac{x^3}{3}\Bigg|_0^1 = \frac{2}{3}\,(1 - i)..$$

Пример 2

По ломаной γ с вершинами в точках $O\,(0,\,0),\ A\,(1,\,1),\ B\,(2,\,1)$ вычислить интегралы:

а) $\int\limits_{\gamma} z^2 dz$; б) $\int\limits_{\gamma} \mathrm{Re}\,z dz$; в) $\int\limits_{\gamma} Jmz dz$; г) $\int\limits_{\gamma} |z| dz$.

Решение

а) Уравнение стороны $OA : y = x$, тогда $z = x + ix$ или $z = x\,(1 + i)$, где $0 \le x \le 1$, $dz = (1 + i)\,dx$, а

$$\int\limits_{OA} z^2 dz = \int\limits_{0}^{1} x^2 (1 + i)^2 (1 + i) dx = (1 + i)^3 \int\limits_{0}^{1} x^2 dx = (1 + i)^3\,\frac{x^3}{3}\Bigg|_0^1 = \frac{1}{3}(1 + 3i - 3 - i) = \frac{1}{3}(2i - 2) = -\frac{2}{3} + \frac{2}{3}i\,.$$

Уравнение стороны $AB : y = 1$, тогда $z = x + i,\quad dz = dx,\ \ 1 \le x \le 2$, а

$$\int_{AB} z^2 dz = \int_1^2 (x+i)^2 dx = \frac{(x+i)^3}{3}\Big|_1^2 = \frac{1}{3}((2+i)^3 - (1+i)^3) =$$

$$= \frac{1}{3}(2+i-1-i)((2+i)^2 + (2+i)(1+i) + (1+i)^2) = \frac{1}{3}(4+9i) = \frac{4}{3} + \frac{9}{3}i = \frac{4}{3} + 3i.$$

Окончательно, интеграл по всей ломаной равен

$$\int_\gamma z^2 dz = \int_{OA} z^2 dz + \int_{AB} z^2 dz = -\frac{2}{3} + \frac{2}{3}i + \frac{4}{3} + 3i = \frac{2}{3} + \frac{11}{3}i.$$

б) $\operatorname{Re} z dz$. Для стороны $OA: z = x(1+i)$, $0 \le x \le 1$, $dz = (1+i)\,dx$. Тогда

$$\int_{OA} \operatorname{Re} z\, dz = \int_0^1 x(1+i)\,dx = (1+i)\frac{x^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i.$$

Для стороны

$$AB: \ z = x+i, \quad 1 \le x \le 2, \quad dz = dx, \text{ а } \int_{AB} \operatorname{Re} z\, dz = \int_1^2 x\,dx = \frac{x^2}{2}\Big|_1^0 = 2 - \frac{1}{2} = \frac{3}{2}.$$

Тогда

$$\int_\gamma \operatorname{Re} z dz = \int_{OA} \operatorname{Re} z dz + \int_{AB} \operatorname{Re} z dz = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i + \frac{3}{2} = 2 + \frac{1}{2}i.$$

в) $J\,m\,z\,dz$.

$$\int_\gamma Jmzdz = \int_{OA} Jmzdz + \int_{AB} Jmzdz = \int_0^1 x(1+i)\,dx + \int_1^2 dx = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i + 1 = \frac{3}{2} + \frac{1}{2}i.$$

г) $|z| = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Для стороны $OA: y = x$, $z = x(1+i)$, $dz = (1+i)dx$, $0 \le x \le 1$

$$\int_{OA} |z|\,dz = \int_0^1 x\sqrt{2}\,(1+i)\,dx = \sqrt{2}\,(1+i)\frac{x^2}{2}\Big|_0^1 = \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}i.$$

Для стороны $AB: y = 1$, $z = x+i, dz = dx$, $1 \le x \le 2$,

$$\int\limits_{AB} |\, z \,|\, dz = \int\limits_{1}^{2} \sqrt{x^2+1}\, dx = \frac{1}{2} x\sqrt{x^2+1}\,\Big|_1^2 + \frac{1}{2}\ln(x+\sqrt{x^2+1})\,\Big|_1^2 =$$

$$= \sqrt{5} - \frac{1}{2}\sqrt{2} + \frac{1}{2}\ln(2+\sqrt{5}) - \frac{1}{2}\ln(1+\sqrt{2}).$$

Тогда

$$\int\limits_{\gamma} |\, z \,|\, dz = \int\limits_{OA} |\, z \,|\, dz + \int\limits_{AB} |\, z \,|\, dz = \sqrt{5} + \frac{1}{2}\ln(2+\sqrt{5}) - \frac{1}{2}\ln(1+\sqrt{2}) + \frac{\sqrt{2}}{2} i \approx 2{,}518 + 0{,}707i.$$

8.3. Основная теорема Коши

Теорема

Если $f(z)$ есть аналитическая функция односвязной области $\overline{D}$, то интеграл от $f(z)$ по любому замкнутому кусочно-гладкому контуру, целиком лежащему в области $\overline{D}$, равен нулю, т. е.

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = 0.$$

Доказательство

Известно, что $\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = \oint\limits_{\gamma} u(x,y)\, dx - v(x,y)\, dy + i \oint\limits_{\gamma} v(x,y)\, dx + u(x,y)\, dy.$

Из аналитичности $f(z)$ в области D следует, что частные производные функций $u(x,y)$ и $v(x,y)$ существуют, удовлетворяют условиям Коши-Римана, $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$; $\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$, а из предположения о непрерывности $f'(z)$ в области D следует непрерывность частных производных. Поэтому, применяя к криволинейным интегралам формулу Грина, получим

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = \iint\limits_{D_1} \left(-\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right) dx\, dy + i \iint\limits_{D_1} \left(\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y}\right) dx\, dy.$$

Из условий Коши-Римана подынтегральное выражение в каждом двойном интеграле равно нулю, поэтому

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\, dz = 0..$$

Теорема доказана.

Следствие

Если функция $f(z)$ аналитична в односвязной области $\overline{D}$, то $\int\limits_{AB} f(z)\,dz$ не зависит от пути, соединяющего точки A и B, если дуга AB целиком лежит внутри области $\overline{D}$.

Пример 1

Вычислить по ломаной OAB (см. пример 2 раздела 8) и по отрезку OB интегралы:

а) $\int\limits_{\gamma} z^2 dz$; б) $\int\limits_{\gamma} \operatorname{Re} z dz$;

Решение

а) $\int\limits_{OAB} z^2 dz = \frac{2}{3} + \frac{11}{3} i$ (см. пример 2 раздела 8)

$$\int\limits_{OB} z^2 dz = \int\limits_0^2 x^2 (1+\frac{i}{2})^2 (1+\frac{i}{2}) dx = (1+\frac{i}{2})^3 \int\limits_0^2 x^2 dx =$$

$$= (1+\frac{i}{2})^3 \left.\frac{x^3}{3}\right|_9^2 = \frac{8}{3}(1+\frac{i}{2})^3 = \frac{8}{3}(1+\frac{3i}{2}-\frac{3}{4}-\frac{i}{8}) = \frac{2}{3}+\frac{11}{3}i.$$

Получили, что $\int\limits_{OAB} z^2 dz = \int\limits_{OB} z^2 dz$, т. е. интеграл не зависит от пути, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$, так как $f(z)=z^2$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости.

б) $w = \operatorname{Re} z$, $u+iv = x$, тогда $u = x$, $v = 0$; $\frac{\partial u}{\partial x} = 1$; $\frac{\partial u}{\partial y} = 0$; $\frac{\partial v}{\partial x} = 0$; $\frac{\partial v}{\partial y} = 0$.

Условие Коши-Римана $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$ не выполняется ни в одной точке на комплексной плоскости, так как $1 \neq 0$, поэтому $w = \operatorname{Re} z$ не является аналитической на всей комплексной плоскости.

$$\int\limits_{OAB} \operatorname{Re} z dz = 2 + \frac{1}{2} i \qquad \text{(см. пример 2 раздела 8),}$$

$$\int\limits_{OB} \operatorname{Re} z \, dz = \int\limits_0^2 x\,(1+\frac{i}{2})\,dx = (1+\frac{i}{2}) \int\limits_0^2 x\,dx = (1+\frac{i}{2}) \left.\frac{x^2}{2}\right|_0^2 = 2+i.$$

Так как функция $w = \operatorname{Re} z$ не является аналитической, интеграл $\int\limits_{\gamma} \operatorname{Re} z dz$ зависит от пути, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$.

8.4. Теорема Коши для многосвязной области

Сначала рассмотрим двусвязную область (рис. 2), ограниченную простыми замкнутыми кривыми γ_1 и γ_2, которые не пересекаются, а γ_2 целиком лежит внутри γ_1. Допустим, что $f(z)$ является аналитической в области между контурами и на самих контурах γ_1 и γ_2. Проведём в заданной области разрез по линии AB. Предполагая, что разрез имеет как бы два берега, мы превратим эту область в односвязную. Положительное направление обхода по контуру указано на рисунке. Применим теорему Коши к полученной односвязной области, ограниченной контуром $\Gamma\{AEA + AB + BFB + BA\}$.

$$\int_{\Gamma} f(z)\,dz = 0 \quad \text{или} \quad \oint_{AEA} f(z)\,dz + \int_{AB} f(z)\,dz + \oint_{BFB} f(z)\,dz + \int_{BA} f(z)\,dz = 0.$$

Так как $\int_{AB} f(z)\,dz + \int_{BA} f(z)\,dz = 0$, то $\oint_{\gamma_1} f(z)\,dz = \oint_{\gamma_2} f(z)\,dz.$

Из полученной формулы видно, что интегралы от $f(z)$ по внешнему контуру γ_1 и по внутреннему контуру γ_2, обходимым в одном и том же направлении, равны по величине, но, вообще говоря, не равны нулю, так как $f(z)$ может быть неаналитической внутри области, ограниченной контуром γ_2.

Теперь рассмотрим теорему Коши для $(n+1)$- связной области, которая с помощью системы разрезов может быть сделан односвязной.

Если $f(z)$- аналитическая функция в замкнутой многосвязной области, ограниченной внешним замкнутым контуром γ и замкнутыми контурами γ_1, γ_2,..., γ_n,, лежащими внутри γ, то интеграл от этой функции по внешнему контуру γ равен сумме интегралов по внутренним контурам, причём интегрирование по всем контурам выполняется в одном и том же направлении, то есть

$$\oint_{\gamma} f(z)\,dz = \oint_{\gamma_1} f(z)\,dz + \oint_{\gamma_2} f(z)\,dz + \ldots + \oint_{\gamma_n} f(z)\,dz.$$

8.5. Вычисление интеграла от аналитической функции

Если функция $f(z)$, аналитическая в односвязной области D, содержащей внутри себя точки z_0 и z, то величина $\int_{z_0}^{z} f(z)\,dz$ не зависит от пути интегрирования, а зависит, лишь от вида подынтегральной функции и точек z_0 и z.

Если точка z_0 зафиксирована, то интеграл $F(z)=\int_{z_0}^{z} f(z)\,dz$ определяет функцию $F(z)$ для каждой выбранной точки $z \in D$. Функция $F(z)$ является аналитической в D и $F'(z)=f(z)$.

Назовём функцию $\Phi(z)$ первообразной для $f(z)$ в области D, если $\Phi(z)$ аналитическая в D и $\Phi'(z)=f(z)$. Тогда $\Phi(z)-F(z)=C$, где C постоянное комплексное число. При $z=z_0$ имеем $\Phi(z_0)-F(z_0)=C$, отсюда $C=\Phi(z_0)$, так как $F(z_0)=0$.

Следовательно, $\int_{z_0}^{z} f(z)dz=\Phi(z)-\Phi(z_0).$

Полученная формула показывает, что значение интеграла от аналитической функции равно приращению какой-либо первообразной для подынтегральной функции на пути интегрирования.

Таким образом, определение первообразной и формула Ньютона-Лейбница для функций действительной переменной и аналитических функций комплексной переменной полностью совпадают. Поэтому интегралы от элементарных функций комплексной переменной вычисляются с помощью тех же формул и правил, что и в обычном анализе.

Пример 1

Вычислить: а) $\int_{\gamma} z^2 dz$ вдоль контура γ, соединяющего точки $z=0$ и $z=2+i$; б) $\int_{\gamma} e^z dz$ по отрезку, соединяющему точки $z=0$ и $z=i$.

Решение

а) Так как $f(z)=z^2$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости, а первообразной для неё является функция. $F(z)=\frac{z^3}{3}$, то

$$\int_{\gamma} z^2 dz = \int_{z=0}^{z=2+i} z^2 dz = \frac{z^3}{3}\Big|_0^{2+i} = \frac{(2+i)^3}{3} = \frac{1}{3}(8+12i-6-i) = \frac{2}{3}+\frac{11}{3}i.$$

Получили тот же результат, что и в примере 8.3.1

б) Так как $f(z)=e^z$ - аналитическая функция на всей комплексной плоскости, а первообразной для неё является функция $F(z)=e^z$, то

$$\int_{\gamma} e^z dz = \int_{z=0}^{z=i} e^z dz = e^z\Big|_0^i = e^i - e^0 = e^i - 1 = \cos 1 + i\sin 1 - 1 = (\cos 1 - 1) + i\sin 1.$$

8.6. Особые точки - полюсы

Точка z_0 называется особой точкой для $f(z)$, если в этой точке нарушается аналитичность функции. Точка z_0 называется изолированной особой точкой, если можно указать такую окрестность точки $z_0 : |z - z_0| < r$, в которой, кроме z_0, других особых точек функции $f(z)$ нет.

Если $\lim\limits_{z \to z_0} f(z) = \infty$, то точка $z = z_0$ называется полюсом функции $f(z)$.

Функция $f(z) = \dfrac{\varphi(z)}{z - z_0}$ имеет в z_0 простой полюс или полюс первого порядка, а функция $g(z) = \dfrac{\varphi(z)}{(z - z_0)^m}$ имеет в z_0 полюс m-го порядка, если $\varphi(z)$ аналитическая функция в точке z_0 и $\varphi(z_0) \neq 0$.

Так для функции $f(z) = \dfrac{z^2 - 1}{z(z-3)(z+1)^4} = \dfrac{z-1}{z(z-3)(z+1)^3}$ точки $z = 0$ и $z = 3$ - простые полюсы, а точка $z = -1$ - полюс третьего порядка.

8.7. Определение вычета

Понятие вычета является одним из важнейших понятий теории функций комплексной переменной в силу большой практической ценности основной теоремы о вычетах, которую мы рассмотрим ниже.

Если $f(z)$ - аналитическая функция в односвязной области D, то $\oint\limits_{\gamma} f(z)\,dz = 0$, где γ - любой замкнутый контур, лежащий целиком в области D. Если же внутри контура γ есть единственная изолированная особая точка функции $f(z)$, то $\oint\limits_{\gamma} f(z)\,dz$, вообще говоря, не равен нулю. Значение этого интеграла, как известно, не зависит от формы контура γ.

Условились величину этого интеграла, делённую на $2\pi i$, называть вычетом функции $f(z)$ относительно особой точки z_0 и обозначать символом

$$res[f(z);z_0]=\frac{1}{2\pi i}\oint_{\gamma} f(z)dz.$$

Здесь при интегрировании обход контура γ идёт против движения часовой стрелки.

8.8. Формулы для вычисления вычетов

1. Если z_0 есть простой полюс функции $f(z)$, то вычет $f(z)$ относительно z_0 равен

$$res[f(z);z_0]=\lim_{z\to z_0}(z-z_0)f(z).$$

2. Если z_0 - простой полюс функции $f(z)$, которая может быть представлена в виде $f(z)=\frac{f_1(z)}{f_2(z)}$, где $f_1(z)$ и $f_2(z)$ - аналитические функции в точке $z=z_0$, причём $z=z_0$ - простой полюс $f_2(z)$, а $f_1(z_0)\neq 0$. Тогда при $f_2'(z_0)\neq 0$

$$res\,[f(z);z_0]=\frac{f_1(z_0)}{f_2'(z_0)}.$$

3. Если точка $z=z_0$ - полюс порядка n функции $f(z)$, то

 ,

здесь вычисляется предел производной $(n-1)$ порядка.

Пример 1

Вычислить вычеты функции $f(z)=\frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2}$ относительно всех её особых точек.

Решение

Для заданной функции точка $z=-1$ является простым полюсом, а $z=1$ - полюсом второго порядка.

$$res[f(z);-1]=\lim_{z\to -1}(z+1)\frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2}=\lim_{z\to -1}\frac{z+2}{(z-1)^2}=\frac{1}{4};$$

$$res[f(z);1]=\frac{1}{1!}\lim_{z\to 1}((z-1)^2\frac{z+2}{(z+1)(z-1)^2})'=\lim_{z\to 1}(\frac{z+2}{z+1})'=\lim_{z\to 1}\frac{z+1-(z+2)}{(z+1)^2}=-\frac{1}{4}.$$

Пример 2

Найти вычеты в каждой из особых точек функций:

$$\text{а) } f(z)=\frac{\cos z}{z^3};\ \text{б) } f(z)=\frac{z^2-2}{z^2+z};\ \text{в) } f(z)=\frac{e^z}{z^2+1}.$$

Решение

а) Для $f(z)=\frac{\cos z}{z^3}$ точка $z=0$ является полюсом третьего порядка.

$$res\,[f(z);0]=\frac{1}{(3-1)!}\lim_{z\to 0}(z^3\frac{\cos z}{z^3})''=\frac{1}{2!}\lim_{z\to 0}(\cos z)''=\frac{1}{2}\lim_{z\to 0}(-\sin z)'=\frac{1}{2}\lim_{z\to 0}(-\cos z)=-\frac{1}{2};$$

б) Для функции $f(z)=\frac{z^2-2}{z^2+z}=\frac{z^2-2}{z(z+1)}$ точка $z=0$ является простым полюсом, а $z=-1$ - тоже простым полюсом

$$res\,[f(z);0]=\lim_{z\to 0}z\frac{(z^2-2)}{z(z+1)}=\lim_{z\to 0}\frac{z^2-2}{z+1}=-\frac{2}{1}=-2;$$

$$res\,[f(z);-1]=\lim_{z\to -1}(z+1)\frac{(z^2-2)}{z(z+1)}=\lim_{z\to -1}\frac{z^2-2}{z}=\frac{1-2}{-1}=1;$$

в) $z^2+1=0$ при $z=\pm i$. Поэтому точки $z=i$ и $z=-i$ являются простыми полюсами $f(z)=\frac{e^z}{z^2+1}$

$$res\,[f(z);i]=\lim_{z\to i}(z-i)\frac{e^z}{(z-i)(z+i)}=\lim_{z\to i}\frac{e^z}{z+i}=\frac{e^i}{2i}$$

$$=\frac{(\cos 1+i\sin 1)(-i)}{2i\,(-i)}=\frac{\sin 1-i\cos 1}{2}=\frac{\sin 1}{2}-i\frac{\cos 1}{2};$$

$$res\,[f(z);-i]=\lim_{z\to -i}(z+i)\frac{e^z}{(z-i)(z+i)}=\lim_{z\to -i}\frac{e^z}{z-i}=\frac{e^{-i}}{-2i}$$

$$=\frac{(\cos 1-i\sin 1)\,i}{2i\,(-i)}=\frac{\sin 1+i\cos 1}{2}=\frac{\sin 1}{2}+i\frac{\cos 1}{2}.$$

8.9. Теорема Коши о вычетах

Теорема

Если функция $f(z)$, аналитическая в односвязной области D, ограниченной контуром γ, всюду, кроме конечного числа особых точек $z_1, z_2, ..., z_n$, лежащих внутри области D (но не на кривой γ), то интеграл от функции $f(z)$ по кривой γ равен произведению $2\pi i$ на сумму вычетов $f(z)$ относительно всех особых точек, лежащих внутри γ, т. е.

$$\oint_{\gamma} f(z)\,dz = 2\pi i \sum_{k=1}^{n} res\,[f(z); z_k]\,.$$

Доказательство

Для простоты окружим точки $z_1, z_2, ..., z_n$ окружностями $\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_n$ с центрами в этих точках и радиусами такими малыми, чтобы окружности не пересекались и лежали в области D, ограниченной контуром γ. Тогда функция $f(z)$ будет аналитической в многосвязной области, ограниченной контурами $\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_n$.

По теореме Коши для многосвязной области имеем

$\oint_{\gamma} f(z)\,dz = \oint_{\gamma_1} f(z)\,dz + \oint_{\gamma_2} f(z)\,dz + ... + \oint_{\gamma_n} f(z)\,dz$, но $\oint_{\gamma_k} f(z)\,dz = 2\pi i\, res\,[f(z); z_k]\,.$

Тогда

$$\oint_{\gamma_k} f(z)\,dz = 2\pi i \sum_{k=1}^{n} res\,[f(z); z_k]\,.$$

Теорема доказана.

Пример 1

Найти значение $\int_{\gamma} \frac{(z+1)}{(z-2)^2} dz$, где

а) γ - окружность $|z| = 3$; б) γ - окружность $|z+2-i| = 1$.

Решение

Подынтегральная функция имеет единственную особую точку $z = 2$ - полюс второго порядка, которая находится внутри окружности $|z| = 3$ (центр вначале координат, радиус равен 3).

Тогда

$$\oint\limits_{|z|=3} \frac{(z+1)\,dz}{(z-2)^2} = 2\pi i\, res\,[f(z);\,2] = 2\pi i \frac{1}{1!}\lim_{z\to 2}((z-2)^2\frac{(z+1)}{(z-2)^2})' = 2\pi i \lim_{z\to 2}(z+i)' = 2\pi i\,.$$

б) Окружность $|z+2-i|=1$ имеет центр в точке $z_0=-2+i$, радиус 1, а полюс $z=2$ лежит вне этой окружности. Поэтому в области, ограниченной этим контуром γ, функция аналитическая. Тогда по основной теореме Коши

$$\oint\limits_{\gamma} \frac{(z+1)}{(z-2)^2}\,dz = 0\,.$$

Пример 2

Вычислить $\oint\limits_{\gamma}\frac{dz}{(z-i)(z-1)}$, где γ - окружность $x^2+y^2=2x+2y$.

Решение

Преобразуем уравнение окружности $x^2+y^2=2x+2y$, выделяя полный квадрат по x и по y:

$$(x^2-2x+1)+(y^2-2y+1)=2 \text{ или } (x-1)^2+(y-1)^2=2\,.$$

Точка $(-1;\ 1)$ - центр окружности, радиус - $\sqrt{2}$.

Для подынтегральной функции $f(z)=\frac{1}{(z-i)(z-1)}$ точки $z=i$ и $z=1$ являются простыми полюсами и находятся внутри окружности γ.

Тогда по теореме Коши о вычетах имеем:

$$\oint\limits_{\gamma}\frac{dz}{(z-i)(z-1)} = 2\pi i\,(res\,[f(z);\,i]+res\,[f(z);\,1]\,);$$

$$res\,[f(z);\,i]=\lim_{z\to i}(z-i)\frac{1}{(z-i)(z-1)}=\lim_{z\to i}\frac{1}{z-1}=\frac{e^i}{2i}=\frac{1}{i-1}=\frac{-i-1}{(i-1)(-i-1)}=\frac{-1-i}{2}=-\frac{1}{2}-\frac{1}{2}i;$$

$$res\,[f(z);\,1]=\lim_{z\to 1}(z-1)\frac{1}{(z-i)(z-1)}=\lim_{z\to 1}\frac{1}{z-i}=\frac{1}{1-i}=\frac{1+i}{(1-i)(1+i)}=\frac{1+i}{2}=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}i.$$

Тогда

$$\oint\limits_{\gamma} f(z)\,dz = 2\pi i(-\frac{1}{2}-\frac{1}{2}i+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}i)=0.$$

Пример 3

Вычислить $\oint\limits_{\gamma}\frac{e^{-2z}}{z^2}$, где γ: $\frac{x^2}{9}+\frac{y^2}{4}=1$.

Решение

Для подынтегральной функции $f(z)=\dfrac{e^{-2z}}{z^2}$ точка $z=0$ является полюсом второго порядка и находится внутри эллипса с полуосями 3 и 2.
По теореме Коши о вычетах

$$\oint_\gamma \frac{e^{-2z}}{z^2}dz = 2\pi\, i res\,[f(z);0] = 2\pi\, i \lim_{z\to 0}(z^2\frac{e^{-2z}}{z^2})' = 2\pi\, i \lim_{z\to 0}(e^{-2z})' =$$

$$= 2\pi\, i \lim_{z\to 0}(-2)e^{-2z} = 2\pi\, i \quad (-2)\,e^0 = -4\pi\, i.$$

Самостоятельная работа № 7

Вариант 1

1) Вычислить $\int_\gamma \cos z dz$ по отрезку прямой, соединяющему точки $z=i$ и $z=-2+i$.

2) Вычислить $\int_\gamma (4i+3\,\mathrm{Re}\,z)dz$, где $\gamma:\ 2x^2-y+3=0$ от $z=3i$ до $z=1+5i$.

Вариант 2

1) Вычислить $\int_\gamma \sin z dz$, где $\gamma:\ x-3y+1=0$ от $z=-1$ до $z=2+i$.

2) Вычислить $\int_\gamma (2i\ Jmz+3)\,dz$, где $\gamma:\ y=2-x^2$ от $z=2i$ до $z=1+i$.

Самостоятельная работа № 8

Вариант 1

1) Вычислить $\int_\gamma (2iz-z^2)dz$, где $\gamma:\ x^2+y^2-x=0$.

2) Найти вычеты в особых точках функции $f(z)=\dfrac{4z}{(z-1)^3(z+2)^2}$.

Вариант 2

1) Вычислить $\int_\gamma e^{z-2i}dz$, где $\gamma:\ |z-2|=2.$

2) Найти вычеты в особых точках функции $f(z)=\dfrac{\sin z}{(z+1)^2(z-i)}$.

Самостоятельная работа № 9

Вариант 1

С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint\limits_{\gamma}\frac{e^z}{(z^2-1)^2}dz$, $\gamma:\ x^2+4y^2=4$.

Вариант 2

С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint\limits_{\gamma}\frac{(3z^2+1)}{(z+2)^2(z-2i)}dz$, $\gamma:\left|\,z+1-i\,\right|=3$.

Самостоятельная работа № 10

1) Вычислить: $(-1-i)^{2i}$, $\sin(3i+2)$.

2) Найти образ линии $x^2+y^2+x=0$ при отображении $w=3\bar{z}-i$.

3) Является ли аналитической функция $w=z+e^{\bar{z}}$?

4) На комплексной плоскости (z) построить множество точек z, удовлетворяющих условиям:

$$\begin{cases}\left|\,z+i\,\right|\le 2,\\ \operatorname{Re} z>-1.\end{cases}$$

5) Вычислить $\int\limits_{\gamma}e^{\bar{z}}dz$ по отрезку прямой, соединяющему точки $z=0$ и $z=2-2i$.

4) С помощью вычетов вычислить интеграл $\oint\limits_{\gamma}\frac{(z^2+3)\,dz}{z^3-1};\gamma:x^2+y^2=9$.

Самостоятельная работа № 10 содержит набор основных типовых задач по теме изучаемого раздела математики и может быть использована для подготовки к контрольной работе.

С помощью вычетов удается вычислять некоторые определённые интегралы от функций действительной переменной, для чего эти интегралы предварительно преобразуются в интегралы по замкнутому контуру.

9. ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСОБСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ

С помощью вычетов вычисляют некоторые несобственные интегралы от функции действительной переменной вида $\int\limits_{-\infty}^{\infty}f(x)dx$.

Пусть $f(z)$ - рациональная функция $f(z)=\frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$, а разность степеней знаменателя и числителя $m-n>1,\quad Q_m(x)\neq 0,\quad x\in R$.

Пусть функция $f(z)$, аналитическая на действительной оси, имеет выше действительной оси (в верхней полуплоскости $Jmz > 0$) конечное число особых точек $z_1, z_2, ..., z_n$. Тогда существует несобственный интеграл от функции $f(z)$ по промежутку $(-\infty, \infty)$ и

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx = 2\pi i \sum_{k=1}^{n} res[f(z); z_k].$$

Пример

Вычислить $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3}$.

Функция $f(x) = \frac{x^2}{(1+x^2)^3}$.

Решение

Введём функцию комплексной переменной z

$$f(z) = \frac{z^2}{(1+z^2)^3}.$$

Она имеет в верхней полуплоскости $Jmz > 0$ единственную особую точку $z = i$-полюс третьего порядка. Тогда $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3} = 2\pi i\, res[f(z); i]$.

Найдем

$$res[f(z); i] = \frac{1}{2!} \lim_{z \to i} ((z-i)^3 \frac{z^2}{(z-i)^3 (z+i)^3})'' = \frac{1}{2} \lim_{z \to i} (\frac{z^2}{(z+i)^3})'' =$$

$$= \frac{1}{2} \lim_{z \to i} (\frac{2z(z+i)^3 - z^2 3(z+i)^2}{(z+i)^6})' == \frac{1}{2} \lim_{z \to i} (\frac{2z^2 + 2zi - 3z^2}{(z+i)^4})' = \frac{1}{2} \lim_{z \to i} (\frac{2zi - z^2}{(z+i)^4})' =$$

$$= \frac{1}{2} \lim_{z \to i} \frac{(2i-2z)(z+i)^4 - (2zi - z^2)4(z+i)^3}{(z+i)^8} =$$

$$= \frac{1}{2} \lim_{z \to i} \frac{2z^2 - 2 - 8zi}{(z+i)^5} = \frac{1}{2} \frac{(-2-2+8)}{(2i)^5} = \frac{4}{2 \cdot 32i} = \frac{1}{16i} = \frac{-i}{16i\,(-i)} = -\frac{i}{16}.$$

Окончательно получим

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3} = 2\pi i\, (-\frac{i}{16}) = \frac{\pi}{8}.$$

Если функция $f(z)$ удовлетворяет условиям:

1) $f(z) = e^{imz} \cdot F(z)$, где $m > 0$ и $F(z) \to 0$ при $|z| \to \infty$ равномерно по φ для $Jmz \geq 0$;

2) $f(z)$ на действительной оси имеет конечное число простых полюсов $x_1, x_2, ..., x_p$;

3) $f(z)$ аналитична в верхней полуплоскости всюду, за исключением конечного числа особых точек $z_1, z_2, \ldots, z_n$, то

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx = 2\pi i \,(\sum_{k=1}^{n} res[f(z); z_k] + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{p} res[f(z); x_k]).$$

Пример

Вычислить интеграл Дирихле $\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx$.

Решение

Рассмотрим $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ix}}{x} dx$. Введём функцию $f(z) = \frac{e^{iz}}{z}$. Здесь $m = 1, \quad F(z) = \frac{1}{z} \to 0$ при $|z| \to \infty$. Для $f(z)$ точка $z = 0$ - простой полюс, расположенный на действительной оси. Других особых точек нет.

Тогда

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ix}}{x} dx = 2\pi i \frac{1}{2} res[f(z); 0] = \pi i \lim_{z\to 0} z \frac{e^{iz}}{z} = \pi i \lim_{z\to 0} e^{iz} = \pi i.$$

Но $e^{ix} = \cos x + i \sin x$, поэтому

$$\int_{-\infty}^{\infty} (\frac{\cos x}{x} + i\frac{\sin x}{x})\,dx = \pi i.$$

В силу определения равенства двух комплексных чисел имеем:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\cos x}{x} dx = 0, \quad \text{а} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = \pi.$$

Так как $\frac{\sin x}{x}$ - чётная функция, то $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = 2\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = \pi$, откуда

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = \frac{\pi}{2}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Араманович, И. Г. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости / И. Г. Араманович, Г. Л. Лунц, Л. Э. Эльсгольц. - М.: Наука, 1970. – 380 с.

Волковысский, Л. И. Сборник задач по теории функций комплексного переменного / Л. И. Волковысский, Г. Л. Лунц, И. Г. Араманович. - М.: Наука, 1975. – 220 с.

Евграфов, М. А. Аналитические функции / М. А. Евграфов. - М.: Наука, 1968. – 620 с.

Лаврентьев, М. А. Методы теории функций комплексного переменного / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. - М.: Наука, 1979. – 410 с.

Маркушевич, А. И. Краткий курс теории аналитических функций / А. И. Маркушевич. - М.: Наука, 1978. – 360 с.

Привалов, И. И. Введение в теорию функций комплексного переменного / И. И. Привалов. - М.: Наука, 1984. – 480 с.

Свешников, А. Г. Теория функций комплексной переменной / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. - М.: Наука, 1979. – 720 с.

Титчмарш, Е. Теория функций / Е. Титчмарш. - М.: Наука, 1980. – 510 с.



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

В. Я. Раевский

ЧИСЛОВЫЕ И СТЕПЕННЫЕ РЯДЫ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов
всех специальностейи очного обучения

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1. ЧИСЛОВЫЕ РЯДЫ 6
1.1. Основные понятия 6
1.2. Положительные ряды 14
1.3. Знакочередующиеся ряды 26
1.4. Знакопеременные ряды 29
2. СТЕПЕННЫЕ РЯДЫ 32
2.1. Функциональные ряды 32
2.2. Степенные ряды – основные понятия 34
2.3. Свойства суммы степенного ряда 40
2.4. Разложение функций в степенные ряды 44
2.5. Разложения элементарных функций в ряды Маклорена 47
3. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ 52
4. ВАРИАНТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ 53
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 67

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие содержит основные теоретические сведения (определения, теоремы, формулы) по теме «Числовые и степенные ряды». Основное внимание уделяется многочисленным типовым задачам, решение которых приводится с детальной подробностью. Для проверки и закрепления полученных знаний в пособие включены разделы «Тренировочные задачи» и «Вопросы и задачи для самопроверки».

Работа содержит 30 вариантов наборов задач для самостоятельной работы студентов, которые могут быть использованы для контрольных работ.

Учебное пособие может быть использовано студентами всех специальностей для изучения темы «Числовые и степенные ряды».

1. ЧИСЛОВЫЕ РЯДЫ

1.1. Основные понятия

До появления числовых рядов имела смысл только сумма конечного набора чисел: $a_1 + a_2 + \cdots + a_n$. Когда-то считалось, что складывать бесконечный набор чисел бессмысленно, так как казалось очевидным, что, складывая бесконечно много, например, положительных чисел, должна получаться бесконечная сумма. На этом, казалось бы, верном, утверждении строились многие известные парадоксы (например, «Ахилл и черепаха»). Однако во многих практических задачах и чисто математических построениях возникали суммы бесконечного набора чисел, что привело к необходимости сделать их предметом исследования математики. Приведем пример практической задачи, в которой (в одном из подходов к ее решению) возникает необходимость сложения бесконечного набора чисел.

Пример1. Допустим, что при добыче нефти десятая ее часть идет на обеспечение самой добычи (механизмы, обеспечивающие добычу, работают на бензине, который производится из той же нефти). Сколько необходимо добыть нефти, чтобы можно было продать 10 тонн?

Решение. Ясно, что нужно добыть, по крайней мере, эти 10 тонн. Но тогда нужно добавочно добыть $10 \cdot 0.1 = 1$ тонну для обеспечения добычи этих 10 тонн. Но для обеспечения добычи этой 1 тонны необходимо добавочно добыть $1 \cdot 0.1 = 0.1$ тонны. Но для обеспечения ее добычи нужно еще добыть $0.1 \cdot 0.1 = 0.01$ тонны. И так далее. Таким образом, общее количество добытой нефти должно быть равно

$$10 + 1 + 0.1 + 0.01 + 0.001 + \cdots \qquad (1)$$

Таким образом, при таком подходе к решению возникла необходимость сложить бесконечный набор чисел.

Замечание. Конечно, предложенный выше подход к решению примера имеет чисто иллюстративную цель (естественное появление бесконечной суммы), поскольку очевиден следующий более простой путь решения. Пусть x – необходимое количество нефти, которое нужно добыть, чтобы на продажу иметь 10 тонн. Тогда $0.1 \cdot x$ тонн из добытого пойдет на обеспечение самой добычи. Таким образом, продать можно будет только $x - 0.1 \cdot x$ тонн. Откуда получаем уравнение : $x - 0.1 \cdot x = 10$, откуда $x = \frac{10}{0.9} = 11.1111\ldots$ тонн.

Приступим все же к понятию бесконечных сумм. Выражение вида

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \ldots \qquad (2)$$

называется *числовым рядом.* Числа $a_1, a_2, , a_3, \ldots$ называются *членами (или слагаемыми) ряда.* Выражение для a_n под знаком суммы в (2), позволяющее найти любое слагаемое по его порядковому номеру n, называется *общим членом* ряда. При подстановке в это выражение $n = 1, 2, 3, \ldots$ получаем значения, соответственно, *1*-го слагаемого, *2*-го, *3*-го ... . Например, ряд (1) можно с использованием знака суммы записать в виде $\sum_{n=1}^{\infty} 10 \cdot 0.1^{n-1}$, а потому общий член этого ряда имеет вид: $a_n = 10 \cdot 0.1^{n-1}$. Действительно, подставляя в это выражение *n=1, 2, 3, ...* получаем значения, соответственно, *1*-го слагаемого, *2*-го, *3*-го и т.д. слагаемого ряда (1).

Пример 2. Рассмотрим ряд $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ – так называемый *гармонический* ряд. Числа $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}$ ... являются членами ряда, а выражение $a_n = \frac{1}{n}$ является общим членом ряда.

Как же определить сумму ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots$, т.е. сумму бесконечного набора слагаемых? Можно воспользоваться тем, что мы умеем складывать любой конечный набор чисел, и попытаемся исчерпать указанную бесконечность «постепенно». Сначала составим «сумму» из одного первого слагаемого: $S_1 = a_1$. Потом сложим первые 2 слагаемых: $S_2 = a_1 + a_2$. Потом первые 3 слагаемых: $S_3 = a_1 + a_2 + a_3$, и так далее. И будем следить за поведением бесконечной последовательности чисел $S_1, S_2, S_3, \dots$, которые представляют собой суммы все большего числа слагаемых исходного ряда. Если эта последовательность сумм все увеличивающегося числа слагаемых ряда (2) приближается к определенному числу (т.е. имеет предел), то это число естественно назвать суммой всего ряда. Если же эта последовательность не приближается ни к какому числу (или идет к бесконечности), то естественно считать, что такой ряд суммы не имеет. Число $S_n = a_1 + a_2 + \dots + a_n$ называется *n-ой частичной суммой ряда* $(n = 1, 2, 3, \dots)$. Итак, ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots$ называется *сходящимся,* если существует (конечный) предел его частичных сумм: $\lim_{n\to\infty} S_n = S$. В этом случае число S называется *суммой* ряда, что записывается как $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = S$. Если же такого предела не существует (или он равен ∞), то ряд называется *расходящимся* (такой ряд суммы не имеет).

Пример 3. Исследуем на сходимость следующий ряд

$$\frac{1}{1\cdot 2} + \frac{1}{2\cdot 3} + \frac{1}{3\cdot 4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\cdot(n+1)}. \qquad (3)$$

Решение. Вычислим несколько первых последовательных частичных сумм и попробуем найти закономерность:

$$S_1 = \frac{1}{1\cdot 2} = \frac{1}{2}, \quad S_2 = \frac{1}{1\cdot 2} + \frac{1}{2\cdot 3} = \frac{2}{3}, \quad S_3 = \frac{1}{1\cdot 2} + \frac{1}{2\cdot 3} + \frac{1}{3\cdot 4} = \frac{3}{4}, \dots \qquad (4)$$

Легко, глядя на (4), угадать общую формулу для частичных сумм: $S_n = \frac{n}{n+1}$ (можно доказать эту формулу строго методом математической индукции). Тогда

$$\lim_{n\to\infty} S_n = \lim_{n\to\infty} \frac{n}{n+1} = \left[\frac{\infty}{\infty}\right] = \{\text{делим числитель и знаменатель на } n\} = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{1+\frac{1}{n}} = 1.$$

Поэтому по приведенному выше определению данный ряд (3) сходится, а его сумма равна 1: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\cdot(n+1)} = 1$.

Пример 4. Пусть число $a \neq 0$. Рассмотрим ряд

$$a - a + a - a + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \cdot a. \qquad (5)$$

Тогда $S_1 = a$, $S_2 = 0$, $S_3 = a$, $S_4 = 0$, $S_5 = a$ и так далее. Понятно, что такая последовательность частичных сумм $a, 0, a, 0, a, 0, \ldots$ предела не имеет, поэтому ряд (5) расходится.

Пример 5. Геометрическая прогрессия. Напомним, что геометрической прогрессией называется числовая последовательность, каждый член которой (начиная со второго) равен предыдущему, умноженному на одно и то же для этой последовательности число q (которое называется *знаменателем* данной прогрессии). Если обозначить буквой a первый член прогрессии, то прогрессия (по определению) имеет вид: $a, aq, aq^2, \ldots, aq^n, \ldots$. Соответствующий ряд имеет вид $a + aq + aq^2 + \cdots + aq^n + \cdots = \sum_{n=1}^{\infty} a\cdot q^{n-1}$ (или $\sum_{n=0}^{\infty} a\cdot q^n$, если начать нумерацию слагаемых не с единицы, а с нуля). Отметим сразу, что если знаменатель прогрессии $q = 1$, то соответствующий ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a = a + a + a + \cdots$ (при $a \neq 0$)

расходится, поскольку его частичные суммы имеют вид $S_n = a + a + a + \cdots + a = n \cdot a$, а потому $\lim\limits_{n\to\infty} S_n = \lim\limits_{n\to\infty}(n \cdot a) = a \cdot \lim\limits_{n\to\infty} n = \pm\infty$ в зависимости от знака числа a. Для $q \neq 1$ из школьной программы известна общая формула для суммы первых n слагаемых геометрической прогрессии $S_n = a + a \cdot q + a \cdot q^2 + \cdots + a \cdot q^n = \dfrac{a \cdot (1 - q^n)}{1 - q}$. Поэтому, переходя к пределу $\lim\limits_{n\to\infty} S_n$, легко получить:

$$\lim_{n\to\infty} S_n = \lim_{n\to\infty} \frac{a \cdot (1 - q^n)}{1 - q} = \frac{a}{1 - q} \cdot \lim_{n\to\infty}\left(1 - q^n\right) = \frac{a}{1 - q} \cdot \left(1 - \lim_{n\to\infty} q^n\right).$$

Несложно выяснить, что предел $\lim\limits_{n\to\infty} q^n$ существует (и при этом равен нулю) только в том случае, если $|q| < 1$. Отсюда следует, что ряд, составленный из геометрической прогрессии, сходится (и имеет суммой число $S = \dfrac{a}{1 - q}$) только тогда, когда $|q| < 1$. В этом случае (когда $|q| < 1$) геометрическая прогрессия называется *бесконечно убывающей геометрической прогрессией* и для нее

$$a + a \cdot q + a \cdot q^2 + \cdots + a \cdot q^n + \cdots = \sum_{n=1}^{\infty} a \cdot q^{n-1} = \frac{a}{1 - q}. \qquad (6)$$

Заметим, что ряд (1) тоже является бесконечно убывающей геометрической прогрессией с $a = 10$ и $q = 0.1$, а потому из (6) получаем для примера 1, что необходимо добыть $\dfrac{10}{1 - 0.1} = \dfrac{10}{0.9} = 11.111111\ldots$ тонн нефти, что выше было получено из простого алгебраического уравнения.

Рассмотрим *свойства сходящихся рядов.* Они напоминают свойства конечных сумм.

1. Если сходится ряд $\sum\limits_{n=1}^{\infty} a_n$, то для любого числа c сходится ряд $\sum\limits_{n=1}^{\infty} c \cdot a_n$ и выполнено:

$$\sum_{n=1}^{\infty} c \cdot a_n = c \cdot \sum_{n=1}^{\infty} a_n \,. \qquad (7)$$

Фактически это означает возможность вынесения общего множителя c в сумме за скобку (точнее, за знак суммы).

2. Если сходятся ряды $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$, то сходится и ряд $\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \pm b_n)$ и выполняется:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \pm b_n) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \pm \sum_{n=1}^{\infty} b_n \,. \qquad (8)$$

Справедливость этих свойств легко доказывается из определения сходящихся рядов и соответствующих свойств пределов последовательностей (предел суммы-разности равен сумме-разности пределов, а постоянный множитель можно выносить за знак предела).

Пример 6. Вычислить сумму ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3}{2^n} - \frac{4}{n(n+1)} \right)$.

Решение. Используя свойство (8), а затем (7), последовательно получаем:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3}{2^n} - \frac{4}{n(n+1)} \right) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{3}{2^n} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{n(n+1)} = 3 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} - 4 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)} \,.$$

Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \cdots$ есть сумма бесконечно убывающей геометрической прогрессии вида (6) с первым членом $a = \frac{1}{2}$ и знаменателем $q = \frac{1}{2}$, а потому по формуле (6): $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} = 1$. Сумма ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (n+1)}$ была вычислена в примере 3: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (n+1)} = 1$. Окончательно получаем: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3}{2^n} - \frac{4}{n(n+1)} \right) = 3 \cdot 1 - 4 \cdot 1 = -1$.

Далее мы сосредоточим свое внимание на вопросе о том, как по виду ряда

(2) определить, является ли он сходящимся или расходящимся.

Теорема (необходимый признак сходимости ряда). Если ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ сходится, то его общий член стремится к нулю: $\lim_{n\to\infty} a_n = 0$.

Доказательство. Пусть ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ сходится, а число S является его суммой. Тогда по определению сходящегося ряда предел последовательности его частичных сумм $\{S_n\}_{n=1}^{\infty} = \{S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$ равен S:

$$\lim_{n\to\infty} S_n = S, \tag{9}$$

где

$$S_n = a_1 + a_2 + \cdots + a_n. \tag{10}$$

Рассмотрим теперь вспомогательную последовательность $\{\overline{S}_n\}_{n=1}^{\infty}$, построенную из последовательности $\{S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$ добавлением числа 0 в качестве ее первого члена: $\{\overline{S}_n\}_{n=1}^{\infty} = \{\overline{S}_1, \overline{S}_2, \ldots, \overline{S}_n, \ldots\} = \{0, S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$. Таким образом, $\overline{S}_1 = 0$, $\overline{S}_2 = S_1$, $\overline{S}_3 = S_2$ и вообще

$$\overline{S}_n = S_{n-1}, \quad n = 2,3,\ldots \tag{11}$$

Из (11) и (10) следует, что, начиная с $n = 2$:

$$S_n - \overline{S}_n = S_n - S_{n-1} = (a_1 + a_2 + \cdots + a_{n-1} + a_n) - (a_1 + \cdots + a_{n-1}) = a_n.$$

Ясно, что такое соотношение выполняется и для $n = 1$: $S_1 - \overline{S}_1 = a_1 - 0 = a_1$. Таким образом, для всех $n = 1,2,\ldots$ выполнено

$$a_n = S_n - \overline{S}_n. \tag{12}$$

Поскольку последовательность чисел $\{\overline{S}_n\}_{n=1}^{\infty} = \{0, S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$, а из (9) последовательность $\{S_n\}_{n=1}^{\infty} = \{S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots\}$ имеет пределом число S, то это же число будет являться и пределом последовательности $\{\overline{S}_n\}_{n=1}^{\infty}$:

$$\lim_{n\to\infty} \overline{S}_n = S. \qquad (13)$$

Тогда из (12), (9), (13) и свойств пределов вытекает:

$$\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{n\to\infty}\left(S_n - \overline{S}_n\right) = \lim_{n\to\infty} S_n - \lim_{n\to\infty} \overline{S}_n = S - S = 0,$$

что и требовалось доказать.

Из этой теоремы вытекает важное

Следствие (признак расходимости ряда). Если предел $\lim\limits_{n\to\infty} a_n$ общего члена ряда при $n \to \infty$ либо не существует, либо существует, но $\lim\limits_{n\to\infty} a_n \neq 0$, то ряд $\sum\limits_{n=1}^{\infty} a_n$ расходится.

Таким образом, при выяснении вопроса о сходимости некоторого ряда $\sum\limits_{n=1}^{\infty} a_n$ следует (если это не сложно) проверить прежде всего выполнение необходимого условия сходимости : $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = 0$. Если оно не выполняется, то сразу можно сказать, что ряд расходится. А вот если выполняется, то без дополнительного исследования ничего о сходимости сказать нельзя и вопрос о сходимости-расходимости остается открытым. Стремление к нулю общего члена ряда является лишь необходимым условием сходимости. Например, ниже будет показано, что гармонический ряд $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \ldots = \sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ оказывается расходящимся, однако нет сомнений в том, что для него $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = \lim\limits_{n\to\infty} \frac{1}{n} = 0$. Таким образом, для сходимости ряда нужно, чтобы слагаемые не просто

стремились к нулю, а делали бы это «достаточно быстро».

Пример 7. Исследовать сходимость ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{100000 \cdot n + 1}$.

Решение. Общий член этого ряда $a_n = \frac{n}{100000n + 1}$. Тогда $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = \lim\limits_{n\to\infty} \frac{n}{100000n+1} = \left[\frac{\infty}{\infty}\right] = \lim\limits_{n\to\infty} \frac{1}{100000 + \frac{1}{n}} = \frac{1}{100000} \neq 0$. Поэтому, по приведенному выше следствию, исследуемый ряд расходится.

Большинство признаков сходимости рядов относятся к так называемым положительным рядам (члены которых неотрицательны).

1.2. Положительные ряды

Ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \ldots \qquad (1)$$

называется *положительным,* если все его члены неотрицательны: $a_1 \geq 0, a_2 \geq 0, \ldots$. Сначала изучим так называемые признаки сравнения, которые требуют для исследования сходимости данного ряда строить некоторый вспомогательный ряд. Ниже сформулировано соответствующее утверждение, смысл которого достаточно прозрачен.

Теорема (признак сравнения рядов). Пусть имеется два положительных ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \quad , \qquad (2)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} b_n \,, \tag{3}$$

причем члены ряда (2) не превосходят соответствующих членов ряда (3):

$$a_n \le b_n \tag{4}$$

хотя бы начиная *с некоторого* номера *n*. Тогда

1) Если *сходится* ряд с большими членами (3), то *сходится* и ряд с меньшими членами (2).

2) Если *расходится* ряд с меньшими членами (2), то *расходится* и ряд с большими (3).

Рассмотрим примеры применения признака сравнения.

Пример 1. Доказать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^2} \,. \tag{5}$$

Решение. Ряд (5) сравним с рядом $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)}$, сходимость которого была доказана в предыдущем параграфе. В нашем примере ряд (2) имеет вид исследуемого ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^2}$ (а потому $a_n = \frac{1}{(n+1)^2}$), а ряд для сравнения (3) имеет вид $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)}$ (а потому $b_n = \frac{1}{n(n+1)}$). Установим выполнение условия (4) для любого номера n: $a_n = \frac{1}{(n+1)^2} = \frac{1}{(n+1)\cdot(n+1)} \le \frac{1}{n\cdot(n+1)} = b_n$. Тогда по первому утверждению признака сравнения рядов исходный ряд (5) сходится.

Основные недостатки при практическом применении приведенного признака сравнения – это

- необходимость правильного подбора вспомогательного ряда, сходимость или расходимость которого известна;

- необходимость доказательства соответствующего неравенства между членами исследуемого и вспомогательного рядов.

Второго из этих недостатков лишен *признак сравнения в предельной форме*.

Теорема (признак сравнения в предельной форме). Пусть имеются два положительных ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ (ряды (2) и (3)), для которых выполняется:

$$\lim_{n\to\infty} \frac{a_n}{b_n} = c, \text{ причем } c \neq 0 \text{ и } c \neq \infty. \qquad (6)$$

Тогда оба ряда сходятся или расходятся одновременно, т.е. если мы знаем о сходимости или расходимости одного из рядов (например, ряда (3)), то тот же вывод можно сделать и о втором ряде (ряде (2)).

Для применения признаков сравнения необходимо иметь так называемые *эталонные* ряды, про которые известно, сходятся они или расходятся, чтобы сравнивать с ними исследуемые ряды. Чаще всего в качестве таких рядов выступает геометрическая прогрессия, а также ряды вида

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{\alpha}} = 1 + \frac{1}{2^{\alpha}} + \frac{1}{3^{\alpha}} + \ldots, \qquad (7)$$

про которые известно, что они сходятся при $\alpha > 1$ и расходятся при $\alpha \leq 1$ (это будет доказано ниже в примере 8). В частности, гармонический ряд $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ расходится (это ряд вида (7) при $\alpha = 1$). Самый важный этап применения признаков сравнения – это правильный выбор эталонных вспомогательных рядов для сравнения с исследуемым рядом. При этом надо обеспечить либо нужное неравенство между слагаемыми двух рядов, либо обеспечить выполнение условия (6). Например, если мы хотим в качестве ряда сравнения выбрать ряд вида (7), то надо правильно выбрать значение параметра

α в (7), чтобы обеспечить выполнение условия (6). При неправильном выборе значения этого параметра значение c этого предела в (6) как раз и оказывается равным либо нулю, либо бесконечности, при которых предельный признак сравнения не работает. Ниже приводится один из возможных приемов выбора правильного значения параметра α при использовании для сравнения эталонного ряда вида (7).

Пример 2. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^3(n+1)} \ . \tag{8}$$

Решение. Для ряда (8) подберем для сравнения вспомогательный ряд вида (7) с таким значением параметра α, при которым окажется выполненным соотношение (6). В нашем примере ряд (2) есть исследуемый ряд (8), а ряд (3) есть ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{\alpha}}$, а потому общие члены этих рядов $a_n = \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^3(n+1)}$, $b_n = \frac{1}{n^{\alpha}}$. Для выбора подходящего значения параметра α оценим поведение a_n, оставляя в числителе и знаменателе только старшие степени n, которые и определяют скорости роста числителя и знаменателя с ростом n. Далее значок $\sim$ можно перевести как «при $n \to \infty$ ведет себя так же, как». Итак,

$$a_n = \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^3(n+1)} = \frac{3n^3 + 5n - 7}{n^4 + n^3} \ \sim \ \frac{n^3}{n^4} = \frac{1}{n} .$$

Поэтому если взять $b_n = \frac{1}{n}$, то окажется $a_n \ \sim \ b_n$, что обеспечит в дальнейшем выполнение условия (6). Поэтому проведем сравнение (в предельной форме) ряда (8) с гармоническим рядом $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$, который, является рядом вида (7) при $\alpha = 1$, а потому расходится. Для проверки выполнения условия (6) вычислим предел:

$$\lim_{n\to\infty}\frac{a_n}{b_n}=\lim_{n\to\infty}\frac{\frac{3n^3+5n-7}{n^3(n+1)}}{\frac{1}{n}}=\lim_{n\to\infty}\frac{3n^4+5n^2-7n}{n^4+n^3}=\left[\frac{\infty}{\infty}\right]=$$ {делим числитель и знаменатель на n^4} $$=\lim_{n\to\infty}\frac{3+\frac{5}{n^2}-\frac{7}{n^3}}{1+\frac{1}{n}}=3.$$ Поскольку число 3 – это не 0 и не ∞, то по признаку сравнения в предельной форме ряд (8) ведет себя (в смысле сходимости-расходимости) так же, как и гармонический. Но гармонический ряд – расходится, следовательно, ряд (8) тоже расходится.

Пример 3. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}\ . \qquad (9)$$

Решение. Опять сравним (в предельной форме) ряд (9) с рядом вида (7) с подходящим значением параметра α. Для его выбора опять оценим поведение общего члена $a_n=\frac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}$, оставляя в числителе и знаменателе только старшие степени n :

$$a_n=\frac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}\sim\frac{n}{\sqrt{n^5}}=\frac{n}{n^{\frac{5}{2}}}=\frac{1}{n^{\frac{3}{2}}}=\frac{1}{\sqrt{n^3}}=b_n.$$

Поэтому сравним (в предельной форме) ряд (9) с рядом $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{n^3}}=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{\frac{3}{2}}}$. Этот ряд сходится, так как это ряд вида (7) при $\alpha=\frac{3}{2}>1$. В нашем примере ряд (2) есть ряд (9) (а потому $a_n=\frac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}$), а ряд (3) есть сходящийся ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{n^3}}$ (а потому $b_n=\frac{1}{\sqrt{n^3}}$) . Вычислим предел (6):

$$\lim_{n\to\infty}\frac{a_n}{b_n}=\lim_{n\to\infty}\frac{\dfrac{n}{\sqrt{n^5+n+1}}}{\dfrac{1}{\sqrt{n^3}}}=\lim_{n\to\infty}\frac{n\cdot\sqrt{n^3}}{\sqrt{n^5+n+1}}=\lim_{n\to\infty}\frac{\sqrt{n^5}}{\sqrt{n^5+n+1}}=\lim_{n\to\infty}\sqrt{\frac{n^5}{n^5+n+1}}=\left[\frac{\infty}{\infty}\right]=$$

{делим числитель и знаменатель на n^5 } $=\lim_{n\to\infty}\sqrt{\dfrac{1}{1+\dfrac{1}{n^4}+\dfrac{1}{n^5}}}=1$. Поскольку число 1 – это не 0 и не ∞, то по признаку сравнения в предельной форме ряд (9) ведет себя так же, как и сходящийся ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{n^3}}$. Поэтому ряд (9) тоже сходится.

Перейдем к другой группе признаков сходимости-расходимости положительных рядов. Их преимущество состоит в том, что для их применения не надо строить вспомогательные ряды, как это необходимо при применении признаков сравнения рядов.

Теорема (признак Даламбера). Пусть для положительного ряда $\sum_{n=1}^{\infty}a_n$ существует предел

$$\lim_{n\to\infty}\frac{a_{n+1}}{a_n}=l. \qquad (10)$$

Тогда при $l>1$ ряд расходится, а при $l<1$ сходится.

В выражении (10): a_n – общий член исследуемого ряда, а выражение для a_{n+1} получается из выражения для a_n заменой в нем n на $(n+1)$. Доказательство признака Даламбера построено на сравнении ряда $\sum_{n=1}^{\infty}a_n$ со специально построенной сходящейся (в случае $l<1$) или расходящейся (в случае $l>1$) геометрической прогрессией. Оно достаточно формализовано, а потому мы его опускаем.

Большим недостатком признака Даламбера является то, что он не отвечает на вопрос о сходимости-расходимости в случае $l=1$ (что встречается достаточно часто) и тогда требуется дополнительное исследование. Например, такая ситуация возникает при исследовании гармонического ряда, да и вообще рядов вида $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{\alpha}}=1+\frac{1}{2^{\alpha}}+\frac{1}{3^{\alpha}}+\ldots$, сходимость которых в зависимости от значения параметра α обсуждалась выше.

Пример 4. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^{2n+1}}{n\cdot 3^{n}}\ . \qquad (11)$$

Решение. Общий член ряда (11) имеет вид $a_n=\frac{2^{2n+1}}{n\cdot 3^{n}}$. Тогда выражение для a_{n+1} имеет вид: $a_{n+1}=\frac{2^{2\cdot(n+1)+1}}{(n+1)\cdot 3^{n+1}}=\frac{2^{2n+3}}{(n+1)\cdot 3^{n+1}}$. Тогда их отношение $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ равно : $\frac{a_{n+1}}{a_n}=\frac{2^{2n+3}}{(n+1)\cdot 3^{n+1}}:\frac{2^{2n+1}}{n\cdot 3^{n}}=\frac{2^{2n+3}\cdot n\cdot 3^{n}}{2^{2n+1}\cdot(n+1)\cdot 3^{n+1}}=$ {при делении степеней с одинаковым основанием показатели вычитаются} $=\frac{2^{2}\cdot n}{(n+1)\cdot 3}=\frac{4n}{3n+3}$. Вычисляем предел (10):

$\lim\limits_{n\to\infty}\frac{a_{n+1}}{a_n}=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{4n}{3n+3}=\left[\frac{\infty}{\infty}\right]=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{4}{3+\frac{3}{n}}=\frac{4}{3}$. Итак, в (10) $l=\frac{4}{3}>1$, а потому по признаку Даламбера ряд (11) расходится.

Для дальнейших примеров напомним понятие *факториала* числа. Пусть n – натуральное число (т.е. целое положительное). Тогда *факториалом* этого числа (обозначается $n!$) называется произведение всех целых чисел от 1 до этого числа n :

$$n!=1\cdot 2\cdot 3\cdot\ldots\cdot n\ .$$

Например, $1!=1$, $2!=1\cdot 2=2$, $5!=1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot 5=120$. Факториалом числа ноль

называется число 1: $0!=1$.

Пример 5. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^{2n}}{(n+1)!} \quad . \tag{12}$$

Решение. Общий член ряда (12) имеет вид $a_n=\frac{2^{2n}}{(n+1)!}$. Тогда выражение для a_{n+1} имеет вид: $a_{n+1}=\frac{2^{2\cdot(n+1)}}{(n+2)!}=\frac{2^{2n+2}}{(n+2)!}$. Тогда их отношение $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ равно :

$$\frac{a_{n+1}}{a_n}=\frac{2^{2n+2}}{(n+2)!}:\frac{2^{2n}}{(n+1)!}=\frac{2^{2n+2}\cdot(n+1)!}{2^{2n}\cdot(n+2)!}=\frac{2^{2n+2}}{2^{2n}}\cdot\frac{(n+1)!}{(n+2)!}=4\cdot\frac{1\cdot2\cdot\dots\cdot(n+1)}{1\cdot2\cdot\dots\cdot(n+1)\cdot(n+2)}=$$

=$\{$сокращаем в числителе и знаменателе $1\cdot2\cdot\dots\cdot(n+1)\}=\frac{4}{n+2}$. Вычисляем предел (10): $\lim\limits_{n\to\infty}\frac{a_{n+1}}{a_n}=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{4}{n+2}=0$. Итак, в (10) $l=0<1$, а потому по признаку Даламбера ряд (12) сходится.

Признак Даламбера удобно использовать для выяснения сходимости таких рядов, общие члены которых содержат степени (с постоянным основанием) и факториалы. В этом случае в выражении $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ многое сокращается (как это было видно на примерах), а само выражение оказывается достаточно простым для последующего вычисления предела $\lim\limits_{n\to\infty}\frac{a_{n+1}}{a_n}$. В некоторых других случаях удобно использовать следующий ниже признак.

Теорема (радикальный признак Коши). Пусть для положительного ряда $\sum\limits_{n=1}^{\infty}a_n$ существует предел

$$\lim_{n\to\infty}\sqrt[n]{a_n}=l\,. \tag{13}$$

Тогда при $l>1$ ряд расходится, а при $l<1$ сходится.

Аналогичным недостатком этого признака является то, что он не отвечает на вопрос о сходимости в случае $l=1$ и тогда требуется дополнительное исследование.

Пример 6. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{n}{2n+1}\right)^n. \qquad (14)$$

Решение. Общий член ряда (14) имеет вид $a_n=\left(\frac{n}{2n+1}\right)^n$. Вычислим предел (13):

$\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt[n]{a_n}=\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt[n]{\left(\frac{n}{2n+1}\right)^n}=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{n}{2n+1}=\left[\frac{\infty}{\infty}\right]=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{1}{2+\frac{1}{n}}=\frac{1}{2}$. Итак, для предела (13) получилось $l=\frac{1}{2}<1$, а потому по радикальному признаку Коши ряд (14) сходится.

Пример 7. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\left(\frac{n+1}{n}\right)^{n^2}}{2^n}. \qquad (15)$$

Решение. Общий член ряда (15) имеет вид $a_n=\frac{\left(\frac{n+1}{n}\right)^{n^2}}{2^n}$. Вычислим предел (13):

$\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt[n]{a_n}=\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt[n]{\frac{\left(\frac{n+1}{n}\right)^{n^2}}{2^n}}=\{$извлекаем корень из числителя и знаменателя$\}=$

$= \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{\left(\dfrac{n+1}{n}\right)^n}{2} = \dfrac{1}{2}\cdot \lim\limits_{n\to\infty}\left(1+\dfrac{1}{n}\right)^n = \{$полученный предел представляет собой как раз второй замечательный предел, определяющий знаменитое число $e = 2.718281828...\} = \dfrac{1}{2}\cdot e = \dfrac{e}{2}$ Итак, для предела (13) получилось $l = \dfrac{e}{2} > 1$, а потому по радикальному признаку Коши ряд (15) расходится.

Признак Коши удобно использовать для выяснения сходимости таких рядов, общий член которых a_n является n-ой степенью некоторого несложного выражения. В этом случае в выражении $\sqrt[n]{a_n}$ корень и степень «сокращаются», а полученное выражение оказывается достаточно простым для последующего вычисления предела (13). В некоторых более сложных случаях удобно использовать следующий ниже признак.

Теорема (интегральный признак Коши). Пусть для положительного ряда $\sum\limits_{n=m}^{\infty} a_n$ (индекс суммирования n может начинаться с любого целого числа m) существует такая положительная непрерывная и убывающая на $[m,+\infty)$ функция $f(x)$, что $a_n = f(n)$. Тогда для сходимости этого ряда необходимо и достаточно, чтобы сходился несобственный интеграл $\int\limits_m^{+\infty} f(x)\,dx$.

Для применения этого признака функция $f(x)$, фигурирующая в теореме, может быть построена следующим образом: в выражении для общего члена ряда a_n букву n заменяют на x.

Только этот признак из приведенных выше сможет ответить на вопрос о сходимости гармонического ряда и вообще рядов вида (7), что видно из следующего примера.

Пример 8. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{\alpha}}=1+\frac{1}{2^{\alpha}}+\frac{1}{3^{\alpha}}+\ldots \qquad (16)$$

в зависимости от величины параметра α.

Решение. Если $\alpha<0$, то общий член ряда $a_n=\dfrac{1}{n^{\alpha}}$ не стремится к нулю (он будет даже стремиться к бесконечности), а потому по сформулированному в предыдущем параграфе признаку расходимости ряда этот ряд расходится. Рассмотрим теперь числа $\alpha\geq 0$. Общий член ряда (16) имеет вид $a_n=\dfrac{1}{n^{\alpha}}$. Заменяя в этом выражении n на x, получим функцию $f(x)=\dfrac{1}{x^{\alpha}}$, для которой, очевидно, выполнено: $f(n)=a_n$. Проверим для нее выполнение условий интегрального признака Коши: функция $f(x)=\dfrac{1}{x^{\alpha}}$ должна быть положительной, непрерывной и убывающей на $[1,+\infty)$. Очевидно, все эти свойства выполняются в рассматриваемом случае $\alpha\geq 0$. Поэтому по интегральному признаку Коши сходимость ряда (16) совпадает со сходимостью несобственного интеграла $\int_1^{+\infty}\dfrac{dx}{x^{\alpha}}$. Как известно, этот интеграл сходится для всех $\alpha>1$ и расходится для $\alpha\leq 1$. Таким образом, как это и утверждалось выше, ряд вида (16) сходится для всех $\alpha>1$ и расходится для $\alpha\leq 1$.

Пример 9. Исследовать сходимость ряда

$$\sum_{n=2}^{\infty}\frac{1}{n\cdot\ln n}\quad . \qquad (17)$$

Решение. Суммирование начато с $n=2$, поскольку при $n=1$ общий член ряда $a_n=\dfrac{1}{n\cdot\ln n}$ не определён (деление на $\ln 1=0$). Общий член ряда (17) имеет

вид $a_n = \frac{1}{n \cdot \ln n}$. Заменяя в этом выражении n на x, получим функцию $f(x) = \frac{1}{x \cdot \ln x}$, для которой, очевидно, выполнено: $f(n) = a_n$. Далее, очевидно, что эта функция положительна, непрерывна и является убывающей на [2,+∞) (последнее следует из очевидного факта, что функция $x \cdot \ln x$ положительная и возрастающая). Поэтому по интегральному признаку Коши сходимость ряда (17) совпадает со сходимостью несобственного интеграла $\int_2^{+\infty} \frac{dx}{x \cdot \ln x}$. Исследуем этот интеграл на сходимость. Сходимость этого несобственного интеграла (по определению сходимости) зависит от того, будет ли существовать конечный предел

$$\lim_{b \to +\infty} \int_2^b \frac{dx}{x \cdot \ln x} \quad . \tag{18}$$

Вычислим значение интеграла под знаком предела методом замены переменной:

$$\int_2^b \frac{dx}{x \cdot \ln x} = \left[\begin{array}{c} t = \ln x \\ dt = d(\ln x) = (\ln x)' dx = \frac{1}{x} dx \Rightarrow \frac{dx}{x} = dt \\ \textit{нижний предел по переменной } t = \ln 2 \\ \textit{верхний предел по переменной } t = \ln b \end{array} \right] = \int_{\ln 2}^{\ln b} \frac{dt}{t} = \ln |t| \Big|_{\ln 2}^{\ln b} = \ln(\ln b) - \ln(\ln 2).$$

Таким образом, предел в (18): $\lim_{b \to +\infty} \int_2^b \frac{dx}{x \cdot \ln x} = \lim_{b \to +\infty} [\ln(\ln b) - \ln(\ln 2)] = +\infty$. Поэтому по интегральному признаку Коши ряд (17) расходится.

Замечание. Легко теперь установить (по тому же интегральному признаку Коши), что «чуть исправленный» ряд $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \ln^2 n}$ уже сходится.

1.3. Знакочередующиеся ряды

Мы рассматривали признаки сходимости положительных рядов, все члены которых неотрицательны. Теперь мы будем допускать и отрицательные слагаемые, но для начала будем считать, что знаки слагаемых строго чередуются. *Знакочередующимся рядом* называется ряд, знаки слагаемых которого строго чередуются, начиная с положительного или отрицательного слагаемого. Поскольку число (-1) в четной степени равно 1, а в нечетной (-1), то такие ряды можно записать в форме

$$a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} a_n \qquad (1)$$

или

$$-a_1 + a_2 - a_3 + a_4 - \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n} a_n , \qquad (2)$$

причем в (1) и (2) уже считаем $a_n \geq 0$, так как знак слагаемых мы учли множителем $(-1)^{n+1}$ или $(-1)^n$. Эти множители попеременно принимают значения 1 и (−1), обеспечивая чередование знаков слагаемых рядов (1) и (2). Для обоснования сходимости таких рядов чаще всего используется так называемый *признак Лейбница*.

Теорема (признак Лейбница сходимости знакочередующихся рядов). Пусть для знакочередующегося ряда (1) или (2) выполнено:

1. Последовательность $\{a_n\}$ монотонно убывает, т.е. $a_1 \geq a_2 \geq a_3 \geq \cdots$.

2. $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = 0$.

Тогда исходный знакочередующийся ряд сходится.

Это только *достаточный* признак сходимости знакочередующихся рядов. Поэтому если для какого-либо знакочередующегося ряда условия признака не

выполнены, это не означает, что этот ряд обязательно расходится. Однако если условия выполнены, то ряд обязательно сходится. Впрочем, понятно, что второе-то условие ($\lim\limits_{n\to\infty} a_n = 0$) является необходимым для сходимости рядов вида (1) или (2), иначе общие члены этих рядов $(-1)^{n+1}a_n$ и $(-1)^n a_n$ не стремились бы к 0 тоже, а потому ряды бы оказались расходящимися (см. признак расходимости ряда в параграфе «Числовые ряды – основные понятия»).

Таким образом, справедливо следующее

*Утверждение (*достаточное условие расходимости знакочередующегося ряда). Если для знакочередующегося ряда (1) или (2)

$$\lim_{n\to\infty} a_n \quad \text{или не существует, или} \quad \lim_{n\to\infty} a_n \neq 0, \tag{3}$$

то он является расходящимся.

Пример 1. Попробуем через один поменять знаки слагаемых у гармонического ряда $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\ldots=\sum\limits_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}$ (который, как выше было выяснено, расходится). Получим следующий знакочередующийся ряд: $1-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}-\frac{1}{4}+\ldots=\sum\limits_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n+1}}{n}$. Это знакочередующийся ряд вида (1), для которого $a_n=\frac{1}{n}$ и оба условия признака Лейбница, очевидно, выполняются. Действительно, очевидно, что последовательность $\{a_n\}=\left\{\frac{1}{n}\right\}$ убывает (с ростом номера n) и $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = \lim\limits_{n\to\infty}\frac{1}{n}=0$. Поэтому этот ряд (в отличие от гармонического) сходится.

Пример 2. Исследовать на сходимость ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\cdot n^2 = -1+4-9+16-25+\cdots \quad . \tag{4}$$

Решение. Это знакочередующийся ряд вида (2), у которого $a_n = n^2$. Очевидно $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = \lim\limits_{n\to\infty} n^2 = +\infty$, а потому выполнено условие (3) расходимости ряда. Итак, ряд (4) расходится.

Пример 3. Исследовать на сходимость ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n - \ln n} = -1 + \frac{1}{2 - \ln 2} - \frac{1}{3 - \ln 3} + \cdots \quad . \tag{5}$$

Решение. Покажем, что ряд (5) является знакочередующимся рядом $\sum\limits_{n=1}^{\infty} (-1)^n a_n$ с

$$a_n = \frac{1}{n - \ln n} \tag{6}$$

и к нему применим признак Лейбница. Для того, чтобы доказать, что ряд (5) является знакочередующимся, нужно показать, что в (6)

$$a_n \geq 0, \quad n = 1,2,\ldots \quad . \tag{7}$$

Затем, чтобы показать, что к ряду (5) применим признак Лейбница, нужно доказать, что

$$a_1 \geq a_2 \geq a_3 \geq \cdots \tag{8}$$

$$\lim_{n\to\infty} a_n = 0 . \tag{9}$$

Для доказательства свойств (7), (8) и (9) рассмотрим вспомогательную функцию

$$g(x) = x - \ln x \ , \quad x \in [1,+\infty) \quad . \tag{10}$$

Функция $g(x)$ в (10) это знаменатель в (6), где n заменено на x . Ясно, что

производная $g'(x)=(x-\ln x)'=1-\frac{1}{x}$, а потому $g'(x)\geq 0$ для всех $x\in[1,+\infty)$, что влечет возрастание функции $g(x)$ на $[1,+\infty)$. Но поскольку $g(1)=1-\ln 1=1-0=1>0$, то и для всех $x>1$ выполнено $g(x)>0$. Отсюда сразу следует справедливость (7) (так как в (6) числитель равен 1, а знаменатель больше нуля) и (8) (так как в (6) числитель не меняется, а знаменатель растет). Покажем выполнение свойства (9):

$$\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{n-\ln n} = \lim_{n\to\infty} \frac{\frac{1}{n}}{1-\frac{\ln n}{n}} \quad . \tag{11}$$

Ясно, что в числителе $\frac{1}{n}\to 0$. Найдем предел выражения $\frac{\ln n}{n}$: $\lim\limits_{n\to\infty} \frac{\ln n}{n} = \left[\frac{\infty}{\infty}\right] = \{$применяем правило Лопиталя раскрытия неопределенностей в пределах$\} = \lim\limits_{n\to\infty} \frac{(\ln n)'}{(n)'} = \lim\limits_{n\to\infty} \frac{\frac{1}{n}}{1} = \lim\limits_{n\to\infty} \frac{1}{n} = 0$. Итак, $\lim\limits_{n\to\infty} \frac{\ln n}{n} = 0$, а потому из (11) следует $\lim\limits_{n\to\infty} a_n = \frac{0}{1-0} = 0$, т.е. выполнение свойства (9). Таким образом, ряд (5) действительно является знакочередующимся рядом, к которому применим признак Лейбница, а потому ряд (5) сходится.

1.4. Знакопеременные ряды

Переходим теперь к изучению рядов с произвольным распределением знаков его слагаемых. Пусть дан ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = a_1 + a_2 + a_3 + \cdots \tag{1}$$

с произвольными по знаку слагаемыми $a_1, a_2, a_3, \ldots$. Опять нужно исследовать

его на сходимость. Поскольку большинство пройденных нами признаков сходимости-расходимости касались положительных рядов, то попробуем составить по данному ряду вспомогательный положительный ряд, для которого сможем применить эти признаки. Вспомогательный положительный ряд для ряда (1) построим так: положительные слагаемые оставим на месте, а у отрицательный поменяем знак. То же самое делает взятие модуля от числа (положительное число оставляет на месте, а у отрицательного поменяет знак), поэтому вспомогательный положительный ряд есть ряд, составленный из модулей слагаемых:

$$\sum_{n=1}^{\infty} |a_n| = |a_1| + |a_2| + |a_3| + \cdots \quad . \qquad (2)$$

Допустим, что имеющимися признаками для положительных рядов мы узнали, сходится ряд (2) или расходится. Можно ли теперь ответить на вопрос о сходимости или расходимости исходного ряда (1)? Иногда да, а иногда нет. Поскольку справедлива следующая

Теорема. Если ряд (2) сходится, то сходится и ряд (1).

А вот если ряд из модулей (2) расходится, то о сходимости или расходимости ряда (1) ничего сказать нельзя. Может быть всякое.

В связи с этим для знакопеременного ряда (1) могут возникнуть только 3 взаимоисключающие ситуации.

1. Ряд (2) сходится. В этом случае (по теореме) сходится и ряд (1), который в этом случае называется *абсолютно сходящимся* рядом. Этим подчеркивается, что сходится не только этот ряд, но и ряд, составленный из абсолютных величин (т.е. модулей) слагаемых ряда.

2. Ряд (2) расходится, но, тем не менее, сам ряд (1) сходится. В этом случае ряд (1) называется *условно сходящимся рядом.* Этим подчеркивается, что

сходится только сам ряд, но ряд, составленный из абсолютных величин слагаемых ряда, расходится.

3. Исходный ряд (1) расходится. Конечно, расходится при этом и ряд из модулей (2) (т.к. если бы он сходился, то по теореме сходился бы и исходный ряд).

Поэтому, когда ставится вопрос об исследовании сходимости произвольного знакопеременного ряда, то ответом будет являться одно из: а) ряд сходится абсолютно; б) ряд сходится условно; в) ряд расходится.

Пример 1. Ряд $1-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}-\frac{1}{4}+\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}$ сходится *условно*. Это следует из того, что сам ряд сходится (это было доказано в примере 1 предыдущего параграфа), а составленный из модулей ряд суть гармонический $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}$, который расходится.

Пример 2. Ряд $1-\frac{1}{4}+\frac{1}{9}-\frac{1}{16}+\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n^2}$ сходится абсолютно. Это следует из того, что сходится составленный из модулей ряд $1+\frac{1}{4}+\frac{1}{9}+\frac{1}{16}+\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^2}$,

поскольку это ряд вида $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{\alpha}}=1+\frac{1}{2^{\alpha}}+\frac{1}{3^{\alpha}}+\ldots$ при $\alpha=2>1$ (см. пример 8 параграфа «Положительные ряды»).

Пример 3. Ряд $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{\frac{n(n+1)}{2}}\cdot n=-1-2+3+4-5-6+7+8-\ldots$ расходится, так как общий член ряда, очевидно, не стремиться к 0.

Для исследования ряда на абсолютную сходимость может помочь следующая

Теорема (обобщенный признак Даламбера). Дан произвольный ряд $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$. Пусть существует конечный или бесконечный предел $\lim_{n\to\infty}\frac{|b_{n+1}|}{|b_n|}=l$. Тогда при $l < 1$ ряд *абсолютно* сходится, а при $l > 1$ ряд расходится.

Этот признак может быть использован в дальнейшем и для исследования так называемых степенных рядов.

2. СТЕПЕННЫЕ РЯДЫ

2.1. Функциональные ряды

Складывать можно не только бесконечно много чисел (т.е. составлять числовые ряды), но и бесконечно много функций. Пусть $u_1(x)$, $u_2(x)$, $u_3(x)$, … – бесконечный набор некоторых функций. Выражение вида

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n(x) = u_1(x)+u_2(x)+u_3(x)+\ldots \qquad (1)$$

называется *функциональным рядом*. Если в каждую из этих функций подставить одно и то же конкретное (допустимое) значение x и вычислить ее значение, затем подставить в функциональный ряд (1), то он перейдет в числовой ряд. При подстановке некоторых числовых значений x получающийся числовой ряд может оказаться сходящимся, а некоторых – расходящимся.

Областью сходимости функционального ряда (1) называется множество всех чисел x, при подстановке которых в этот ряд получается сходящийся числовой ряд.

Пусть D – область сходимости ряда (1). Тогда для всех x из D ряд (1) сходится, а потому имеет некоторое число S в качестве своей суммы. При разных x сумма ряда S может быть различной, а потому сумма ряда является некоторой *функцией* от x: $S = S(x)$. Тогда можно записать, что для всех x из D:

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n(x) = u_1(x) + u_2(x) + u_3(x) + \ldots = S(x). \qquad (2)$$

Пример 1. Найти область сходимости ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^x} = 1 + \frac{1}{2^x} + \frac{1}{3^x} + \ldots \quad . \qquad (3)$$

Решение. Ряд (3) это функциональный ряд вида (1) при $u_n(x) = \frac{1}{n^x}$. Нужно выяснить, при подстановке каких числовых значений x в (3) получается сходящийся числовой ряд. Ранее (в параграфе «Положительные ряды», пример 8) мы уже рассматривали подобные числовые ряды вида $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^\alpha} = 1 + \frac{1}{2^\alpha} + \frac{1}{3^\alpha} + \ldots$ и выяснили, что они сходятся только при условии $\alpha > 1$. Отсюда следует, что и ряд (3) сходится только при $x > 1$. Поэтому областью сходимости D данного ряда является интервал $(1, +\infty)$.

Пример 2. Найти область сходимости ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \ldots \qquad (4)$$

и выражение для суммы этого ряда $S = S(x)$.

Решение. При подстановке любого числа x в (4) получается, как легко видеть, геометрическая прогрессия с первым членом 1 и со знаменателем прогрессии $q = x$. В параграфе 1.1 мы уже рассматривали условия сходимости

геометрической прогрессии и получили, что она сходится только при условии $|q|<1$. Поэтому *областью сходимости ряда* (4) *является интервал* $(-1, 1)$, а для всех x из этого интервала сумма ряда (по формуле суммы бесконечной убывающей геометрической прогрессии – формула (6) в параграфе 1.1) равна : $S(x)=\frac{1}{1-x}$. Таким образом,

$$\sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \ldots = \frac{1}{1-x} \quad \text{для всех} \quad x \in (-1, 1). \qquad (5)$$

2.2. Степенные ряды – основные понятия

Более подробно рассмотрим специальные функциональные ряды $\sum_{n=0}^{\infty} u_n(x) = u_1(x) + u_2(x) + u_3(x) + \ldots$, для которых слагаемые $u_n(x)$ имеют вид: $u_n(x) = a_n(x - x_0)^n$, где x_0 – некоторое число, а $\{a_n\}$ – некоторая заданная последовательность чисел. Итак, *степенным рядом* с центром в точке x_0 называется функциональный ряд вида

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n(x - x_0)^n = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)^2 + a_3(x - x_0)^3 \ldots \quad . \qquad (1)$$

Числа $a_0, a_1, a_2 \ldots$ называются *коэффициентами* степенного ряда.

Пример 1. Функциональный ряд

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(x+5)^n}{n+1} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n+1} \cdot (x+5)^n = 1 + \frac{1}{2}(x+5) + \frac{1}{3}(x+5)^2 + \ldots .$$

является степенным рядом с центром в точке $x_0 = -5$, а его коэффициенты $a_n = \frac{1}{n+1}$, $n = 0, 1, 2, \ldots$.

Проще всего выглядит степенной ряд (1) с центром в нуле, т.е. когда $x_0 = 0$:

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \ldots \quad . \qquad (2)$$

Этот ряд можно рассматривать как многочлен бесконечной степени. Ряд (1) с переменной x всегда можно свести к ряду (2), сделав в нем замену переменной $y = x - x_0$. Тогда получится ряд вида (2) с переменной *y*.

Степенной ряд (1) всегда имеет непустую область сходимости, так как *число* x_0 (для ряда (2) это число 0) *всегда входит в эту область*, поскольку при $x = x_0$ степенной ряд (1) обрывается на первом слагаемом (остальные слагаемые зануляются), а потому сходится и сумма его равна a_0 .

Область сходимости степенного ряда (1) имеет специфическую структуру – это либо только одна точка x_0, либо некоторый интервал с центром в этой точке (концы интервала могут входить или не входить в эту область), либо вся числовая прямая (которая, при желании, может тоже рассматриваться как *бесконечный* интервал с центром в точке x_0). А именно, справедлива следующая

Теорема (об области сходимости степенного ряда). Областью сходимости степенного ряда (1) является либо одно число x_0, либо вся числовая прямая, либо интервал вида $(x_0 - R,\ x_0 + R)$ и, возможно, одна или обе концевых точки этого интервала.

Интервал $(x_0 - R,\ x_0 + R)$, фигурирующий в теореме, называется *интервалом сходимости* степенного ряда (1), а число R называется *радиусом сходимости* этого ряда. Для всех значений x внутри интервала сходимости степенной ряд (1) сходится *абсолютно*. Для ряда (2) (случай $x_0 = 0$) интервал

сходимости имеет вид $(-R,\ R)$.

Радиус сходимости может быть вычислен по одной из следующих формул:

$$R = \lim_{n\to\infty} \frac{|a_n|}{|a_{n+1}|} \tag{3}$$

или

$$R = \frac{1}{\lim\limits_{n\to\infty} \sqrt[n]{|a_n|}}, \tag{4}$$

если, конечно, соответствующие пределы существуют. Доказательство теоремы, а также формула (3) для радиуса сходимости могут быть получены несложными рассуждениями из обобщенного признака Даламбера, приведенного в конце параграфа 1.4, но здесь мы на этом останавливаться не будем.

Если по (3) или (4) получается $R = 0$, то область сходимости состоит только из одной точки x_0. Если же $R = \infty$, то областью сходимости является вся числовая прямая.

Для нахождения области сходимости произвольного степенного ряда $\sum\limits_{n=0}^{\infty} a_n (x - x_0)^n$ применяется *следующая схема.*

1) Находим интервал сходимости ряда $(x_0 - R,\ x_0 + R)$. Для этого либо вычисляется радиус сходимости R по приведенным выше формулам (3) или (4), либо напрямую применяется обобщенный признак Даламбера, приведенный в конце параграфа 1.4. Этот признак удобнее применять тогда, когда в степенном ряде бесконечно много коэффициентов $\{a_n\}$ обращаются в 0, а потому вычисление радиуса сходимости по формуле (3) или (4) невозможно. Это происходит, например тогда, когда ряд содержит только четные (либо только

нечетные) степени $(x-x_0)$, это означает, что в (1) все коэффициенты a_n при нечетных (соответственно, четных) показателях степени $(x-x_0)^n$ обращаются в ноль.

2) Проверяем принадлежность концевых точек интервала сходимости (x_0-R) и (x_0+R) области сходимости. Для этого подставляем каждое из этих чисел в исходный степенной ряд (вместо x) и исследуем на сходимость получившийся числовой ряд. Если ряд оказался сходящимся, то проверяемая граница интервала сходимости принадлежит области сходимости, а если нет, то нет.

3) Выписываем область сходимости как интервал сходимости с возможным включением его концевых точек (в зависимости от результатов пункта 2).

Пример 2. Найти область сходимости степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(x+5)^n}{n\cdot 4^n}. \qquad (5)$$

Решение. Поскольку $\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(x+5)^n}{n\cdot 4^n}=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n\cdot 4^n}\cdot(x+5)^n$, то ряд (5) есть степенной ряд вида (1) с центром в точке $x_0=-5$ и коэффициентами $a_n=\frac{(-1)^n}{n\cdot 4^n}$.

Согласно приведенной выше схеме нахождения области сходимости степенного ряда, сначала вычислим радиус сходимости по формуле (3). В данном примере

$$|a_n|=\left|\frac{(-1)^n}{n\cdot 4^n}\right|=\frac{|(-1)^n|}{|n\cdot 4^n|}=\frac{1}{n\cdot 4^n}, \qquad (6)$$

поскольку $(-1)^n$ при любом натуральном числе n принимает значение либо 1, либо (-1), а выражение $n\cdot 4^n$ всегда положительно. Подставляя в (6) выражение $(n+1)$ вместо n, получим выражение для $|a_{n+1}|:|a_{n+1}|=\frac{1}{(n+1)\cdot 4^{n+1}}$. Тогда по

формуле (3) радиус сходимости

$$R=\lim_{n\to\infty}\frac{|a_n|}{|a_{n+1}|}=\lim_{n\to\infty}\left(\frac{1}{n\cdot 4^n}:\frac{1}{(n+1)\cdot 4^{n+1}}\right)=\lim_{n\to\infty}\frac{(n+1)\cdot 4^{n+1}}{n\cdot 4^n}=\lim_{n\to\infty}\frac{(n+1)\cdot 4}{n}=$$

$$=\lim_{n\to\infty}\frac{4n+4}{n}=\lim_{n\to\infty}\left(4+\frac{4}{n}\right)=4.$$

Таким образом, $R=4$. Поэтому интервалом сходимости $(x_0-R,\ x_0+R)$ будет в данном случае интервал $(-9,-1)$. Область сходимости состоит из точек этого интервала и, возможно, одной или обеих граничных точек этого интервала (-1) и (-9). Проверим эти точки на принадлежность области сходимости ряда (5). Для этого (по определению области сходимости ряда) будем подставлять эти числа вместо x в (5) и выяснять, будет ли получающийся при этом числовой ряд сходящимся или расходящимся.

Рассмотрим сначала $x=-1$. Подставляя $x=-1$ в ряд (5) получим числовой ряд: $\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{4^n}{n\cdot 4^n}=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n+1}}{n}=1-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}-\frac{1}{4}+\dots$. Этот знакочередующийся ряд уже был рассмотрен в параграфе 1.3 (пример 1) и по признаку Лейбница было доказано, что он сходится. Поэтому число $x=-1$ будет включаться в область сходимости ряда (5).

Рассмотрим другую граничную точку интервала сходимости $x=-9$. Подставляя $x=-9$ в ряд (5) получим числовой ряд: $\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(-4)^n}{n\cdot 4^n}$. Упростим выражение для общего члена полученного ряда:

$$\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(-4)^n}{n\cdot 4^n}=\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(-1\cdot 4)^n}{n\cdot 4^n}=\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\cdot\frac{(-1)^n\cdot 4^n}{n\cdot 4^n}=\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^{2n}\cdot\frac{1}{n}=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{n}\quad.$$

При этом выводе мы воспользовались тем, что (-1) в четной степени $2n$ всегда дает 1. Полученный *гармонический* ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}=1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\dots$, как

неоднократно было заявлено, расходится. Поэтому число $x = -9$ не будет включаться в область сходимости ряда (5). Таким образом, областью сходимости ряда (5) является полуинтервал $(-9, 1]$.

Пример 3. Найти область сходимости степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} n!\, x^n . \qquad (7)$$

Решение. Ряд (7) есть степенной ряд вида (1) с центром в точке $x_0 = 0$ (т.е. ряд вида (2)) и коэффициентами $a_n = n!$. Согласно приведенной выше схеме нахождения области сходимости степенного ряда, сначала вычислим радиус сходимости по формуле (3). В данном примере $|a_n| = |n!| = n!$, а потому $|a_{n+1}| = (n+1)!$. Тогда по формуле (3) радиус сходимости $R = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{|a_n|}{|a_{n+1}|} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{n!}{(n+1)!} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{1\cdot 2\cdot 3\cdot \ldots \cdot n}{1\cdot 2\cdot 3\cdot \ldots \cdot n\cdot (n+1)} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{1}{n+1} = 0$. Таким образом, радиус сходимости $R = 0$. В этом случае (как выше сказано) область сходимости состоит из единственной точки $x_0 = 0$.

Пример 4. Найти область сходимости степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} . \qquad (8)$$

Решение. Ряд (8) есть степенной ряд вида (1) с центром в точке $x_0 = 0$ (т.е. опять ряд вида (2)) и коэффициентами $a_n = \dfrac{1}{n!}$. Вычислим радиус сходимости по формуле (3). В данном примере $|a_n| = \left|\dfrac{1}{n!}\right| = \dfrac{1}{n!}$, а потому $|a_{n+1}| = \dfrac{1}{(n+1)!}$. Тогда по формуле (3) радиус сходимости $R = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{|a_n|}{|a_{n+1}|} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{(n+1)!}{n!} = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{1\cdot 2\cdot 3\cdot \ldots \cdot n\cdot (n+1)}{1\cdot 2\cdot 3\cdot \ldots \cdot n} = \lim\limits_{n\to\infty} (n+1) = \infty$. Таким образом, радиус сходимости $R = \infty$. В этом случае (как выше сказано) областью

сходимости является вся числовая прямая $(-\infty,+\infty)$.

2.3. Свойства суммы степенного ряда

Рассмотрим теперь свойства функции $S(x)$, являющейся суммой степенного ряда (1) в предыдущем параграфе и определенной на его области сходимости:

$$S(x)=\sum_{n=0}^{\infty}a_n(x-x_0)^n=a_0+a_1(x-x_0)+a_2(x-x_0)^2+a_3(x-x_0)^3\ldots \qquad (1)$$

Теорема (о почленном дифференцировании и интегрировании степенного ряда). Сумма $S(x)$ степенного ряда (1) является непрерывной функцией на интервале сходимости $(x_0-R,\ x_0+R)$. Внутри этого интервала степенной ряд можно почленно дифференцировать и брать неопределенный интеграл. Получающиеся при этом степенные ряды *имеют тот же радиус сходимости*, что и исходный степенной ряд.

Утверждение о возможности почленного дифференцирования и интегрирования степенного ряда означают справедливость следующих формул:

$$S'(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\left[a_n(x-x_0)^n\right]'=\sum_{n=0}^{\infty}a_n\cdot n\cdot(x-x_0)^{n-1}=$$

$$=a_1+2a_2(x-x_0)+3a_3(x-x_0)^2+\cdots \qquad (2)$$

$$\int S(x)dx=\sum_{n=0}^{\infty}a_n\int(x-x_0)^n dx=C+\sum_{n=0}^{\infty}\frac{a_n}{n+1}(x-x_0)^{n+1}=$$

$$=C+a_0(x-x_0)+\frac{a_1}{2}(x-x_0)^2+\frac{a_2}{3}(x-x_0)^3+\frac{a_3}{4}(x-x_0)^4+\ldots \qquad (3)$$

Произвольная постоянная C возникла, как и должно быть, при

вычислении неопределенного интеграла, только здесь ее удобно записать в начале, а не в конце.

По утверждению теоремы сумма $S(x)$ степенного ряда (1) является дифференцируемой (т.е. имеющей производную) функцией на интервале сходимости $(x_0 - R,\ x_0 + R)$. После вычисления ее производной по формуле (2) эта производная $S'(x)$ опять представляется суммой степенного ряда $S'(x) = a_1 + 2a_2(x - x_0) + 3a_3(x - x_0)^2 + \cdots$ с тем же интервалом сходимости $(x_0 - R,\ x_0 + R)$. А потому от функции $S'(x)$ опять можно вычислять производную (будет получаться уже вторая производная $S''(x)$), которая опять будет представляться степенным рядом на интервале $(x_0 - R,\ x_0 + R)$. И так далее. Отсюда вытекает важное следствие.

Следствие. Сумма $S(x)$ степенного ряда (1) является бесконечно дифференцируемой (т.е. имеет производные любого порядка) функцией на интервале сходимости этого ряда $(x_0 - R,\ x_0 + R)$.

С помощью приведенной выше теоремы можно находить области сходимости и (что наиболее важно) формулы для сумм некоторых степенных (или числовых) рядов. Для этого с помощью интегрирования или дифференцирования исследуемых рядов получают степенной ряд с известной суммой (например, геометрическую прогрессию), т.е. получают формульное выражение для производной или интеграла от искомой суммы $S(x)$, а затем по этому выражению восстанавливают и саму функцию $S(x)$.

Пример 1. Найти интервал сходимости и сумму степенного ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\cdot x^n = 1 + 2x + 3x^2 + 4x^3 + \ldots \quad . \tag{4}$$

Решение. Обозначим через $S(x)$ сумму этого ряда, пусть R – его радиус

сходимости. Тогда выполнено: $S(x)=\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\cdot x^n=1+2x+3x^2+4x^3+\ldots$ для всех точек из интервала сходимости $x\in(R,R)$. Тогда по формуле (3):

$$\int S(x)dx=\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\int x^n dx=C+\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\cdot\frac{1}{n+1}\cdot x^{n+1}=C+\sum_{n=0}^{\infty}x^{n+1}. \qquad (5)$$

Степенной ряд в правой части (5) $\sum_{n=0}^{\infty}x^{n+1}=x+x^2+x^3+\cdots$ при каждом числе x представляет собой геометрическую прогрессию с первым членом x и знаменателем прогрессии $q=x$. В параграфе 1.1 мы уже рассматривали условия сходимости геометрической прогрессии и получили, что она сходится только при условии $|q|<1$. Поэтому областью сходимости ряда $\sum_{n=0}^{\infty}x^{n+1}$ является интервал $(-1,\,1)$, а для всех x из этого интервала сумма ряда (по формуле суммы бесконечной убывающей геометрической прогрессии – формула (6) в параграфе 1.1) равна $\frac{x}{1-x}$. Таким образом, по приведенной выше теореме о почленном дифференцировании и интегрировании степенного ряда интервал сходимости исходного ряда (4) тоже $(-1,\,1)$. Подставляя $\frac{x}{1-x}$ в правую часть (5), получаем $\int S(x)dx=\frac{x}{1-x}+C$. Отсюда следует, что функция $\frac{x}{1-x}$ является одной из первообразных для $S(x)$, а потому $S(x)=\left(\frac{x}{1-x}\right)'=\frac{(x)'\cdot(1-x)-(1-x)'\cdot x}{(1-x)^2}=\frac{1}{(1-x)^2}$. Итак, мы нашли выражение для суммы степенного ряда (4):

$$\sum_{n=0}^{\infty}(n+1)\cdot x^n=1+2x+3x^2+4x^3+\ldots=\frac{1}{(1-x)^2},\qquad x\in(-1,1). \qquad (6)$$

Пример 2. Найти сумму числового ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty}\frac{0.3^{n+1}}{n+1}=0.3+\frac{0.3^2}{2}+\frac{0.3^3}{3}+\cdots \quad . \tag{7}$$

Решение. Рассмотрим вспомогательный степенной ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{x^{n+1}}{n+1}$, сумму которого обозначим $S(x)$:

$$S(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^{n+1}}{n+1}=x+\frac{x^2}{2}+\frac{x^3}{3}+\cdots \quad . \tag{8}$$

Найдем формулу для $S(x)$, а тогда $S(0.3)$ даст нам искомую сумму ряда (8). Вычислим производную функции $S(x)$ в (8), используя формулу (2) почленного дифференцирования ряда:

$$S'(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\left[\frac{x^{n+1}}{n+1}\right]'=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(n+1)x^n}{n+1}=\sum_{n=0}^{\infty}x^n=1+x+x^2+x^3+\cdots . \tag{9}$$

Для степенного ряда в правой части (9) мы уже находили сумму и область сходимости (см. параграф 2.1, формула (5)): $1+x+x^2+x^3\ldots=\frac{1}{1-x}$ для всех $x\in(-1,1)$. Поэтому из (9) получаем, что $S'(x)=\frac{1}{1-x}$ для $x\in(-1,1)$. Таким образом, функция $S(x)$ оказывается одной из первообразных функции $\frac{1}{1-x}$. Найдем множество всех первообразных этой функции (т.е. неопределенный интеграл от нее), а затем среди них найдем и $S(x)$: $S(x)=\int\frac{1}{1-x}dx=-\int\frac{d(1-x)}{1-x}=-\ln|1-x|+C$. Таким образом, получили, что для $x\in(-1,1)$:

$$S(x)=-\ln|1-x|+C \tag{10}$$

при некотором значении произвольной постоянной C. Найдем это значение C. Из (8) следует, что значение функции $S(x)$ при $x=0$ будет

$S(0)=0+\frac{0^2}{2}+\frac{0^3}{3}+\cdots=0+0+0+\cdots=0$. Таким образом, $S(0)=0$, а потому из (10): $0=-\ln|1-0|+C$, откуда $C=0$. Поэтому из (10) получаем, что $S(x)=-\ln|1-x|$ для всех $x\in(-1,\ 1)$. А потому $S(0.3)=-\ln|1-0.3|=-\ln 0.7$. Итак, $\sum_{n=0}^{\infty}\frac{0.3^{n+1}}{n+1}=0.3+\frac{0.3^2}{2}+\frac{0.3^3}{3}+\cdots=-\ln 0.7\approx 0.35$.

2.4. Разложение функций в степенные ряды

Используя формулу для суммы бесконечно убывающей геометрической прогрессии, мы в параграфе 2.1 (формула (5)) получили, что сумма степенного ряда $\sum_{n=0}^{\infty}x^n=1+x+x^2+x^3\ldots=\frac{1}{1-x}$ для всех $x\in(-1,1)$. Если теперь поменять местами левую и правую часть этого равенства, то получится, что выполнено равенство

$$\frac{1}{1-x}=\sum_{n=1}^{\infty}x^{n-1}=1+x+x^2+x^3\ldots \text{ для всех } x\in(-1,\ 1). \qquad (1)$$

Это означает, что функция $f(x)=\frac{1}{1-x}$ представлена на интервале $(-1,\ 1)$ в виде сходящегося степенного ряда. А для каких еще функций возможно такое представление? И как его найти?

Введем следующее определение. Будем говорить, что функция $f(x)$ *разлагается в степенной ряд* с центром в x_0 на интервале (x_0-R,x_0+R), если для всех x из этого интервала справедливо равенство

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty}a_n(x-x_0)^n=a_0+a_1(x-x_0)+a_2(x-x_0)^2+a_3(x-x_0)^3\ldots \quad . \qquad (2)$$

Теперь заданные выше вопросы можно переформулировать следующим образом. Какие функции разлагаются в степенные ряды с центром в некоторой

точке x_0 и (если разложение возможно) как найти коэффициенты a_0, a_1, a_2, … этого разложения?

В предыдущем параграфе было сформулировано следствие о том, что сумма степенного ряда является бесконечно дифференцируемой функцией на интервале сходимости ряда. Поэтому разлагаться в степенной ряд могут только функции, имеющие производные любого порядка (да и то не все!). Пусть некоторая функция $f(x)$ имеет производные *любого* порядка в некоторой окрестности точки x_0. Найдем значения самой функции и всех ее производных (по предположению они существуют!) в этой точке : $f(x_0)$, $f'(x_0)$, $f''(x_0)$, ..., $f^{(n)}(x_0)$, ... Теперь, используя эти числа, составим следующий степенной ряд:

$$f(x_0)+\frac{f'(x_0)}{1!}(x-x_0)+\frac{f''(x_0)}{2!}(x-x_0)^2+\ldots+\frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x-x_0)^n+\ldots =$$

$$=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x-x_0)^n \ . \qquad (3)$$

Этот ряд называется *рядом Тейлора* функции $f(x)$ с центром в точке x_0. Таким образом, каждой бесконечно дифференцируемой в окрестности точки x_0 функции можно поставить в соответствие некоторый степенной ряд − ее ряд Тейлора. Оказывается, что уж *если функция разлагается в окрестности некоторой точки в какой-либо степенной ряд, то этот ряд может быть только рядом Тейлора этой функции*. Об этом говорит следующая теорема.

Теорема (о единственности разложения в степенной ряд). Пусть функция $f(x)$ разлагается в окрестности точки x_0 в степенной ряд:

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty}a_n(x-x_0)^n=a_0+a_1(x-x_0)+a_2(x-x_0)^2+a_3(x-x_0)^3\ldots \ . \qquad (4)$$

Тогда она бесконечно дифференцируема в окрестности этой точки и

$$a_0 = f(x_0),\ \ a_1 = \frac{f'(x_0)}{1!},\ \ a_2 = \frac{f''(x_0)}{2!},\ \ \dots\ ,\ \ a_n = \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!},\ \ \dots\ . \qquad (5)$$

Доказательство. Бесконечная дифференцируемость функции $f(x)$, являющейся суммой степенного ряда, уже отмечалась в предыдущем параграфе. Подставив в правую и левую части равенства (4) $x = x_0$, получим первую из формул в (5). Дифференцируя почленно степенной ряд в (4) (а это можно делать с суммой степенного ряда!), получим $f'(x) = a_1 + 2a_2(x - x_0) + 3a_3(x - x_0)^2 + \cdots$. Снова подставляя в это равенство $x = x_0$, получим вторую из формул в (5). Снова дифференцируя это равенство и подставляя $x = x_0$, получим третью формулу в (5). И так далее, что завершает доказательство теоремы.

Формулы (5) и дают ответ на вопрос о способе нахождения коэффициентов $a_0, a_1, a_2, \dots$ разложения функции $f(x)$ в степенной ряд (коли такое разложение вообще возможно). Теперь ответим на вопрос о том, для каких функций гарантирована возможность такого разложения.

Теорема (о разложении). Если функция $f(x)$ бесконечно дифференцируема в некотором интервале $(x_0 - R, x_0 + R)$ и ее производные всех порядков ограничены на этом интервале одним и тем же числом (т.е. в формальной записи $\exists M\ \forall n\ \forall x \in (x_0 - R, x_0 + R)\colon |f^{(n)}(x)| < M$), то она разлагается в свой ряд Тейлора на этом интервале, т.е. для всех $x \in (x_0 - R, x_0 + R)$ имеет место представление:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x - x_0)^n =$$

$$= f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}(x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!}(x - x_0)^2 + \frac{f'''(x_0)}{3!}(x - x_0)^3 + \dots \qquad (6)$$

Особенно просто ряд Тейлора (3) для функции $f(x)$ выглядит при $x_0 = 0$:

$$f(0)+\frac{f'(0)}{1!}x+\frac{f''(0)}{2!}x^2+\ldots+\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n+\ldots=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n.$$

В этом случае ряд Тейлора называется *рядом Маклорена* для функции $f(x)$. Учитывая (6), находим вид разложения функции в ряд Маклорена ($x_0=0$):

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n=f(0)+\frac{f'(0)}{1!}x+\frac{f''(0)}{2!}x^2+\frac{f'''(0)}{3!}x^3+\ldots+\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n+\ldots\ . \qquad (7)$$

Согласно приведенной выше теореме о разложении, представление (7) функции $f(x)$ в виде ряда Маклорена имеет место на любом интервале вида $(-R,R)$, если только функция $f(x)$ бесконечно дифференцируема в интервале $(-R,R)$ и ее производные всех порядков ограничены на этом интервале одним и тем же числом .

Разложение функций в ряд Маклорена применяется значительно чаще, поскольку представляет собой удобное для приложений разложение функции по степеням x (т.е. представляет собой многочлен «бесконечной степени»). Найдем разложения в ряд Маклорена некоторых основных элементарных функций.

2.5. Разложения элементарных функций в ряды Маклорена

В этом параграфе мы, используя вид разложения функции в ряд Маклорена

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n=f(0)+\frac{f'(0)}{1!}x+\frac{f''(0)}{2!}x^2+\frac{f'''(0)}{3!}x^3+\ldots+\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n+\ldots\ , \qquad (1)$$

найдем разложение по степеням x некоторых элементарных функций.

1. Пусть $f(x)=e^x$. Тогда, очевидно, $f'(x)=f''(x)=f'''(x)=\cdots=f^{(n)}(x)=\cdots=e^x$. Поэтому на *любом* конкретном интервале $(-R,R)$ эти производные ограничены одним и тем же числом (например, числом $M=e^R$) и

$f'(0)=f''(0)=f'''(0)=\cdots=f^{(n)}(0)=\cdots=e^0=1$. Поэтому условия теоремы о разложении выполняются на *любом* интервале $(-R,R)$, а потому, согласно (1), для всех $x\in(-\infty,+\infty)$:

$$e^x=1+\frac{x}{1!}+\frac{x^2}{2!}+\ldots+\frac{x^n}{n!}+\ldots=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{n!} \quad . \tag{2}$$

2. Рассмотрим $f(x)=\sin x$. Тогда $f'(x)=(\sin x)'=\cos x$, $f''(x)=(\cos x)'=-\sin x$, $f'''(x)=(-\sin x)'=-\cos x$, $f''''(x)=(-\cos x)'=-\sin x$. Поскольку опять получилась функция $f(x)=\sin x$, то дальнейшие производные будут повторять те, что мы уже нашли. Поэтому все производные ограничены на всей числовой прямой (например, числом *1*, как все синусы и косинусы) и условия теоремы о разложимости в степенной ряд на всей числовой прямой выполнены. Далее, $f(0)=\sin 0=0$, $f'(0)=\cos 0=1$, $f''(0)=-\sin 0=0$, $f'''(0)=-\cos 0=-1$, $f''''(0)=-\sin 0=0$ и далее все циклически повторяется. Поэтому разложение (1) будет содержать только нечетные степени x:

$$\sin x=x-\frac{x^3}{3!}+\frac{x^5}{5!}-\frac{x^7}{7!}+\ldots=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!} \tag{3}$$

для всех $x\in(-\infty,+\infty)$.

3. Рассмотрим $f(x)=\cos x$. Тогда можно получить разложение в ряд Маклорена тем же путем, что для $f(x)=\sin x$. Но мы сделаем это проще, если учтем полученное разложение (3) для $f(x)=\sin x$ и то, что $\cos x=(\sin x)'$. Дифференцируя (т.е. беря производную) почленно правую и левую части равенства (3), получим, учитывая возможность почленного дифференцирования степенных рядов внутри их интервала сходимости,

$$\cos x=1-\frac{3x^2}{3!}+\frac{4x^3}{4!}-\frac{7x^7}{6!}+\ldots=1-\frac{x^2}{2!}+\frac{x^4}{4!}-\frac{x^6}{6!}+\ldots \quad .$$

Таким образом, для всех $x\in(-\infty,+\infty)$:

$$\cos x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n)!} x^{2n} = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots \ . \qquad (4)$$

4. Рассмотрим $f(x) = \ln(1+x)$. Тогда, интегрируя почленно полученное ранее разложение $\frac{1}{1-x} = \sum_{n=1}^{\infty} x^{n-1} = 1 + x + x^2 + x^3 \dots$, можно получить

$$\ln(1+x) = C + x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^5}{5} + \dots = C + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^n \qquad (5)$$

для всех $x \in (-1, 1)$. Произвольная постоянная C появилась, как обычно, после вычисления неопределенного интеграла. Найдем ее значение. Для этого подставим в (5) $x = 0$: $\ln 1 = C$, т.е. $C = 0$. Поэтому из (5) получаем:

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^n, \quad x \in (-1, 1). \qquad (6)$$

5. Рассмотрим $f(x) = (1+x)^{\alpha}$, где α – любое действительное число. Тогда, вычисляя значения производных в нуле, из (1) можно (хотя чуть более громоздко, чем в предыдущих примерах) получить:

$$(1+x)^{\alpha} = 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2!} x^2 + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)}{3!} x^3 + \dots + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)\dots(\alpha-(n-1))}{n!} x^n + \dots \qquad (7)$$

для всех $x \in (-1, 1)$. Например, при $\alpha = \frac{1}{2}$ получаем разложение для квадратного корня:

$$\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \dots \quad \text{для всех } x \in (-1, 1). \qquad (8)$$

С помощью приведенных выше разложений для основных элементарных можно находить разложения по степеням x более сложных функций.

Пример1. Разложить по степеням x (т.е. в ряд Маклорена) функцию

$f(x) = x \cdot \ln(1 + x^2)$.

Решение. Заменяя в правой и левой части (6) x на x^2, получим

$$\ln(1 + x^2) = x^2 - \frac{x^4}{2} + \frac{x^6}{3} - \frac{x^8}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^{2n}, \quad x \in (-1, 1).$$

Умножая обе части этого равенства на x, получаем

$$x \cdot \ln(1 + x^2) = x^3 - \frac{x^5}{2} + \frac{x^7}{3} - \frac{x^9}{4} + \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} x^{2n+1}, \quad x \in (-1, 1).$$

Пример2. Разложить по степеням x функцию $f(x) = \sin^2 x$.

Решение. Применяя формулу понижения степени, получаем

$$f(x) = \sin^2 x = \frac{1}{2} \cdot (1 - \cos 2x). \tag{9}$$

Подставляя $2x$ вместо x в разложение (4) для косинуса, последовательно для (9) получаем:

$$\cos 2x = = 1 - \frac{2^2 \cdot x^2}{2!} + \frac{2^4 \cdot x^4}{4!} - \frac{2^6 \cdot x^6}{6!} + \ldots,$$

$$1 - \cos 2x = \frac{2^2 \cdot x^2}{2!} - \frac{2^4 \cdot x^4}{4!} + \frac{2^6 \cdot x^6}{6!} - \ldots,$$

$$\sin^2 x = \frac{2}{2!} \cdot x^2 - \frac{2^3}{4!} \cdot x^4 + \frac{2^5}{6!} \cdot x^6 - \ldots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot 2^{2n-1}}{(2n)!} \cdot x^{2n}, \quad x \in (-\infty, +\infty).$$

Пример3. Разложить по степеням $\left(x + \frac{\pi}{2}\right)$ функцию $f(x) = \sin 2x$.

Решение. Введем новую переменную

$$y = x + \frac{\pi}{2} \tag{10}$$

и выразим $\sin 2x$ через y. Из (10) следует $x = y - \frac{\pi}{2}$, а потому

$\sin 2x = \sin 2\left(y - \frac{\pi}{2}\right) = \sin(2y - \pi) =$ {пользуемся нечетностью синуса} $= -\sin(\pi - 2y) =$

={пользуемся формулой приведения $\sin(\pi - \alpha) = \sin\alpha$ } $= -\sin 2y =$ {в разложение синуса (3) по степеням x подставляем $2y$ вместо x} $=$

$= -\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (2y)^{2n+1}}{(2n+1)!} = -\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n \cdot 2^{2n+1} \cdot y^{2n+1}}{(2n+1)!} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot 2^{2n+1} \cdot y^{2n+1}}{(2n+1)!}$. Подставляя, согласно (10), $y = x + \frac{\pi}{2}$, окончательно получаем:

$$\sin 2x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot 2^{2n+1}}{(2n+1)!} \cdot \left(x + \frac{\pi}{2}\right)^{2n+1} = -2 \cdot \left(x + \frac{\pi}{2}\right) + \frac{2^3}{3!} \cdot \left(x + \frac{\pi}{2}\right)^3 - \cdots \quad .$$

Это и есть искомое разложение.

С помощью рядов Тейлора и Маклорена *можно вычислять приближенные значения функции*, обрывая эти ряды на каком-нибудь слагаемом (чем больше оставим членов ряда, тем точнее будет вычисленное значение).

Пример 4. Вычислить приближенно $\sqrt{4.1}$.

Решение. Имеем: $\sqrt{4.1} = \sqrt{4 + 0.1} = \sqrt{4 \cdot \left(1 + \frac{0.1}{4}\right)} = 2 \cdot \sqrt{1 + 0.025}$. Из написанного выше в (8) разложения $\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \ldots$, оставляя 3 слагаемых, получаем приближенную формулу $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2$. Применяя ее при $x = 0.025$, получим $\sqrt{4.1} = 2 \cdot \sqrt{1 + 0.025} \approx 2 \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot 0.025 - \frac{1}{8} \cdot 0.025^2\right) = 2.02484375$. Отметим, что точное значение $\sqrt{4.1} = 2.024845673\ldots$.

3. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие числовые ряды называются сходящимися? Что называется суммой сходящегося ряда?
2. Каков общий признак расходимости рядов?
3. Исследовать на сходимость ряд $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{2n}{100n+30}$.
4. Как формулируется признак сравнения для положительных рядов (в простой и предельной форме)? Какие ряды являются «эталонными»?
5. Исследовать на сходимость ряды $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{|\cos(2n)|}{2^n}$, $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{2n}{100n^2+3n-30}$.
6. Как формулируются признаки Даламбера и Коши (радикальный и интегральный) сходимости положительных рядов?
7. Исследовать на сходимость ряды $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{n^2}{2^n}$, $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \left(\frac{n}{2n+1}\right)^n$.
8. Какие ряды называются знакочередующимися? Как формулируется признак Лейбница сходимости знакочередующихся рядов?
9. Исследовать на сходимость ряд $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\sqrt{2n+1}}$.
10. Какая связь между сходимостью, абсолютной сходимостью и условной сходимостью знакопеременных рядов?
11. Исследовать ряды на абсолютную и условную сходимость $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n)}{2^n}$, $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{100n+30}$.
12. Какой вид имеет область сходимости степенного ряда? Как она ищется?
13. Найти области сходимости степенных рядов $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n \cdot 2^n}$, $\sum\limits_{n=1}^{\infty} \frac{(x+2)^{2n-1}}{10n+1}$.
14. Какие функции могут быть разложены в ряд Тейлора? Как вычислить коэффициенты такого ряда? Что такое ряд Маклорена?

15. Какой вид имеют разложения в степенные ряды функций: $y = \sin x$, $y = \cos x$, $y = e^x$, $y = arctg(x)$, $y = (1+x)^m$.

16. Разложить функцию $y = \cos^2 x$ по степеням x.

4. ВАРИАНТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n^2+7}{n^3 \cdot (n+1)}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{3^{n+1} x^n}{(n+1)!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = e^{-x^2}$.

Вариант 2

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} n \sin \frac{1}{n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\sqrt{n+1}}$

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^{2n+1}}{(n+1)}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = x^2 \ln(1 + x^3)$.

Вариант 3

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{n} - 0.5}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n \cos\frac{1}{n}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n^2 \cdot 2^{4n}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \sin^2 x$.

Вариант 4

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n+2) \cdot 2^{2n}}{(n+3)!}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^{n+1} \cdot \frac{n}{n+1}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+2)^n}{n^3 \cdot 3^{2n}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \frac{\sin x}{x}$.

Вариант 5

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n^3}{e^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\left(\frac{n+1}{2n+1}\right)^n$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n(x+5)^{2n}}{(n+1)^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\left(1+e^x\right)^2$.

Вариант 6

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{2^n}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n^2}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{2n-1}{\sqrt{3^n}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-3)^n}{n^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sin 3x+x\cos 3x$.

Вариант 7

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{3n^2\cdot\sin\frac{1}{n}}{2n^2+1}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{(n+1)\ln(n+1)}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n x^n}{n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sin x+\sin 3x$.

Вариант 8

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=2}^{\infty}\frac{n}{e^{n^2}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n+1}\frac{2n+1}{(n+1)^3}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-3)^n}{\sqrt{n}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=2^x$.

Вариант 9

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3n^2-1}{n\cdot(n+1)}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n}\frac{1}{2n-\sqrt{n}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-1)^n}{n^n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\cos^2 x$.

Вариант 10

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}(n+2)\sin\frac{1}{n+1}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n(n+1)}\frac{1}{\sqrt{n^3+5}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{n+1}{n}\right)^n x^n$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=e^{-x^2}$.

Вариант 11

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n}{\sqrt{n^3-1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n+1}\frac{1}{(3n-2)!}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{(x-3)^n}{n+1}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sqrt{x+3}$.

Вариант 12

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(3n+2)\cdot 5^{2n+10}}{(n-1)!}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \ln 2.$

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{n+1}{2n+1}\right)^n (x+2)^n.$

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \ln(x+2)$.

Вариант 13

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^5}{5^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{3n^2-1}{5+2n^2}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{2n+1} \frac{x^n}{n!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = e^x + e^{2x}$.

Вариант 14

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^{n+3}} \left(1+\frac{1}{n+1}\right)^{(n+1)^2}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{(n+1)\ln(n+1)}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+1)^n}{n\ln n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=3e^x-2\ln(1-x)$.

Вариант 15

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{3n^2\cdot\sin\frac{1}{n+6}}{4n+3}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{n\ln^2 n}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-1)^n}{2^{n-1}n^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sqrt[3]{1+2x}$.

Вариант 16

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3n^5+2n^2-1}{(n^3+1)\cdot(n^3+2)}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n+1}}{4n-1}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^{n-1}x^n}{(2n+1)!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=e^{x^3}$.

Вариант 17

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3n+2}{n^2\cdot\sqrt{n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{1}{\sqrt[3]{n+5}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-x)^n}{\sqrt[3]{n+1}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=x\ln(1-x^3)$.

Вариант 18

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^{3n-2}}{(2n-1)\cdot 3^{2n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\sin\frac{1}{\sqrt{n}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+2)^n}{n^2\cdot 3^{2n+1}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=-x\sin^2 x$.

Вариант 19

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n!}{n^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(-\frac{1}{3}\right)^n\frac{2n+1}{3+n}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+2)^n}{n^2\cdot 3^n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\frac{1+\cos 2x}{x}$.

Вариант 20

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{3n^2}{2n^2+1}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\left(\frac{3n+1}{5n-2}\right)^n$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{(x-3)^n}{n^3}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\left(1-e^x\right)^2$.

Вариант 21

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{\pi-2\ln\left(1+\sin\left(\frac{1}{n}\right)\right)}{3\cos\frac{1}{n+3}}\right)^{n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n}\frac{n-1}{\sqrt{2^{3n}}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+23)^{n}}{(n+2)^{2}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\cos x+x\sin x$.

Вариант 22

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{2n^{2}+2n+1}{5n^{2}-2n-1}\right)^{n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{(2n+3)\ln(2n+3)}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3^{n+1}x^{n}}{n+2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sin 3x+x\cos 3x$

Вариант 23

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \ln^2 n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{n+1}{(n+2)^4}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+1)^n}{\sqrt{3n-1}}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = 3^{2x}$.

Вариант 24

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{\sqrt[3]{5n^2+n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{2n^2-n}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-1)^n}{2^{n+3} n^2}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \frac{1+cos4x}{x}$.

Вариант 25

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий

признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|\sin nx|}{3^{n+1}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n(n-1)} \frac{1}{\sqrt{n^4+5}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{3n+1}{n+2} \right)^n x^n$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = e^{-2x}$.

Вариант 26

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{5^{3n} \cdot (3n+2)}{n\ !}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{1}{(2n-2)!}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{(x-4)^n}{3n+1}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x) = \sqrt{2x+3}$.

Вариант 27

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n-1)\ !}{n \cdot 7^n}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную

сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n \frac{\ln 2}{\ln 23}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n+1}\left(\frac{2n-1}{3n+1}\right)^n (x-2)^n$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\ln(2x+1)$.

Вариант 28

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3^{n+3}}{n^5}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n \cos\frac{3}{n^3}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{2n+3}\frac{(n+1)x^n}{(n-1)!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=2e^x-e^{2x}$.

Вариант 29

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{4\cos\left(\frac{1}{n^3}\right)+5\sin\left(3\pi-\frac{1}{n+6}\right)}{3n+4\ln\left(1+\frac{1}{n^5}\right)}\right)^n$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{n\ln\sqrt{n}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x+1)^n}{(n+1)^2 n!}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=3e^{-x}-\ln(1+x)^2$.

Вариант 30

1. Исследовать сходимость положительного ряда, применяя подходящий признак: $\sum_{n=2}^{\infty}\frac{1}{n\cdot\sqrt[5]{\ln^2 n}}$.

2. Исследовать знакопеременный ряд на абсолютную или условную сходимость: $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{n}{3^{n-1}}$.

3.Найти область сходимости степенного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(x-1)^n}{3^{2n-1}n}$.

4. Найти разложение функции в ряд Маклорена по степеням x: $f(x)=\sqrt[4]{1+x^2}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Письменный Д. Конспект лекций по высшей математике (полный курс). М.: Айрис Пресс, 2006.
2. Щипачев В.С. Курс высшей математики. М.: Проспект, 2002.
3. Данко П.Е. и др. Высшая математика в упражнениях и задачах. М.: Оникс 21 век, 1998.
4. Запорожец Г.И. Руководство к решению задач по математическому анализу. СПб.: Лань, 2009.



Министерство образования и науки РФ
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Т. И. Королюк

ЭЛЕМЕНТЫ ОПЕРАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного и заочного обучения

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..4

1. Функция-оригинал и её изображение……5
2. Линейность преобразования Лапласа……6
3. Изображение единичной функции $1(t)$……6
4. Изображения функций e^{at}, $\sin \omega t$, $\cos \omega t$, $sh\omega t$, $ch\omega t$ ……7
5. Теорема смещения……10
6. Дифференцирование изображения……..11
7. Изображения функций t^n, $t^n e^{at}$ ……....12
8. Теорема запаздывания……...16
9. Дифференцирование оригинала……...21
10. Интегрирование оригинала…….....23
11. Свёртка оригиналов, её свойства. Теорема умножения……24
12. Интеграл Дюамеля……27
13. Нахождение оригинала по изображению……...30
14. Применение операционного исчисления к решению линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами……39
15. Решение систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами операционным методом ……44

УПРАЖНЕНИЯ…….....51

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……..……..53

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей очного и заочного обучения.

Операционное исчисление является одним из методов прикладного математического анализа. С помощью операционного исчисления во многих случаях удается упростить решение задач, встречающихся в автоматике, электронике и других областях.

В пособии изложены основные сведения о преобразовании Лапласа, его свойствах и применении для решения линейных дифференциальных уравнений и систем таких уравнений в объеме курса лекций по этому разделу дисциплины «Математика».

Теоретический материал сопровождается подробным разбором решений типовых задач, а также даны варианты заданий для самостоятельной работы студентов.

Целью работы является активизация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению разделов курса математики и ее приложений.

1. Функция-оригинал и её изображение

Любую функцию $f(t)$ действительной переменной t называют оригиналом, если она удовлетворяет условиям:

1) $f(t)=0$ при всех $t<0$;

2) $f(t)$ кусочно непрерывна, т. е. такая, что в любом конечном интервале она имеет конечное число точек разрыва 1-го рода;

3) существуют такие постоянные $M>0$ и $S_0 \geq 0$, что $|f(t)|<Me^{S_0 t}$ при любом значении $0 \leq t < \infty$.

Лапласовым изображением оригинала $f(t)$ называют функцию $F(p)$ комплексной переменной $p=x+iy$, определяемую соотношением

$$F(p)=\int_0^{+\infty} f(t)e^{-pt}dt.$$

Если функция $f(t)$ имеет своим изображением $F(p)$, то это соответствие записывают так:

$$f(t)=F(p), \quad F(p)=f(t), \quad L\big(f(t)\big)=F(p).$$

Для любого оригинала $f(t)$ интеграл Лапласа $\int_0^{+\infty} f(t)e^{-pt}dt$ сходится абсолютно при $\operatorname{Re} p > S_0$, где S_0 - показатель роста функции $f(t)$.

В этой полуплоскости изображение $F(p)$ является аналитической функцией. Переход от функции $f(t)$ к функции $F(p)$ называется *преобразованием Лапласа.*

2. Линейность преобразования Лапласа

Теорема

Если $f(t)=\sum_{k=1}^{n} C_k f_k(t),\ C_k$ - постоянные и $F(p)=f(t), F_k(p)=f_k(t),$

то $F(p)=\sum_{k=1}^{n} C_k F_k(p).$

Доказательство

$$F(p)=\int_0^{\infty} f(t)\,e^{-pt}dt=\sum_{k=1}^{n} C_k\left(\int_0^{\infty} f_k(t)\,e^{-pt}dt\right)=\sum_{k=1}^{n} C_k F_k(p).$$

3. Изображение единичной функции 1 (*t*)

Простейшей функцией–оригиналом является единичная функция

$$1\,(t)=\begin{cases}0, & t<0\\ 1, & t\ge 0.\end{cases}$$

Найдем ее изображение

$$L(1(t))=\int_0^{\infty} 1\cdot e^{-pt}dt=-\frac{1}{p}\,e^{-pt}\Big|_0^{+\infty}=-\frac{1}{p}(0-1)=\frac{1}{p}\qquad(\mathrm{Re}\,p>0).$$

Итак,

$$1(t)=\frac{1}{p}\qquad(\mathrm{Re}\,p>0).$$

4. Изображения функций e^{at}, $\sin \omega t$, $\cos \omega t$, $sh\ \omega t$, $ch\ \omega t$

$$L(e^{at}) = \int_0^{\infty} e^{at} \cdot e^{-pt} dt = \int_0^{\infty} e^{-(p-a)t} dt = -\frac{1}{p-a} e^{-(p-a)t} \Big|_0^{+\infty} = \frac{1}{p-a} \quad (\mathrm{Re}\, p > \mathrm{Re}\, a).$$

Таким образом, $e^{at} = \dfrac{1}{p-a}$.

В этой формуле a может быть и комплексным. Применяя свойство линейности преобразования Лапласа, найдем изображения тригонометрических функций

$$\sin \omega t = \frac{e^{i\omega t} - e^{-i\omega t}}{2i}, \quad cos\omega t = \frac{e^{i\omega t} + e^{-i\omega t}}{2},$$ ω - положительное число.

$$L(\sin \omega t) = \frac{1}{2i}\left(L(e^{i\omega t}) - L(e^{-i\omega t})\right) = \frac{1}{2i}\left(\frac{1}{p-i\omega} - \frac{1}{p+i\omega}\right) =$$

$$= \frac{1}{2i}\frac{(p+i\omega - p+i\omega)}{p^2+\omega^2} = \frac{\omega}{p^2+\omega^2} \quad \text{при } \mathrm{Re}\, p > 0$$

$$L(\cos \omega t) = \frac{1}{2}\left(L(e^{i\omega t}) + L(e^{-i\omega t})\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{p-i\omega} + \frac{1}{p+i\omega}\right) = \frac{p}{p^2+\omega^2}$$

при $\mathrm{Re}\, p > 0$.

Аналогично, исходя из определения гиперболических функций

$$sh\ \omega t = \frac{e^{\omega t} - e^{-\omega t}}{2}, \quad ch\omega t = \frac{e^{\omega t} + e^{-\omega t}}{2},$$

найдем их отображения.

$$L(sh\omega t)=\frac{1}{2}\left(L(e^{\omega t})-L(e^{-\omega t})\right)=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{p-\omega}-\frac{1}{p+\omega}\right)=\frac{\omega}{p^2-\omega^2}.$$

$$L(ch\omega t)=\frac{1}{2}\left(L(e^{\omega t})+L(e^{-\omega t})\right)=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{p-\omega}+\frac{1}{p+\omega}\right)=\frac{p}{p^2-\omega^2} \quad \text{при } \mathrm{Re}p>\omega.$$

Получили формулы

$$\sin\omega t=\frac{\omega}{p^2+\omega^2}, \qquad sh\omega t=\frac{\omega}{p^2-\omega^2},$$

$$\cos\omega t=\frac{p}{p^2+\omega^2}, \qquad ch\omega t=\frac{p}{p^2-\omega^2}.$$

Пример 1

Найти изображение функции $f(t)=\begin{cases}1-t, & 0\le t<1,\\ 0, & t\ge 1.\end{cases}$

Решение

$$L\big(f(t)\big)=\int_0^{\infty}f(t)e^{-pt}dt=\int_0^{1}(1-t)e^{-pt}dt+\int_1^{\infty}0\cdot e^{-pt}dt=$$

$$=(1-t)\left(-\frac{1}{p}e^{-pt}\right)\Big|_0^1-\int_0^1-\frac{1}{p}e^{-pt}\cdot(-dt)=$$

$$=\frac{1}{p}-\frac{1}{p}\left(-\frac{1}{p}e^{-pt}\right)\Big|_0^1=\frac{1}{p}+\frac{1}{p^2}e^{-p}-\frac{1}{p^2}.$$

Пример 2

Найти изображение функции

$$f(t) = 2 + \frac{1}{3}e^{-2t} + 4\cos 3t.$$

Решение

Пусть $f(t) = F(p)$.

Тогда

$$F(p) = 2L(1(t)) + \frac{1}{3}L(e^{-2t}) + 4L(\cos 3t) = 2 \cdot \frac{1}{p} + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{p+2} + 4 \cdot \frac{p}{p^2+9}.$$

Пример 3

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{6}{p} - \frac{5p}{p^2+4} + \frac{2}{p-3}.$$

Решение

$$f(t) = 6 - 5\cos 2t + 2e^{3t}.$$

Пример 4

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{3}{p^2+25} - \frac{2}{p^2+25} = 3 \cdot \frac{p}{p^2+25} + \frac{2}{5}\frac{5}{p^2+25}.$$

Тогда

$$f(t) = 3\cos 5t + \frac{2}{5}\sin 5t.$$

5. Теорема смещения

Если $f(t) = F(p)$, a – любое действительное или комплексное число, то

$$e^{at} f(t) = F(p-a).$$

Доказательство

$$L\left(e^{at} f(t)\right) = \int_0^\infty e^{at} f(t) e^{-pt} dt = \int_0^\infty f(t) e^{-(p-a)t} dt = F(p-a)$$

при $\mathrm{Re}(p-a) > S_0$.

С помощью этой теоремы находим изображения функций:

$$e^{at} \sin \omega t = \frac{\omega}{(p-a^2)+\omega^2}, \quad e^{at} sh\omega t = \frac{\omega}{(p-a^2)-\omega^2},$$

при $\mathrm{Re}(p-a) > 0$ *при* $\mathrm{Re}(p-a) > \omega$;

$$e^{at} \cos \omega t = \frac{p-a}{(p-a^2)+\omega^2}, \quad e^{at} ch\omega t = \frac{p-a}{(p-a^2)-\omega^2},$$

при $\mathrm{Re}(p-a) > 0$ *при* $\mathrm{Re}(p-a) > \omega$.

6. Дифференцирование изображения

Если $f(t) = F(p)$, то $t^n f(t) = (-1)^n F^{(n)}(p)$.

Доказательство

Функция $F(p) = \int\limits_0^\infty f(t)\, e^{-pt} dt$ является аналитической. Ее производные $F^{(n)}(p)$ по переменной p находятся под знаком интеграла Лапласа

$$F'(p) = \int\limits_0^\infty f(t)\, e^{-pt} \cdot (-t)\, dt,$$

из этого равенства следует, что $tf(t) = -F'(p)$.

Дифференцируя еще раз, получим

$$F''(p) = \int\limits_0^\infty f(t)\, e^{-pt} \cdot t^2 dt,$$

откуда

$$t^2 f(t) = F''(p).$$

Дифференцируя n раз, получим

$$t^n f(t) = (-1)^n F^{(n)}(p).$$

7. Изображения функций t^n, $t^n e^{at}$

Известно, что $1(t)=\frac{1}{p}$, тогда $t\cdot 1(t)=-\left(\frac{1}{p}\right)'$ или $t=\frac{1}{p^2}$. Аналогично $t^2=\frac{2}{p^3}$, при любом n получаем $t^n=\frac{n!}{p^{n+1}}$.

Применяя теорему смещения, находим

$$t^n e^{at}=\frac{n!}{(p-a)^{n+1}} \quad \text{при} \quad \operatorname{Re}(p-a)>0.$$

Пример 1

Найти изображение функции

$$f(t)=2t^3-\frac{1}{5}sh\frac{t}{2}+t^4e^{-5t}.$$

Решение

Пусть $f(t)=F(p)$.

Тогда

$$F(p)=2\cdot\frac{3!}{p^4}-\frac{1}{5}\cdot\frac{\frac{1}{2}}{p^2-\frac{1}{4}}+\frac{4!}{(p+5)^5}$$

или

$$F(p)=\frac{12}{p^4}-\frac{1}{10\left(p^2-\frac{1}{4}\right)}+\frac{24}{(p+5)^5}.$$

Пример 2

Найти изображение функции

$$g(t) = 3e^{-t}\cos 2t + \frac{7}{2}e^{4t} + t\sin 3t.$$

Решение

Пусть $g(t) = G(p)$, тогда

$$G(p) = 3\cdot\frac{p+1}{(p+1)^2+4} + \frac{7}{2}\cdot\frac{1}{p-4} - \left(\frac{3}{p^2+9}\right) =$$

$$= \frac{3(p+1)}{(p+1)^2+4} + \frac{7}{2(p-4)} + \frac{6p}{(p^2+9)^2}.$$

Пример 3

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p) = \frac{4p-3}{p^2+5p-1}.$$

Решение

Преобразуем $F(p)$, выделяя полный квадрат по p в знаменателе дроби

$$p^2+5p-1 = \left(p^2+2\cdot\frac{5}{2}p+\frac{25}{4}\right) - \frac{25}{4} - 1 = \left(p+\frac{5}{2}\right)^2 - \frac{29}{4}.$$

Тогда

$$F(p)=\frac{4\left(p+\frac{5}{2}\right)-10-3}{\left(p+\frac{5}{2}\right)^2-\frac{29}{4}}$$

или

$$F(p)=4\cdot\frac{4p+\frac{5}{2}}{\left(p+\frac{5}{2}\right)^2-\frac{29}{4}}-13\cdot\frac{2}{\sqrt{29}}\frac{\frac{\sqrt{29}}{2}}{\left(p+\frac{5}{2}\right)^2-\frac{29}{4}}.$$

Используя известные изображения, находим искомый оригинал

$$f(t)=4e^{-\frac{5}{2}t}\cdot ch\frac{\sqrt{29}}{2}t-\frac{26}{\sqrt{29}}e^{-\frac{5}{2}t}\cdot sh\frac{\sqrt{29}}{2}t.$$

Пример 4

Найти оригинал $x(t)$ для изображения

$$X(p)=\frac{6}{p+2}-\frac{3}{(p-4)^3}+\frac{2p-1}{p^2-3}.$$

Решение

$$X(p)=6\cdot\frac{1}{p-(-2)}-\frac{3}{2}\frac{2!}{(p-4)^{2+1}}+2\cdot\frac{p}{p^2-3}-\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{\sqrt{3}}{p^2-3}.$$

Используя табличные изображения, находим оригинал

$$x(t)=6e^{-2t}-\frac{3}{2}t^2e^{4t}+2ch\sqrt{3}\,t-\frac{1}{\sqrt{3}}sh\sqrt{3}\,t.$$

Самостоятельная работа № 1

Вариант 1

1) найти изображение функции

$$f(t)=\frac{1}{5}-3\sin\frac{2t}{3}+6ch5t-4t;$$

2) найти изображение функции

$$g(t)=\frac{1}{4}e^{-2t}\cos 5t-\frac{1}{6}tsh2t;$$

3) найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p)=\frac{6}{p+2}-\frac{2}{p^3}+\frac{2-p}{p^2+5}.$$

Вариант 2

1) найти изображение функции

$$f(t)=5t^2+\frac{1}{2}-4sh\frac{t}{3}+8\cos 3t;$$

2) найти изображение функции

$$g(t)=3e^{-t}\sin 2t-\frac{1}{10}tch4t;$$

3) найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p)=\frac{5p+1}{p^2-2}+\frac{3}{p^4}-\frac{8}{(p+1)^2}.$$

Самостоятельная работа № 2

Вариант 1

1) найти, используя интеграл Лапласа, изображение функции

$$g(t)=\begin{cases}0, & t<0,\\ 2t+3, & 0\le t\le 1,\\ 0, & t>1;\end{cases}$$

2) найти оригинал $x(t)$ для изображения

$$X(p)=\frac{3-4p}{p^2+3p+4}-\frac{2}{(p-3)^3}.$$

Вариант 2

1) найти оригинал $y(t)$ для изображения

$$Y(p)=\frac{1+6p}{p^2+p+3}-\frac{7}{(p+5)^4};$$

2) используя интеграл Лапласа, найти изображение функции

$$f(t)=\begin{cases}0, & t<0,\\ 3-t, & 0\le t\le 2,\\ 0, & t>2.\end{cases}$$

8. Теорема запаздывания

Если $f(t)=F(p)$, то $f(t-\tau)=e^{-\tau p}F(p)$, τ - любое положительное число.

Доказательство

Известно, что $f(t)=0$ при всех $t<0$. При $t<\tau$ аргумент $t-\tau<0$, поэтому $f(t-\tau)=0$. Это значит, что оригинал включается с запаздыванием на τ. График функции $f(t-\tau)$ получается из графика $f(t)$ смещением последнего вправо на расстояние τ. С помощью единичной функции запаздывающую функцию $f(t-\tau)$ можно записать и так: $f(t-\tau)\cdot 1(t-\tau)$, так как $1(t-\tau)=0$ при $t<\tau$ и $1(t-\tau)=1$ при $t>\tau$.

Найдем изображение $f(t-\tau)$:

$$L\big(f(t-\tau)\big)=\int_0^{\infty}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt=\int_0^{\tau}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt+\int_{\tau}^{\infty}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt.$$

Здесь $\int_0^{\tau}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt=0$, так как $f(t-\tau)=0$ при $t<\tau$.

Во втором интеграле сделаем замену, полагая $t-\tau=u$, тогда $t=u+\tau$; $dt=du$, при $t=\tau$ $u=0$, при $t=\infty$ и $u=\infty$.

Таким образом,

$$L\big(f(t-\tau)\big)=\int_{\tau}^{\infty}e^{-pt}f(t-\tau)\,dt=\int_0^{\infty}e^{-p(u+\tau)}f(u)\,du=$$

$$=e^{-\tau p}\int_0^{\infty}e^{-pu}f(u)\,du=e^{-\tau p}F(p),$$

что и требовалось доказать.

Пример 1

$1(t)=\frac{1}{p}$. Тогда $1(t-\tau)=e^{-\tau p}\cdot\frac{1}{p}$.

Пример 2

Найти изображение функции $f(t)=(t-3)^3\cdot 1(t-3)$.

Решение

Известно, что $t^3=\frac{3!}{p^4}$. В нашем случае запаздывание на $\tau=3$. Поэтому $(t-3)^3 1(t-3)=e^{-3p}\cdot\frac{3!}{p^4}$.

Пример 3

Найти изображение функции $f(t)=\begin{cases}0, & t<0,\\ t+1, & 0<t<1,\\ 3t, & 1<t<4,\\ 0, & t>4.\end{cases}$

Решение

Пусть $f(t)=F(p)$.

Искомое изображение $F(p)$ найдем двумя способами. Сначала по определению с помощью интеграла Лапласа.

$$F(p)=\int_0^{\infty}e^{-pt}f(t)\,dt=\int_0^{1}(t+1)\,e^{-pt}dt+3\int_1^{4}te^{-pt}dt=$$

$$=(t+1)\left(-\frac{1}{p}\right)e^{-pt}\Big|_0^1-\int_0^1-\frac{1}{p}e^{-pt}dt+3t\left(-\frac{1}{p}\right)e^{-pt}\Big|_1^4-3\int_1^4-\frac{1}{p}e^{-pt}dt=$$

$$=-\frac{2}{p}e^{-p}+\frac{1}{p}-\frac{1}{p^2}e^{-pt}\Big|_0^1-\frac{12}{p}e^{-4p}+\frac{3}{p}e^{-p}-\frac{3}{p^2}e^{-pt}\Big|_1^4=$$

$$=-\frac{2}{p}e^{-p}+\frac{1}{p}-\frac{1}{p^2}e^{-p}+\frac{1}{p^2}-\frac{12}{p}e^{-4p}+\frac{3}{p}e^{-p}-\frac{3}{p^2}e^{-4p}+\frac{3}{p^2}e^{-p}=$$

$$=\frac{1}{p}+\frac{1}{p^2}+\left(\frac{1}{p}+\frac{2}{p^2}\right)e^{-p}-\left(\frac{3}{p^2}+\frac{12}{p}\right)e^{-4p}.$$

А теперь найдем $F(p)$ с помощью теоремы запаздывания. Для этого запишем наш оригинал $f(t)$ одним аналитическим выражением с помощью единичной функции.

При $t<0$ $f(t)=0$. В момент $t=0$ «включается» функция $t+1$; в момент $t=1$ она «снимается» и «включается» функция $3t$, которая «снимается» в момент $t=4$. Поэтому

$$f(t)=(t+1)\cdot 1(t)-(t+1)\cdot 1(t-1)+3t\cdot 1(t-1)-3t\cdot 1(t-4)=$$
$$=(t+1)\cdot 1(t)+(2t-1)\cdot 1(t-1)-3t\cdot 1(t-4)=$$
$$=(t+1)\cdot 1(t)+(2(t-1)+1)\cdot 1(t-1)-(3(t-4)+12)\cdot 1(t-4).$$

Применяя линейность преобразования Лапласа и теорему запаздывания, получим искомое изображение

$$F(p)=\frac{1}{p^2}+\frac{1}{p}+\left(\frac{2}{p^2}+\frac{1}{p}\right)e^{-p}-\left(\frac{3}{p^2}+\frac{12}{p}\right)e^{-4p}.$$

Пример 4

Найти оригинал $f(t)$ для изображения

$$F(p)=\frac{5}{(p+2)^4}e^{-p}+\frac{4}{p^3}-\frac{8}{p^2+7}e^{-2p}.$$

Решение

Находим оригинал для каждого слагаемого:

$$\frac{5}{(p+2)^4}=5\,\frac{1}{(p+2)^{3+1}}=\frac{5}{3!}\cdot\frac{3!}{(p-(-2))^{3+1}}=\frac{5}{6}e^{-2t}\cdot t^3,$$

$$\frac{4}{p^3}=4\,\frac{1}{p^{2+1}}=\frac{4}{2!}\cdot\frac{2!}{p^{2+1}}=2t^2,$$

$$-\frac{8}{p^2+7}=-\frac{8}{\sqrt{7}}\cdot\frac{\sqrt{7}}{p^2+7}=-\frac{8}{\sqrt{7}}\sin\sqrt{7}\,t,$$

$$\frac{5}{(p+2)^4}\cdot e^{-p}=\frac{5}{6}\cdot e^{-2(t-1)}\cdot(t-1)^3\cdot 1(t-1),$$

оригинал с запаздыванием на $\tau=1$.

$$\frac{4}{p^3}=2t^2$$

$$-\frac{8}{p^2+7}e^{-2p}=-\frac{8}{\sqrt{7}}\sin\sqrt{7}(t-2)\cdot 1(t-2)$$

оригинал с запаздыванием на $\tau=2$.

Суммируя оригиналы для каждого слагаемого, находим

$$f(t)=\frac{5}{6}e^{-2(t-1)}\cdot(t-1)^3\cdot 1(t-1)+2t^2-\frac{8}{\sqrt{7}}\sin\sqrt{7}\,(t-2)\cdot 1(t-2).$$

Самостоятельная работа № 3

Вариант 1

1) найти оригинал для изображения

$$F(p)=\frac{(5-3p)e^{-p}}{2p^2+5}+\frac{7e^{-3p}}{2p^2+4p+1}-\frac{3}{(p+6)^4}.$$

2) найти изображение функции

$$x(t)=5\sin\frac{2t}{5}-2+\frac{1}{4}(t-2)e^{-2(t-2)}ch\frac{3}{2}(t-2)\cdot 1(t-2).$$

Вариант 2

1) найти изображение функции

$$y(t)=7te^t\cos\frac{5t}{4}-\frac{1}{6}(t-4)^2\cdot e^{-5(t-4)}\cdot 1(t-4)+3ch\frac{t}{4}.$$

2) найти оригинал для изображения

$$G(p)=\frac{8p}{p^2+2p+6}-\frac{(2-p)e^{-2p}}{4p^2+5}+\frac{10e^{-5p}}{(p-3)^3}.$$

9. Дифференцирование оригинала

Теорема

Если $f(t)$ непрерывно дифференцируема на $(0,\infty)$, $f'(t)$ принадлежит множеству оригиналов и $f(t)=F(p)$, то $f'(t)=pF(p)-f(0)$.

Доказательство

$$L\left(f'(t)\right) = \int_0^{\infty} f(t)\, e^{-pt} dt.$$

Интегрируя по частям, положим

$$u = e^{-pt}, \quad du = -pe^{-pt}dt, \quad d\mathrm{v} = f'(t)dt, \mathrm{v} = f(t).$$

Получаем

$$f'(t) = \left(f(t)\ \ e^{-pt}\right)\Big|_0^{\infty} - \int_0^{\infty} f(t)\, e^{-pt}(-p)dt.$$

Так как $\operatorname{Re} p = x > s_0$, то $\left|f(t)\, e^{-pt}\right| \le Me^{-(x-s_0)t}$, поэтому $\lim\limits_{t\to\infty} f(t)\, e^{-pt} = 0$, а $\int\limits_0^{\infty} f(t)\, e^{-pt} dt = F(p)$.

Следовательно, $f'(p) = pF(p) - f(0)$.

Теорема доказана.

Следствие

Если $f''(t), f'''(t), ..., f^{(n)}(t)$ - оригиналы, то находим:

$$f''(t) = p(pF(p) - f(0)) - f'(0)$$

или

$$f''(t) = p^2F(p) - pf(0)) - f'(0).$$

Аналогично, для производной *n*–го порядка имеем

$$f^{(n)}(t) = p^nF(p) - p^{n-1}f(0) - p^{n-2}f'(0) - ... - pf^{(n-2)}(0) - f^{(n-1)}(0).$$

Для практических приложений полученное свойство является очень важным. Оно показывает, что сложная операция дифференцирования в пространстве оригиналов заменяется в пространстве изоб-

ражений элементарным действием – умножением изображения на степень аргумента p с добавлением многочлена, коэффициентами которого являются начальные значения оригинала. Это очень удобно для решения дифференциальных уравнений операционным методом, так как начальные условия здесь учитываются автоматически.

10. Интегрирование оригинала

Теорема

Если $f(t) = F(p)$, то $\int_0^t f(u)\,du = \frac{F(p)}{p}$, т. е. интегрированию оригинала в пределах от 0 до t соответствует деление изображения на p.

Доказательство

$f(t)$ принадлежит множеству оригиналов, тогда и $\int_0^t f(u)\,du$ тоже является оригиналом. Обозначим $\int_0^t f(u)\,du = g(t)$, пусть $g(t) = G(p)$. $g'(t) = (\int_0^t f(u)\,du)' = f(t)$, $g(0) = 0$, $L(g'(t) = L(f(t))$.

Поэтому $pG(p) = F(p)$, откуда $G(p) = \frac{F(p)}{p}$. Значит, $\int_0^t f(u)\,du = \frac{F(p)}{p}$, что и требовалось доказать.

11. Свёртка оригиналов, ее свойства. Теорема умножения

Пусть $f(t)$ и $g(t)$ - оригиналы. Свёртку этих функций обозначают $f * g$. Она равна

$$f * g = \int_0^t f(u)g(t-u)du.$$

Свёртка $f * g$ обладает свойствами:

1) переместительным

$$f * g = g * f \text{ или}$$

$$\int_0^t f(u)g(t-u)du = \int_0^t g(u)f(t-u)du;$$

2) сочетательным

$$(f * g)\varphi = f\ (g * \varphi),$$

в силу, которого свёртка нескольких функций всегда даёт одинаковый результат, независимо от того, в каком порядке выполняется свёртывание;

3) распределительным

$$(f + g) * \varphi = (f * \varphi) + (g * \varphi).$$

Свёртка оригиналов $f(t)$ и $g(t)$ тоже является оригиналом, причём показатель роста свёртки $f * g$ равен наибольшему из показателей роста функций $f(t)$ и $g(t)$.

Пример

Найти свёртку функций $f(t)=t, \quad g(t)=e^{at}$.

Решение

$$f*g=t*e^{at}=\int_0^t ue^{a(t-u)}du=e^{at}\int_0^t ue^{-au}du=$$

$$=e^{at}\left(-u\frac{e^{-au}}{a}\Big|_0^t-\int_0^t-\frac{1}{a}e^{-au}du\right)=e^{at}\left(-\frac{t}{a}e^{-at}+\frac{1}{a}\left(-\frac{1}{a}\right)e^{-au}\Big|_0^t\right)=$$

$$=e^{at}\left(-\frac{t}{a}e^{-at}-\frac{1}{a^2}e^{-at}+\frac{1}{a^2}\right)=-\frac{t}{a}-\frac{1}{a^2}+\frac{1}{a^2}e^{at}.$$

В другом порядке

$$g*t=e^{at}*t=\int_0^t e^{au}(t-u)du=\int_0^t te^{au}du-\int_0^t ue^{au}du.$$

Произведя интегрирование по частям во втором интеграле, получим

$$e^{at}*t=t\frac{e^{au}}{a}\Big|_0^t-u\frac{1}{a}e^{au}\Big|_0^t+\int_0^t\frac{1}{a}e^{au}du=$$

$$=t\frac{e^{at}}{a}-\frac{t}{a}-\frac{t}{a}e^{at}+\frac{1}{a^2}e^{at}-\frac{1}{a^2}=-\frac{t}{a}+\frac{1}{a^2}e^{at}-\frac{1}{a^2}.$$

Получили

$$f*g=g*f.$$

Теорема умножения

Если $f(t)=F(p)$ и $g(t)=G(p)$, то $f*g=F(p)\cdot G(p)$, т. е. при свертывании оригиналов изображения перемножаются.

Доказательство

$$L(f*g)=\int_0^{\infty}e^{-pt}dt\int_0^{t}f(u)g(t-u)du=$$

$$=\int_0^{\infty}f(u)du\int_u^{\infty}e^{pt}g(t-u)dt,$$

изменим порядок интегрирования.

Во внутреннем интеграле проведём замену переменной, положив $t-u=z$, тогда $t=u+z,\quad dt=dz$, при $t=u\quad z=0$, при $t=\infty\quad z=\infty$, получим

$$L(f*g)=\int_0^{\infty}f(u)du\int_0^{\infty}e^{-p(u+z)}g(z)dz=$$

$$=\int_0^{\infty}f(u)e^{-pu}du\int_0^{\infty}g(z)e^{-pz}dz=F(p)\cdot G(p),$$

что и требовалось доказать.

Теорема умножения имеет важное значение для приложений, так как позволяет находить оригинал, соответствующий произведению

двух изображений $F(p)$ и $G(p)$, если известны оригиналы сомножителей $f(t)$ и $g(t)$.

Пример

Найти оригинал для изображения $F(p)=\dfrac{1}{p^2(p-a)}$.

Решение

Изображение $F(p)$ можно подставить в виде произведения двух функций

$$F(p)=\frac{1}{p^2}\cdot\frac{1}{p-a}.$$

Пусть $F(p)=f(t)$.

Так как $\dfrac{1}{p^2}=t,\quad \dfrac{1}{p-a}=e^{at}$, то по теореме умножения искомый оригинал $f(t)=t*e^{at}$. Эту свёртку в предыдущем примере мы нашли, поэтому

$$f(t)=-\frac{t}{a}+\frac{1}{a^2}e^{at}-\frac{1}{a^2}.$$

12. Интеграл Дюамеля

Частным случаем теоремы умножения изображений является формула Дюамеля, часто применяемая для нахождения оригиналов.

Найдем оригинал, соответствующий произведению $pF(p)\,G(p)$, где $f(t)=F(p),\quad g(t)=G(p)$.

Это произведение представим в виде

$$pF(p)\,G(p)=\big(pF(p)-f(0)\big)G(p)+f(0)G(p).$$

Так как $pF(p)-f(0)=f'(t)$, то по теореме умножения изображений $\big(pF(p)-f(0)\big)G(p)=f'(t)*g(t)$, а $f(0)G(p)=f(0)\cdot g(t)$.

Теперь можно записать формулу Дюамеля

$$pF(p)\,G(p)=\int_0^t f'(u)\,g(t-u)\,du+f(0)\,g(t).$$

Правую часть этого соотношения называют интегралом Дюамеля.

Если учесть свойство свёртки $f*g=g*f$, то из последнего равенства получим

$$pF(p)\,G(p)=\int_0^t g(u)\,f'(t-u)\,du+f(0)\,g(t).$$

Аналогично, если $pF(p)\,G(p)=\big(pG(p)-g(0)\big)F(p)+g(o)F(p)$, получим

$$pF(p)\,G(p)=\int_0^t g'(u)\,f(t-u)\,du+g(0)\,f(t),$$

$$pF(p)\,G(p)=\int_0^t f(u)\,g'(t-u)\,du+g(0)\,f(t).$$

Пример

Найти оригинал для функции $\dfrac{p\omega}{(p-a)(p^2+\omega^2)}$.

Решение

Представим заданную функцию в виде произведения

$$p\ \frac{\omega}{p^2+\omega^2}\cdot\frac{1}{p-a}.$$

Имеем

$$F(p)=\frac{\omega}{p^2+\omega^2}=\sin\omega t=f(t);\quad G(p)=\frac{1}{p-a}=e^{at}=g(t),$$
$$f(0)=0,\quad f'(t)=\omega\cos\omega t.$$

Тогда запишем

$$pF(p)G(p)=p\cdot\frac{\omega}{p^2+\omega^2}\cdot\frac{1}{p-a}=\int_0^t f'(u)\,g(t-u)\,du=$$

$$=\int_0^t\omega\cos\omega u\cdot e^{a(t-u)}du=\omega e^{at}\int_0^t\cos\omega u\cdot e^{-au}du.$$

Дважды интегрируя по частям последний интеграл, получим

$$\omega e^{at}\int_0^t\cos\omega u\,e^{-au}du=\frac{1}{a^2+\omega^2}\left(\omega^2\sin\omega t+a\omega\left(e^{at}-\cos\omega t\right)\right).$$

Следовательно,

$$\frac{p\omega}{\left(p^2+\omega^2\right)(p-a)}=\frac{\omega^2\sin\omega t+a\omega\left(e^{at}-\cos\omega t\right)}{a^2+\omega^2}.$$

13. Нахождение оригинала по изображению

При нахождении оригинала по его изображению широко пользуются свойствами преобразования Лапласа и таблицей соответствий между оригиналами и их изображениями:

Таблица

Соответствия между оригиналами и их изображениями

№ п/п	Оригинал	Изображение
1	$f(t)$	$F(p)=\int_0^\infty f(t)e^{-pt}dt$
2	$1(t)$	$\frac{1}{p}$
3	t^n	$\frac{n!}{p^{n+1}}$
4	e^{at}	$\frac{1}{p-a}$
5	$t^n e^{at}$	$\frac{n!}{(p-a)^{n+1}}$
6	$\sin\omega t$	$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}$
7	$\cos\omega t$	$\frac{p}{p^2+\omega^2}$
8	$sh\omega t$	$\frac{\omega}{p^2-\omega^2}$
9	$ch\omega t$	$\frac{p}{p^2-\omega^2}$

Окончание таблицы

10	$e^{at}\sin\omega t$	$\dfrac{\omega}{(p-a)^2+\omega^2}$
11	$e^{at}\cos\omega t$	$\dfrac{p-a}{(p-a)^2+\omega^2}$
12	$e^{at}sh\omega t$	$\dfrac{\omega}{(p-a)^2-\omega^2}$
13	$e^{at}ch\omega t$	$\dfrac{p-a}{(p-a)^2-\omega^2}$
14	$t\sin\omega t$	$\dfrac{2p\omega}{(p^2+\omega^2)^2}$
15	$t\cos\omega t$	$\dfrac{p^2-\omega^2}{(p^2+\omega^2)^2}$
16	$t\,sh\omega t$	$\dfrac{2p\omega}{(p^2-\omega^2)^2}$
17	$t\,ch\omega t$	$\dfrac{p^2+\omega^2}{(p^2-\omega^2)^2}$
18	$te^{at}\sin\omega t$	$\dfrac{2\omega(p-a)}{((p-a)^2+\omega^2)^2}$
19	$te^{at}\cos\omega t$	$\dfrac{(p-a)^2-\omega^2}{((p-a)^2+\omega^2)^2}$
20	$\cos^2\omega t$	$\dfrac{p^2+2\omega^2}{p(p^2+4\omega^2)}$
21	$\sin^2\omega t$	$\dfrac{2\omega^2}{p(p^2+4\omega^2)}$

Пример

Найти оригиналы для следующих изображений:

1) $F(p)=\dfrac{1}{p^5}$.

Решение

Используем соотношение 3 из таблицы, откуда $\dfrac{1}{p^{n+1}}=\dfrac{t^n}{n!}$, поэтому

$$\frac{1}{p^5}=\frac{t^4}{4!}=\frac{1}{24}t^4.$$

2) $F(p)=\dfrac{3}{(p+2)^4}$.

Решение

Из соотношения 5

$$\frac{t^n e^{at}}{n!}=\frac{1}{(p-a)^{n+1}}\ \text{, здесь}\ \ a=-2,\quad n=3,$$

поэтому

$$\frac{3}{(p+2)^4}=3\cdot\frac{t^3e^{-2t}}{3!}=\frac{1}{2}t^3e^{-2t}.$$

3) $F(p)=\dfrac{5}{p^2+4}$.

Решение

Из соотношения 6

$$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}=\sin\omega t,$$

здесь $\omega^2=4,\quad \omega=2$, поэтому

$$\frac{5}{p^2+4}=\frac{5}{2}\cdot\frac{2}{p^2+4}=\frac{5}{2}\sin 2t.$$

4) $F(p)=\dfrac{7p}{3p^2+5}$.

Решение

Из соотношения 7

$$\frac{p}{p^2+\omega^2}=\cos\omega t$$

$$\frac{7p}{3p^2+5}=\frac{7p}{3\left(p^2+\dfrac{5}{3}\right)}=\frac{7}{3}\cdot\frac{p}{p^2+\dfrac{5}{3}}=\frac{7}{3}\cos\sqrt{\frac{5}{3}}t\ .$$

5) $F(p)=\dfrac{3}{(p-2)^2-5}$.

Решение

Из соотношения 10

$$\frac{\omega}{(p-a)^2-\omega^2}=e^{at}sh\omega t$$

$$\frac{3}{(p-2)^2-5}=\frac{3}{\sqrt{5}}\cdot\frac{\sqrt{5}}{(p-2)^2-5}=\frac{3}{\sqrt{5}}e^{2t}sh\sqrt{5}\,t$$

$$\omega=\sqrt{5},\quad a=2.$$

6) $F(p)=\dfrac{p+5}{p^2-4p+7}$.

Решение

$$p^2-4p+7=\left(p^2-4p+4\right)+3=(p-2)^2+3$$

$$\frac{p+5}{p^2-4p+7}=\frac{p+5}{(p-2)^2+3}.$$

Из соотношений 11 и 10

$$\frac{p-a}{(p-a)^2+\omega^2}=e^{at}\cos\omega t,\quad \frac{\omega}{(p-a)^2+\omega^2}=e^{at}\sin\omega t$$

$$\frac{p+5}{(p-2)^2+3}=\frac{(p-2)+7}{(p-2)^2+3}=\frac{p-2}{(p-2)^2+3}+\frac{7}{\sqrt{3}}\cdot\frac{\sqrt{3}}{(p-2)^2+3}=$$

$$=e^{2t}\cos\sqrt{3}\,t+\frac{7}{\sqrt{3}}\,e^{2t}\sin\sqrt{3}\,t.$$

7) $F(p)=\dfrac{2e^{-p}}{p^2+9}$.

Решение

Из соотношения 6

$$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}=\sin\omega t,\quad \frac{2}{p^2+9}=\frac{2}{3}\cdot\frac{3}{p^2+9}=\frac{2}{3}\sin 3t.$$

Применяя теорему запаздывания, получим

$$\frac{2e^{-p}}{p^2+9}==\frac{2}{3}\sin 3(t-1)\cdot 1(t-1)$$

(при умножении изображения на $e^{-\tau p}$ оригинал запаздывает на τ единиц, в нашем случае $\tau=1$).

Если изображение оригинала является правильной рациональной дробью, выраженной отношением двух многочленов $F(p)=\dfrac{\Phi(p)}{G(p)}$ (степень числится меньше степени знаменателя), то эту дробь разлагают сначала на сумму простейших дробей, затем для каждой полученной дроби находят соответствующий оригинал.

Пример

Найти оригинал для изображения $F(p)=\dfrac{3p^2-2}{(p+1)^2(p^2+1)}$.

Решение

Изображение $F(p)$ является правильной рациональной дробью. Разложим эту дробь на сумму простейших дробей

$$\frac{3p^2-2}{(p+1)^2(p^2+1)}=\frac{A}{(p+1)^2}+\frac{B}{p+1}+\frac{Cp+D}{p^2+1}.$$

Приводя в правой части к общему знаменателю и приравнивая числители дробей слева и справа, получим тождество, из которого нужно получить систему из четырех уравнений для определения A, B, C, D.

$$3p^2-2=A(p^2+1)+B(p+1)(p^2+1)+(Cp+D)(p+1)^2$$

$$\begin{array}{c|l} p=-1 & 1=2A,\ A=\dfrac{1}{2} \\ p^3: & 0=B+C \\ p: & 0=B+2D+C \\ p=0 & -2=A+B+D \end{array}$$

$$B+C=0$$

$$B+2D+C=0,\ \textit{отсюда}\ D=0$$

$$B=-2-\frac{1}{2}=-\frac{5}{2}$$

$$C=-B=\frac{5}{2}$$

Тогда

$$F(p)=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{(p+1)^2}-\frac{5}{2}\cdot\frac{1}{p+1}+\frac{5}{2}\cdot\frac{p}{p^2+1}.$$

Применяя свойство линейности преобразования Лапласа и соотношения 5, 4 и 7 из таблицы, получим искомый оригинал

$$f(t)=\frac{1}{2}te^{-t}-\frac{5}{2}e^{-t}+\frac{5}{2}\cos t.$$

Если изображение $F(p)=\dfrac{\Phi(p)}{G(p)}$ является правильной рациональной дробью и $p_1, p_2, ..., p_n$ - полюсы $F(p)$, то для нахождения оригинала $f(t)$ применяют теорию вычетов, а именно:

$$F(p)=f(t)=\sum_{k=1}^{n} res\left[F(p)e^{pt}; p_k\right],$$

где $res\left[F(p)e^{pt}; p_k\right]$ - вычет функции $F(p)e^{pt}$ относительно полюса p_k.

Пример

С помощью вычетов найти оригинал для изображения $F(p)=\dfrac{3p^2-2}{(p+1)^2(p^2+1)}$.

Решение

Для $F(p)$ $p=-1$ - полюс второго порядка, $p=\pm i$ - простые полюсы.

Тогда

$$f(t)=res\left[F(p)e^{pt}; -1\right]+res\left[F(p)e^{pt}; i\right]+res\left[F(p)e^{pt}; -i\right].$$

Найдем вычеты.

$$res\left[F(p)e^{pt};-1\right]=\lim_{p\to -1}\left((p+1)^2\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p^2+1)}\right)'=\lim_{p\to -1}\left(\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{p^2+1}\right)'=$$

$$=\lim_{p\to -1}\frac{1}{(p^2+1)^2}\left(\left(p^2+1\right)\left(6pe^{pt}+\left(3p^2-2\right)e^{pt}\cdot t\right)-\left(3p^2-2\right)e^{pt}\cdot 2p\right)=$$

$$=\frac{1}{4}\left(2\left(-6e^{-t}+e^{-t}\cdot t\right)-e^{-t}(-2)\right)=\frac{1}{4}\left(-12e^{-t}+2te^{-t}+2e^{-t}\right)=$$

$$=\frac{1}{4}\left(-10e^{-t}+2te^{-t}\right)=\frac{1}{2}te^{-t}-\frac{5}{2}e^{-t}.$$

$$res\left[F(p)e^{pt};i\right]=\lim_{p\to i}(p-i)\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p-i)(p+i)}=\lim_{p\to i}\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p+i)}=$$

$$=\frac{-5e^{it}}{(-1+2i+1)\,2i}=\frac{-5e^{it}}{-4}=\frac{5}{4}(\cos t+i\sin t)=\frac{5}{4}\cos t+i\frac{5}{4}\sin t.$$

$$res\left[F(p)e^{pt};-i\right]=\lim_{p\to -i}(p+i)\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p-i)(p+i)}=\lim_{p\to -i}\frac{(3p^2-2)e^{pt}}{(p+1)^2(p-i)}=$$

$$=\frac{-5e^{-it}}{-2i\,(-2i)}=\frac{-5e^{-it}}{-4}=\frac{5}{4}(\cos t-i\sin t)=\frac{5}{4}\cos t-\frac{5}{4}i\sin t.$$

Складывая вычеты, получим искомый оригинал

$$f(t)=\frac{1}{2}te^{-t}-\frac{5}{2}e^{-t}+\frac{5}{2}\cos t.$$

14. Применение операционного исчисления к решению линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами

Задача Коши

Требуется найти частное решение уравнения

$$a_0 y^{(n)}(t) + + a_1 y^{(n-1)}(t) + \ldots + a_{n-1} y'(t) + a_n y(t) = f(t)\ (a_0 \neq 0),$$

удовлетворяющее условиям: $y(0) = y_0, \quad y'(0) = y_1, \ldots, y^{(n-1)}(0) = y_{n-1}.$

Операционным методом (с помощью преобразования Лапласа) эта задача может быть решена в предположении, что функция $f(t)$, искомая функция $y(t)$ и ее производные до *n*-го порядка включительно, являются оригиналами.

Пусть $y(t) = Y(p), \quad f(t) = F(p)$, тогда по теореме о дифференцировании оригинала имеем

$$y'(t) = pY(p) - y^0; \quad y''(t) = p^2 Y(p) - py_0 - y_1, \ldots,$$

$$y^{(n)}(t) = p^n Y(p) - p^{n-1} y_0 - \ldots py_{n-2} - y_{n-1}.$$

Применяя линейность преобразования Лапласа, перейдем в заданном дифференциальном уравнении от оригиналов к изображениям:

$$a_0(p^n Y(p) - p^{n-1} y_0 - \ldots - py_{n-2} - y_{n-1}) +$$

$$+ a_1(p^{n-1} Y(p) - p^{n-2} y_0 - \ldots - y_{n-2}) +$$

$$+ \ldots + a_{n-1}(pY(p) - y_0) + a_n Y(p) = F(p).$$

Полученное уравнение – это алгебраическое уравнение первой степени относительно $Y(p)$. Решая его, находим

$$Y(p) = \frac{F(p) + \Phi(p)}{\Psi(p)},$$

где

$$\Psi(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + ... + a_n,$$

$$\Phi(p) = y_0(a_0 p^{n-1} + a_1 p^{n-1} + ... + a_{n-1}) +$$

$$+ y_1(a_0 p^{n-2} + a_1 p^{n-3} + ... + a_{n-2}) + ... +$$

$$+ y_{n-2}(a_0 p + a_1) + a_0 y_{n-1}.$$

$\Phi(p)$ - многочлен степени не выше, чем n-1, с коэффициентами, зависящими от начальных условий. Если все начальные значения равны нулю, то $\Phi(p) = 0$.

Далее, для найденного изображения $Y(p)$ находим оригинал $y(t)$, который и будет искомым частным решением дифференциального уравнения.

Преимущество операционного метода решения задачи Коши перед классическими методами состоит в том, что уравнение для $Y(p)$ является линейным алгебраическим и, следовательно, в математическом отношении более простым, чем исходное дифференциальное уравнение. Во-вторых, операционным методом сразу находится част-

ное решение, удовлетворяющее заданным начальным условиям, и не надо искать общее решение этого уравнения.

Пример 1

Решить уравнение $y''-4y=te^{-t}$ при начальных условиях $y(0)=2,\quad y'(0)=0.$

Решение

Пусть $y(t)=Y(p)$, тогда

$$y'(t)=pY(p)-y(0)=pY(p)-2,$$
$$y''(t)=p^2Y(p)-py(0)-y'(0)=p^2Y(p)-2p.$$

Переходим в уравнении к изображениям:

$$p^2Y(p)-2p-4Y(p)=\frac{1}{(p+1)^2},$$

решаем это уравнение

$$(p^2-4)Y(p)=\frac{1}{(p+1)^2}+2p;\quad (p^2-4)Y(p)=\frac{1+2p^3+4p^2+2p}{(p+1)^2}.$$

$$Y(p)=\frac{2p^3+4p^2+2p+1}{(p+1)^2(p^2-4)}\quad \text{или}\quad Y(p)=\frac{2p^3+4p^2+2p+1}{(p+1)^2(p-2)(p+2)}.$$

Разложим полученную для $Y(p)$ правильную рациональную дробь на сумму простейших дробей.

$$\frac{2p^3+4p^2+2p+1}{(p-2)(p+2)(p+1)^2}=\frac{A}{p-2}+\frac{B}{p+2}+\frac{C}{(p+1)^2}+\frac{D}{p+1},$$

$$2p^3+4p^2+2p+1=A(p+2)(p+1)^2+B(p-2)(p+1)^2+$$

$$+C(p-2)(p+2)+D(p+1)(p-2)(p+2).$$

$$p=2 \qquad 16+16+4+1=A\cdot 36, \qquad 37=36A, \qquad A=\frac{37}{36}$$

$$p=-2 \qquad -16+16-4+1=B\cdot(-4), \qquad -3=-4B, \qquad B=\frac{3}{4}$$

$$p=-1 \qquad -2+4-2+1=C\cdot(-3), \qquad 1=-3C, \qquad C=-\frac{1}{3}$$

$$p^3: \quad 2=A+B+D, \quad D=2-A-B=2-\frac{37}{36}-\frac{3}{4}=\frac{72-37-27}{36}=\frac{8}{36}=\frac{2}{9}.$$

Тогда

$$Y(p)=\frac{37}{36}\cdot\frac{1}{p-2}+\frac{3}{4}\cdot\frac{1}{p+2}-\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{(p+1)^2}+\frac{2}{9}\cdot\frac{1}{p+1},$$

а искомое частное решение дифференциального уравнения есть

$$y(t)=\frac{37}{36}e^{2t}+\frac{3}{4}e^{-2t}-\frac{1}{3}te^{-t}+\frac{2}{9}e^{-t}.$$

Пример 2

Решить уравнение $x'''+2x'=4e^{-t}$ при начальных условиях $x(0)=x'(0)=x''(0)=0$.

Решение

Пусть $x(t) = X(p)$, тогда

$$x'(t) = pX(p) - x(0) = pX(p),$$

$$x'''(t) = p^3X(p) - p^2(x(0)) - px'(0) - x''(0) = p^3X(p),$$

$$4e^{-t} == \frac{4}{p+1}.$$

Переходим в дифференциальном уравнении к изображениям

$$p^3X(p) + 2pX(p) = \frac{4}{p+1},$$

$$(p^3 + 2p)X(p) = \frac{4}{p+1},$$

откуда

$$X(p) = \frac{4}{(p+1)(p^3+2p)} \text{ или } X(p) = \frac{4}{p(p+1)(p^2+2)}.$$

$$\frac{4}{p(p+1)(p^2+2)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+1} + \frac{Cp+D}{p^2+2}$$

$$4 = A(p+1)(p^2+2) + Bp(p^2+2) + (Cp+D)p(p+1)$$

$p = 0$ $\quad 4 = 2A,$ $\quad A = \frac{4}{2} = 2$

$p = -1$ $\quad 4 = B \cdot (-3),$ $\quad B = \frac{4}{-3} = -\frac{4}{3}$

$p^3:$ $\quad 0 = A + B + C,$ $\quad C = -A - B = -2 + \frac{4}{3} = -\frac{2}{3}$

$p^2:$ $\quad 0 = A + D + C,$ $\quad D = -A - C = -2 + \frac{2}{3} = -\frac{4}{3}.$

Тогда

$$X(p)=2\cdot\frac{1}{p}-\frac{4}{3}\cdot\frac{1}{p+1}-\frac{2}{3}\cdot\frac{p}{p^2+2}-\frac{4}{3\sqrt{2}}\cdot\frac{\sqrt{2}}{p^2+2}.$$

Искомое частное решение $x(t)$ есть

$$x(p)=2-\frac{4}{3}e^{-t}-\frac{2}{3}\cdot\cos\sqrt{2}t-\frac{4}{3\sqrt{2}}\sin\sqrt{2}t\,.$$

15. Решение систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами операционным методом

Системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами операционным методом решаются так же, как и одно уравнение. Отличие будет лишь в том, что вместо одного изображающего уравнения будем иметь систему таких уравнений, причем эта система в отношении изображений искомых функций будет линейной алгебраической.

Пример 1

Решить систему $\begin{cases} x'+3x+y=0 \\ y'-x+y=0 \end{cases}$ при начальных условиях $x(0)=1,\ y(0)=1.$

Решение

Пусть

$$x(t) = X(p), \quad y(t) = Y(p),$$

тогда

$$x'(t) = pX(p) - 1; \quad y'(t) = pY(p) - 1.$$

Переходим в уравнениях к изображениям

$$\begin{cases} pX(p) - 1 + 3X(p) + Y(p) = 0 \\ pY(p) - 1 - X(p) + Y(p) = 0 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} (p+3)X(p) + Y(p) = 1 \\ -X(p) + (p+1)Y(p) = 1 \end{cases}$$

Получили линейную алгебраическую систему с неизвестными $X(p)$ и $Y(p)$.

Решение этой системы находим по формулам Крамера.

$$X(p) = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad Y(p) = \frac{\Delta_2}{\Delta},$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} p+3 & 1 \\ -1 & p+1 \end{vmatrix} = (p+3)(p+1) + 1 = p^2 + 3p + p + 3 + 1 = (p+2)^2,$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & p+1 \end{vmatrix} = p + 1 - 1 = p,$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} p+3 & 1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = p + 3 + 1 = p + 4.$$

Тогда $X(p)=\dfrac{p}{(p+2)^2};\quad Y(p)=\dfrac{p+4}{(p+2)^2}$.

Для нахождения оригиналов $x(t)$ и $y(t)$ найденные их изображения преобразуем

$$X(p)=\frac{p}{(p+2)^2}=\frac{(p+2)-2}{(p+2)^2}=\frac{1}{p+2}-\frac{2}{(p+2)^2}=e^{-2t}-2te^{-2t};$$

$$Y(p)=\frac{p+4}{(p+2)^2}=\frac{(p+2)+2}{(p+2)^2}=\frac{1}{p+2}+\frac{2}{(p+2)^2}=e^{-2t}+2te^{-2t}.$$

Частное решение системы дифференциальных уравнений есть

$$\begin{cases} x(t)=e^{-2t}(1-2t), \\ y(t)=e^{-2t}(1+2t). \end{cases}$$

Пример 2

Решить систему $\begin{cases} x'+x-y=e^t \\ y'-x+y=\sin t \end{cases}$

при начальных условиях $x(0)=1,\quad y(0)=0.$

Решение

Пусть

$$x(t)=X(p),\quad y(t)=Y(p),$$

тогда

$$x'(t)=pX(p)-1;\quad y'(t)=pY(p).$$

Переходим в уравнениях к изображениям

$$\begin{cases} pX(p)-1+X(p)-Y(p)=\dfrac{1}{p-1} \\ pY(p)-X(p)+Y(p)=\dfrac{1}{p^2+1} \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} (p+1)X(p)-Y(p)=\dfrac{1}{p-1}+1 \\ -X(p)+(p+1)Y(p)=\dfrac{1}{p^2+1}, \end{cases}$$

$$X(p)=\frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad Y(p)=\frac{\Delta_2}{\Delta},$$

$$\Delta=\begin{vmatrix} p+1 & -1 \\ -1 & p+1 \end{vmatrix}=(p+1)^2-1=p^2+2p,$$

$$\Delta_1=\begin{vmatrix} \dfrac{p}{p-1} & -1 \\ \dfrac{1}{p^2+1} & p+1 \end{vmatrix}=\frac{p(p+1)}{p-1}+\frac{1}{p^2+1}=$$

$$=\frac{p^4+p^3+p^2+p+p-1}{(p-1)(p^2+1)}=\frac{p^4+p^3+p^2+2p-1}{(p-1)(p^2+1)},$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} p+1 & \dfrac{p}{p-1} \\ -1 & \dfrac{1}{p^2+1} \end{vmatrix} = \frac{p+1}{p^2+1} + \frac{p}{p-1} =$$

$$= \frac{p^2-1+p^3+p}{(p-1)(p^2+1)} = \frac{p^3+p^2+p-1}{(p-1)(p^2+1)}.$$

Тогда

$$X(p) = \frac{p^4+p^3+p^2+2p-1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)}, \quad Y(p) = \frac{p^3+p^2+p-1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)}.$$

Каждую из правильных рациональных дробей представим в виде суммы простейших дробей

$$\frac{p^4+p^3+p^2+2p-1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+2} + \frac{C}{p-1} + \frac{Dp+E}{p^2+1},$$

$$p^4+p^3+p^2+2p-1 = A(p+2)(p-1)(p^2+1) + Bp(p-1)(p^2+1) +$$

$$+ Cp(p+2)(p^2+1) + (Dp+E)p(p+2)(p-1)$$

$p=0 \qquad -1 = -2A, \qquad A = \dfrac{1}{2}$

$p=1 \qquad 4 = 6C, \qquad C = \dfrac{2}{3}$

$p=-2 \qquad 16-8+4-4-1=30B, \quad 7=30B, \quad B=\dfrac{7}{30}$

$p^4: \quad 1=A+B+C+D, \quad D=1-A-B-C=1-\dfrac{1}{2}-\dfrac{7}{30}-\dfrac{2}{3}=-\dfrac{2}{5}$

$p=-1 \quad -2=-4A+4B-2C-2D+2E.$

$$E=-1+2A-2B+C+D=-1+1-\frac{7}{15}+\frac{2}{3}-\frac{2}{5}=-\frac{1}{5}$$

$$X(p)=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{p}+\frac{7}{30}\cdot\frac{1}{p+2}+\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{p-1}-\frac{2}{5}\cdot\frac{p}{p^2+1}-\frac{1}{5}\cdot\frac{1}{p^2+1}.$$

По изображению $X(p)$ находим оригинал $x(t)$:

$$x(t)=\frac{1}{2}+\frac{7}{30}e^{-2t}+\frac{2}{3}e^{t}-\frac{2}{5}\cos t-\frac{1}{5}\sin t,$$

$$x(0)=\frac{1}{2}+\frac{7}{30}+\frac{2}{3}-\frac{2}{5}=\frac{15+7+20-12}{30}=\frac{30}{30}=1.$$

$$\frac{p^3+p^2+p-1}{p(p+2)(p-1)(p^2+1)}=\frac{A}{p}+\frac{B}{p+2}+\frac{C}{p-1}+\frac{Dp+E}{p^2+1},$$

$$p^3+p^2+p-1=A(p+2)(p-1)(p^2+1)+Bp(p-1)(p^2+1)+$$

$$+Cp(p+2)(p^2+1)+(Dp+E)p(p+2)(p-1)$$

$p=0 \qquad -1=-2A, \qquad A=\dfrac{1}{2}$

$p=1 \qquad 2=6C, \qquad C=\dfrac{1}{3}$

$$p=-2 \qquad -7=30B, \qquad\qquad B=-\frac{7}{30}$$

$$p^4: \qquad 0=A+B+C+D, \qquad D=-A-B-C=-\frac{1}{2}+\frac{7}{30}-\frac{1}{3}=-\frac{3}{5}$$

$$p=-1 \qquad -2=-4A+4B-2C-2D+2\mathrm{E}$$

$$E=-1+2A-2B+C+D=-1+1+\frac{7}{15}+\frac{1}{3}-\frac{3}{5}=+\frac{1}{5}$$

$$Y(p)=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{p}-\frac{7}{30}\cdot\frac{1}{p+2}+\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{p-1}-\frac{3}{5}\cdot\frac{p}{p^2+1}+\frac{1}{5}\cdot\frac{1}{p^2+1}.$$

Искомый оригинал $y(t)$ равен

$$y(t)=\frac{1}{2}-\frac{7}{30}e^{-2t}+\frac{1}{3}e^{t}-\frac{3}{5}\cos t+\frac{1}{5}\sin t,$$

$$y(0)=\frac{1}{2}-\frac{7}{30}+\frac{1}{3}-\frac{3}{5}=\frac{15-7+10-18}{30}=\frac{0}{30}=0.$$

Частное решение системы дифференциальных уравнений есть

$$\begin{cases} x(t)=\dfrac{1}{2}+\dfrac{7}{30}e^{-2t}+\dfrac{2}{3}e^{t}-\dfrac{2}{5}\cos t-\dfrac{1}{5}\sin t \\ y(t)=\dfrac{1}{2}-\dfrac{7}{30}e^{-2t}+\dfrac{1}{3}e^{t}-\dfrac{3}{5}\cos t+\dfrac{1}{5}\sin t. \end{cases}$$

УПРАЖНЕНИЯ

1. Найти изображения для заданных оригиналов

$$1)\ f(t) = 2\cos 5t - e^{-t}\sin 4t;$$
$$2)\ f(t) = \sin 2(t-1)\cdot 1(t-1);$$
$$3)\ f(t) = 3t\cos 4t;$$
$$4)\ f(t) = (t-2)^3 e^{t-2}\cdot 1(t-2).$$

2. С помощью таблицы оригиналов и соответствующих им изображений и свойств преобразования Лапласа найти оригиналы по заданным изображениям:

$$1)\ F(p) = \frac{3p}{p^2-25} + \frac{2}{(p-2)^2+9};$$

$$2)\ F(p) = \frac{4p}{p^2-2p+5};$$
$$3)\ F(p) = \frac{p+8}{p^2+4p+7}e^{-p};$$

$$4)\ F(p) = \frac{7}{(p+3)^3} - \frac{pe^{-2p}}{p^2-16}.$$

3. Найти частные решения дифференциальных уравнений, удовлетворяющие заданным начальным условиям:

1) $y''-4y'+5y=e^t, \quad y(0)=0, \quad y'(0)=1;$

2) $y''-3y'+2y=e^t, \quad y(0)=2, \quad y'(0)=6;$

3) $y''+y'=\sin 2t, \quad y(0)=0, \quad y'(0)=0;$

4) $y''+4y'=3\cos t, \quad y(0)=0, \quad y'(0)=1.$

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Араманович И. Г., Лунц Г. Л., Эльсгольц Л. Э. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. – М.: Наука, 1970. – 380 с.

Ершова В. В. Импульсные функции. Функции комплексной переменной. Операционное исчисление. – М.: Наука, 1976. – 255 с.



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

Г. М. ПЛОТНИКОВА

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

Учебное пособие
по разделу дисциплины «Математика»
для студентов всех специальностей
очного обучения

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ 5
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 25
ОТВЕТЫ 71
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 83

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое пособие предназначено для студентов всех специальностей очного обучения.

Пособие содержит 30 вариантов заданий по теме «Теория вероятностей». В начале пособия даны методические указания с подробными решениями аналогичных задач. В конце пособия указаны ответы.

Целью работы является активизация самостоятельной работы студентов и содействие более глубокому усвоению разделов курса математики и её приложений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

В данном разделе приведены подробные решения задач, подобных указанным в вариантах.

Задача 1

При массовом производстве полупроводниковых диодов вероятность брака при формовке 0,2. Какова вероятность того, что из 400 наугад взятых диодов ровно 84 будут бракованными?

Решение

Так как $n = 400$ представляет собой достаточно большое число и $p = 0{,}2$, то можно считать, согласно локальной теореме Лапласа, что случайная величина $X = k$ распределена по нормальному закону. Тогда вероятность того, что в n независимых испытаниях событие наступит ровно k раз, приближённо равна

$$P_n(k) = \frac{1}{\sqrt{npq}}\varphi(x),$$

где

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}, \quad x = \frac{k - np}{\sqrt{npq}}.$$

По условиям задачи $k = 84$; $q = 0{,}8$, $p = 0{,}2$, $n = 400$, тогда

$$P(X = 84) \approx \frac{1}{\sqrt{400 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}8}} \varphi\left(\frac{84 - 400 \cdot 0{,}2}{\sqrt{400 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}8}}\right) =$$

$$= \frac{1}{8}\varphi(0{,}5) = \frac{1}{8} 0{,}3521 \approx 0{,}044.$$

Таблица функции $\varphi(x)$ для положительных значений x приводится в приложениях к учебникам (см., например [4], прил. 1. В. Е. Гмурман. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике). Для отрицательных значений x пользуются той же таблицей, так как функция $\varphi(x)$ – чётная.

Задача 2

Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах соответственно равны:

$$p_1 = 0{,}4;\ \ p_2 = 0{,}5;\ \ p_3 = 0{,}7.$$

Найти вероятности того, что в результате этих трёх выстрелов по мишени будет:

а) ровно одно попадание;

б) хотя бы одно попадание;

в) ровно два попадания.

Решение

а) Пусть событие A – одно попадание в мишень. Обозначим $A_1 - A_3$ – события, означающие попадания в мишень соответственно при первом, втором и третьем выстрелах. Событие A выражается так

$$A = A_1\overline{A}_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1A_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1\overline{A}_2A_3,$$

где $\overline{A}_1 - \overline{A}_3$ – события, противоположные соответственно событиям $A_1 - A_3$.

Применяя теорему сложения вероятностей для несовместных событий и теорему умножения для независимых событий, получим

$$P(A) = P(A_1\overline{A}_2\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1A_2\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1\overline{A}_2A_3) =$$

$$= P(A_1)\cdot P(\overline{A}_2)\cdot P(\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1)\cdot P(A_2)\cdot P(\overline{A}_3) + P(\overline{A}_1)\cdot P(\overline{A}_2)\cdot P(A_3) =$$

$$= 0{,}4\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 + 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}3 + 0{,}6\cdot 0{,}5\cdot 0{,}7 = 0{,}36.$$

б) Пусть событие B – хотя бы одно попадание в мишень, тогда

$$B = A_1A_2A_3 + A_1A_2\overline{A}_3 + A_1\overline{A}_2A_3 + A_1\overline{A}_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1A_2\overline{A}_3 + \overline{A}_1\overline{A}_2A_3.$$

Но легче подсчитать вероятность противоположного события $\overline{B}$ – ни одного попадания при трёх выстрелах:

$$\overline{B} = \overline{A}_1\overline{A}_2\overline{A}_3.$$

Тогда $P(B) = 1 - P(\overline{B}) = 1 - 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}3 = 1 - 0{,}09 = 0{,}91$.

в) Пусть событие C равно двум попаданиям, тогда

$$C = A_1A_2\overline{A}_3 + A_1\overline{A}_2A_3 + \overline{A}_1A_2A_3,$$

$$P(C) = 0{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}3 + 0{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}7 + 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}7 = 0{,}41.$$

Задача 3

По каналу связи передаётся один из двух возможных сигналов x_1 или x_2. Сигнал x_2 передаётся в среднем в два раза чаще, чем сигнал x_1. Из-за наличия помех возможны искажения: вместо сигнала x_1 на приёме может быть получен сигнал x_2 и наоборот. Свойства канала связи таковы, что сигнал x_1 подвергается искажениям в 10 %, а сигнал x_2 – в 20 % случаев. Предположим, что получен сигнал x_1. Какова вероятность, что передан этот же сигнал?

Решение

Введём обозначения:

событие A – передан сигнал x_1;

событие B – получен сигнал x_1.

Тогда событие $\overline{A}$ – передан сигнал x_2. Событие B может наступить лишь при появлении одного из несовместных событий (гипотез) A и $\overline{A}$.

По условиям задачи:

$$P(A) = \frac{1}{3}; \quad P(\overline{A}) = \frac{2}{3}.$$

Вероятность того, что получен сигнал x_1, при условии, если передали этот же сигнал:

$$P(B/A)=0{,}9.$$

Вероятность того, что получен сигнал x_1, если передали сигнал x_2:

$$P(B/\overline{A})=0{,}2.$$

Искомую вероятность $P(A/B)$ находим по формуле Бейеса

$$P(A/B)=\frac{P(A)\cdot P(B/A)}{P(A)\cdot P(B/A)+P(\overline{A})\cdot P(B/\overline{A})}=\frac{\frac{1}{3}\cdot 0{,}9}{\frac{1}{3}\cdot 0{,}9+\frac{2}{3}\cdot 0{,}2}\approx 0{,}692.$$

Задача 4

"n" стрелков независимо друг от друга стреляют по одной и той же цели. Вероятность попадания для каждого стрелка равна $p=0{,}004$. Определить количество стрелков, которое потребуется для поражения цели с вероятностью не меньшей, чем $P=0{,}98$.

Решение

Пусть событие A – поражение цели стрелками, тогда $\overline{A}$ – промахи всех стрелков. Так как выстрелы производятся независимо друг от друга, то по теореме умножения вероятностей

$$P(\overline{A})=(1-p)^n,$$

а вероятность наступления события A

$$P(A)=1-P(\overline{A})=1-(1-p)^n.$$

По условию задачи необходимо, чтобы

$$1-(1-p)^n\geq P$$

или

$$1-P\geq(1-p)^n.$$

Отсюда

$$\lg(1-P) \geq n \cdot \lg(1-p)$$

и, с учетом того, что $\lg(1-p) < 0$:

$$n \geq \frac{\lg(1-P)}{\lg(1-p)}.$$

При $p = 0{,}004$ и $P = 0{,}98$ получим

$$n \geq \frac{\lg 0{,}02}{\lg 0{,}996} \approx 976.$$

Ответ

Для поражения цели требуется не менее 976 стрелков.

Задача 5

Из партии, состоящей из 50 изделий, среди которых имеется 5 бракованных, выбраны случайным образом четыре изделия для проверки их качества. Построить ряд распределения случайного числа X бракованных изделий, содержащихся в выборке, и найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение случайной величины X. Найти функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

Решение

Возможными значениями случайной величины X будут

$x_1 = 0$ (в выборке нет бракованных изделий);

$x_2 = 1$ (в выборке одно бракованное изделие);

$x_3 = 2; x_4 = 3; x_5 = 4$ (все четыре выбранных изделия бракованные).

Найдем вероятность того, что случайная величина X примет эти значения.

а) $x_1 = 0$.

Согласно классическому определению вероятности, вероятностью события A называется отношение числа благоприятных случаев m к общему числу случаев n:

$$P(A) = \frac{m}{n}.$$

Общее число состоит из возможных комбинаций, которые можно образовать из 50 изделий по четыре, т. е.

$$n = C_{50}^4,$$

где число сочетаний вычисляется по формуле

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Из этого числа случаев благоприятными являются только те выборки, которые не содержат бракованных изделий. Так как имеется 45 небракованных изделий, то число благоприятных случаев – это число способов, которыми можно выбрать 4 изделия из 45, т. е.

$$m = C_{45}^4,$$

тогда для $x_1 = 0$

$$p_1 = \frac{C_{45}^4}{C_{50}^4} = \frac{\frac{45!}{4!\cdot 41!}}{\frac{50!}{4!\cdot 46!}} = \frac{42\cdot 43\cdot 44\cdot 45}{47\cdot 48\cdot 49\cdot 50} = 0{,}64696.$$

б) $x_2 = 1$.

Общее число случаев $n = C_{50}^4$.

Благоприятными случаями являются те выборки, которые содержат одно бракованное изделие и три небракованных.

Число способов, которыми можно выбрать одного бракованное изделие из пяти, равно числу сочетаний из 5 по 1, т. е. C_5^1.

Кроме того, число способов, которыми можно выбрать остальные три небракованных изделия из 45, равно C_{45}^3. А так как каждое выбранное бракованное изделие может оказаться в одной выборке с каждой из троек небракованных

изделий, то число всех выборок по 4 изделия, в которых одно бракованное, а три небракованных, равно: $C_5^1 \cdot C_{45}^3$, тогда

$$p_2 = \frac{C_5^1 \cdot C_{45}^3}{C_{50}^4} = 0{,}30807.$$

в) Вероятность того, что случайная величина X примет значение, равное 2, равна $(x_3 = 2)$

$$p_3 = \frac{C_5^2 \cdot C_{45}^2}{C_{50}^4} = 0{,}043.$$

г) $x_4 = 3$.

$$p_4 = \frac{C_5^3 \cdot C_{45}^1}{C_{50}^4} = 0{,}00195.$$

д) $x_5 = 4$.

$$p_5 = \frac{C_5^4 \cdot C_{45}^0}{C_{50}^4} = 0{,}00002.$$

Получим следующий ряд распределения:

X	0	1	2	3	4
P	0,64696	0,30807	0,043	0,00195	0,00002

Определяем математическое ожидание (округлим до 0,001).

$$M(X) = \sum_{i=1}^{5} x_i p_i = 0 \cdot 0{,}647 + 1 \cdot 0{,}308 + 2 \cdot 0{,}043 + 3 \cdot 0{,}002 + 4 \cdot 0 = 0{,}398 \approx 0{,}4.$$

Дисперсию вычислим по формуле

$$D(X) = \sum_{i=1}^{5} x_i^2 p_i - \left(M(X)\right)^2.$$

Для нахождения дисперсии составим ряд распределения для величины x^2 (вероятности округлены до 0,001)

X^2	0	1	4	9	16
P	0,647	0,308	0,043	0,002	0

тогда

$$D(X) = 0 \cdot 0{,}647 + 1 \cdot 0{,}308 + 4 \cdot 0{,}043 + 9 \cdot 0{,}002 + 16 \cdot 0 - (0{,}4)^2 \approx 0{,}338 \approx 0{,}34.$$

Среднее квадратическое отклонение $\sigma(x)$ рассчитывается по формуле

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)} = \sqrt{0{,}34} \approx 0{,}58.$$

Найдём функцию распределения $F(x)$. Согласно определению, функцией распределения случайной величины X называется вероятность того, что она примет значение меньшее, чем заданное x:

$$F(x) = P\{X < x\}.$$

1. Пусть $x \le 0$; так как число изделий отрицательным быть не может, то для любого $x \le 0$ (включая 0) $F(x) = 0.$
2. Пусть $0 < x \le 1$ (например, $x = 1/2$):

$$F(x) = P\{X = 0\} = 0{,}64696.$$

3. Пусть $1 < x \le 2$ (например, 1,75):

$$F(x) = P\{X < 2\} = P\{X = 0\} + P\{X = 1\} = 0{,}64696 + 0{,}30807 = 0{,}95503.$$

Очевидно, что и $F(2) = 0{,}95503.$

4. Пусть $2 < x \le 3$, тогда

$$F(x) = P\{X < 3\} = P\{x = 0\} + P\{x = 1\} + P\{x = 2\}$$

$$= 0{,}95503 + 0{,}043 = 0{,}99803.$$

5. Пусть $3 < x \le 4$: $F(x) = P\{X < 4\} = 0{,}99803 + 0{,}00195 = 0{,}999.$

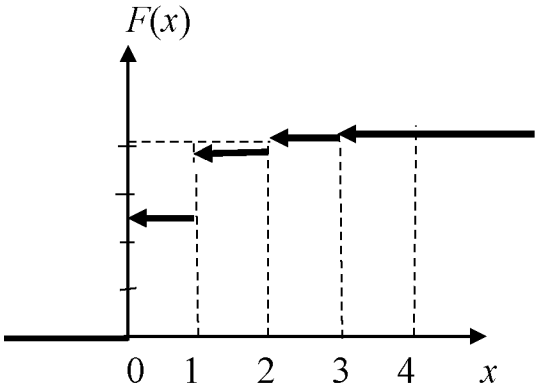
Тогда и $F(4) = 0{,}99998.$

6. Пусть $x > 4$: $F(x) = 0{,}99998 + 0{,}00002 = 1.$

Итого:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \le 0, \\ 0{,}64696, & 0 < x \le 1, \\ 0{,}95503, & 1 < x \le 2, \\ 0{,}99803, & 2 < x \le 3, \\ 0{,}99998, & 3 < x \le 4, \\ 1, & x > 4 \end{cases}.$$

Изобразим графические функции $F(x)$:



Задача 6

Дискретная случайная величина X может принимать только два значения: x_1 и x_2, причем $x_1 < x_2$. Известны вероятность p_1 возможного значения x_1, математическое ожидание $M(X)$ и $D(X)$. Найти закон распределения этой случайной величины, если $p_1 = 0{,}3;\quad M(X) = 3{,}4;\quad D(X) = 0{,}84.$

Решение

Сумма вероятностей всех возможных значений дискретной случайной величины равна единице, поэтому вероятность того, что X примет x_2, равна 1 – 0,3 = 0,7.

Напишем закон распределения X:

X	x_1	x_2
P	0,3	0,7

Для отыскания x_1 и x_2 надо составить два уравнения, связывающие эти числа. С этой целью выразим известные математическое ожидание и дисперсию через x_1 и x_2

Найдем $M(X)$

$$M(X) = 0{,}3x_1 + 0{,}7x_2.$$

По условию: $M(X) = 3{,}4$, следовательно,

$$0{,}3x_1 + 0{,}7x_2 = 3{,}4 \qquad (1)$$

Напишем закон распределения X^2

X^2	x_1^2	x_2^2
P	0,3	0,7

Найдём $M(X^2)$

$$M(X^2) = 0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2.$$

Формула для нахождения дисперсии имеет вид

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2.$$

Подставляя, $D(X) = 0{,}84$, получим

$$0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 - (3{,}4)^2 = 0{,}84$$

или

$$0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 = 12{,}4. \qquad (2)$$

Объединяя уравнения (1) и (2), получим систему уравнений

$$\begin{cases} 0{,}3x_1 + 0{,}7x_2 = 3{,}4 \\ 0{,}3x_1^2 + 0{,}7x_2^2 = 12{,}4 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} 3x_1 + 7x_2 = 34 \\ 3x_1^2 + 7x_2^2 = 124. \end{cases}$$

Из первого уравнения находим

$$x_1 = \frac{34 - 7x_2}{3}.$$

Подставляя это значение x_1 во второе уравнение, получим после упрощения

$$5x_2^2 - 34x_2 + 56 = 0.$$

Корнями этого квадратного уравнения будут числа $x_2' = 2{,}8$ и $x_2'' = 4$.
Для $x_2' = 2{,}8$ находим

$$x_1' = \frac{34 - 7 \cdot 28}{3} = 4{,}8.$$

Для $x_2'' = 4$ находим

$$x_1'' = \frac{34 - 7 \cdot 4}{3} = 2.$$

Но по условию задачи $x_1 < x_2$, поэтому остаётся принять, что $x_1 = 2$ и $x_2 = 4$.

Таким образом, закон распределения случайной величины X имеет вид

X	2	4
P	0,3	0,7

Задача 7

Случайная величина X задана интегральной функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(x)$, дисперсию $D(x)$. Построить график функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина X примет значение, заключенное в интервале $\left(\frac{\pi}{16};\frac{\pi}{12}\right)$, если

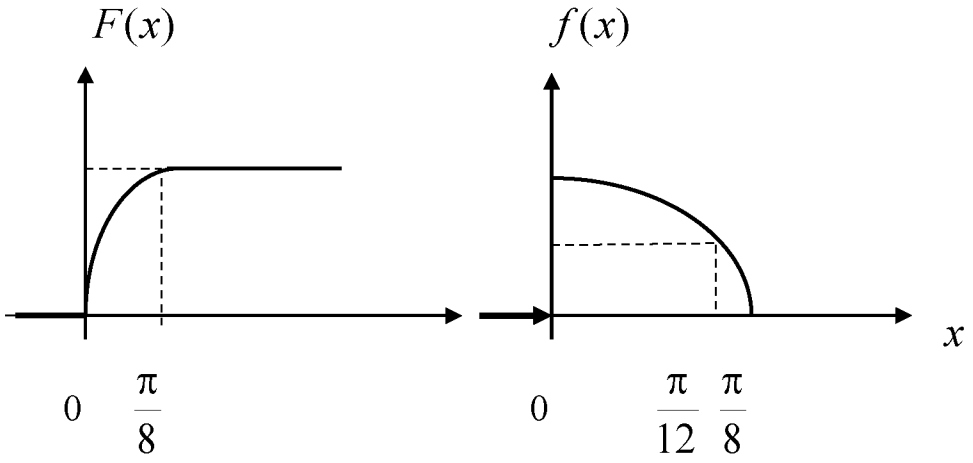
$$F(x)=\begin{cases}0, & \text{при} \quad x<0\\ \sin 4x, & \text{при} \quad 0\le x\le \frac{\pi}{8}\\ 1, & \text{при} \quad x>\frac{\pi}{8}\end{cases}$$

Решение

Для нахождения плотности вероятности $f(x)$ воспользуемся формулой $f(x)=F'(x)$. Тогда

$$f(x)=\begin{cases}0, & \text{при} \quad x<0\\ 4\cos 4x, & \text{при} \quad 0<x\le \frac{\pi}{8}\\ 0, & \text{при} \quad x>\frac{\pi}{8}.\end{cases}$$

Графики $F(x)$ и $f(x)$ таковы:



Для нахождения математического ожидания используем формулу

$$M(X)=\int_a^b x\cdot f(x)\,dx,$$

где a и b – границы интервала, которому принадлежат все возможные значения X.

Подставив $a=0;\quad b=\dfrac{\pi}{8};\quad f(x)=4\cos 4x$, получим

$$M(X)=\int_0^{\pi/8} x\cdot 4\cos 4x dx=4\int_0^{\pi/8} x\cdot\cos 4x dx=$$

$$=\left|\begin{array}{ll} u=x; & dv=\cos 4x dx \\ du=dx; & v=\dfrac{1}{4}\sin 4x \end{array}\right|=$$

$$=4x\frac{1}{4}\sin 4x\Big|_0^{\pi/8}-4\int_0^{\pi/8}\frac{1}{4}\sin 4x=$$

$$=x\sin 4x\Big|_0^{\pi/8}-4\int_0^{\pi/8}\sin 4x dx=$$

$$=\frac{\pi}{8}\cdot\sin\frac{4\pi}{8}+\frac{1}{4}\cos 4x\Big|_0^{\pi/8}=\frac{\pi}{8}-\frac{1}{4}.$$

Для нахождения дисперсии воспользуемся формулой

$$D(X)=\int_a^b x^2 f(x)dx - M^2(X),$$

тогда

$$D(X)=4\int_a^b x^2 \cos 4xdx-\left(\frac{\pi}{8}-\frac{1}{4}\right)^2=$$

$$=\left|\begin{array}{ll} u=x^2, & \cos 4xdx=dv \\ du=2xdx, & v=\frac{1}{4}\sin 4x \end{array}\right|=$$

$$=4\frac{1}{4}\sin 4x\cdot x^2\Big|_0^{\pi/8}-4\frac{1}{4}\int_0^{\pi/8}2x\sin 4x-\left(\frac{\pi}{8}-\frac{1}{4}\right)^2=$$

$$=x^2\sin 4x\Big|_0^{\pi/8}-2\int_0^{\pi/8}x\sin 4xdx-\left(\frac{\pi}{8}-\frac{1}{4}\right)^2=$$

$$=\left|\begin{array}{ll} x=u, & \sin 4xdx=dv \\ dx=du, & v=-\frac{1}{4}\cos x \end{array}\right|=$$

$$\frac{\pi^2}{64}-2(-\frac{1}{4}x\cos 4x\Big|_0^{\pi/8}+\frac{1}{4}\int_0^{\pi/8}\cos 4xdx)-\left(\frac{\pi}{8}-\frac{1}{4}\right)^2=$$

$$=\frac{\pi^2}{64}-2\frac{1}{16}\sin 4x\Big|_0^{\pi/8}--\left(\frac{\pi}{8}-\frac{1}{4}\right)^2=$$

$$=\frac{\pi^2}{64}-\frac{1}{8}-\left(\frac{\pi}{8}-\frac{1}{4}\right)^2=\frac{\pi-3}{16}.$$

Вероятность того, что заданная величина X примет значения, заключённые в интервале $\left(\frac{\pi}{16};\frac{\pi}{12}\right)$, находится по формуле

$$P(a<X<b)=\int_a^b f(x)dx=F(b)-F(a),$$

тогда

$$P\left(\frac{\pi}{16}<X<\frac{\pi}{12}\right)=\sin 4x\Big|_{\pi/16}^{\pi/12}=\sin\frac{\pi}{3}-\sin\frac{\pi}{4}=$$

$$=\frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{2}\approx 0{,}159.$$

Задача 8

Найти вероятность того, что в четырёх независимых испытаниях событие A повторится:

а) ровно два раза;

б) не менее двух раз;

в) не более двух раз;

г) хотя бы один раз,

если в каждом испытании вероятность появления события A равна 0,4.

Решение

Для решения задачи воспользуемся формулой Бернулли: вероятность того, что в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность появления события $p(0<p<1)$, событие наступит ровно k раз (безразлично, в какой последовательности), равна

$$P_n(k)=C_n^k p^k q^{n-k},$$

где $q=1-p$; тогда вероятность того, что в четырёх испытаниях событие A наступит:

а) ровно два раза, равна

$$P_4(2)=C_4^2\cdot 0{,}4^2\cdot 0{,}6^2=\frac{4!}{2!\cdot 2!}0{,}16\cdot 0{,}36=0{,}3456;$$

б) не менее двух раз:

$$P_4(2)+P_4(3)+P_4(4)=0{,}3456+0{,}1536+0{,}0256=0{,}5248;$$

в) не более двух раз:

$$P_4(0)+P_4(1)+P_4(2)=1-P_4(3)-P_4(4)=$$

$$=1-0{,}1536-0{,}0256=0{,}8208;$$

г) хотя бы один раз:

$$P_4(1)+P_4(2)+P_4(3)+P_4(4)=1-P_4(0)=$$

$$=1-C_4^0\cdot 0{,}4^0\cdot 0{,}6^4=1-0{,}1296=0{,}8704.$$

Задача 9

Известны математическое ожидание $a=7$ и среднее квадратическое отклонение σ нормально распределённой величины X. Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал (4, 13).

Решение

Вероятность того, что нормально распределённая величина X примет значение, принадлежащее интервалу (α,β), равна:

$$P(\alpha<X<\beta)=\Phi\left(\frac{\beta-a}{\sigma}\right)-\Phi\left(\frac{\alpha-a}{\sigma}\right),$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа.

Подставив $\alpha=4,\quad \beta=13,\quad a=7$ и $\sigma=3$, получим

$$P(4<X<13)=\Phi\left(\frac{13-7}{3}\right)-\Phi\left(\frac{4-7}{3}\right)=\Phi(2)-\Phi(-1)=\Phi(2)+\Phi(1).$$

По таблице значений функций Лапласа (смотреть, например [4]. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике, прил. 2) находим:

$$\Phi(2) = 0{,}4772; \quad \Phi(1) = 0{,}3413,$$

тогда

$$P(4 < X < 13) = 0{,}4772 + 0{,}3413 = 0{,}8185.$$

Задача 10

В лифт семиэтажного дома на первом этаже вошли три человека. Каждый из них с одинаковой вероятностью выходит на любом из этажей, начиная со второго. Найти вероятности следующих событий:

A – все пассажиры выйдут на четвёртом этаже;

B – все пассажиры выйдут одновременно (на одном и том же этаже);

C – все пассажиры выйдут на разных этажах.

Решение

Общее число случаев $n = 6^3 = 216, \quad P(A) = \dfrac{1}{216}$. Вероятность события B вшестеро больше вероятности события A (так как этажей, на которых можно выйти, 6); $m = 6$ и $\mathrm{P(B)} = \dfrac{6}{216} = \dfrac{1}{36}$. Для события C число способов, которыми можно распределить трёх пассажиров по шести этажам: $m = C_6^3 = 20$; $P(C) = \dfrac{20}{216} = \dfrac{5}{54.}$

Задача 11

Двое поочередно бросают монету. Выигрывает тот, у которого раньше появится герб. Определить вероятность выигрыша для каждого из игроков.

Решение

Вероятность выигрыша для игроков обозначим p_1 и p_2.

$$p_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^5} + \cdots = \frac{2}{3}.$$

Имеем сумму бесконечно убывающей геометрической прогрессии, где $b_1 = \frac{1}{2}, \quad q = \frac{1}{4}, S = \frac{b_1}{1-q} = \frac{2}{3}.$

$$p_2 = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^6} + \cdots = \frac{1}{3},$$

где $b_1 = \frac{1}{4}, \quad q = \frac{1}{4}.$

Другое решение:

$$p_1 + p_2 = 1,\ p_2 = \frac{1}{2} p_1, \quad \text{т. е.} \quad p_1 = \frac{2}{3},\ p_2 = \frac{1}{3}.$$

Задача 12

Плотность распределения вероятностей случайной величины X имеет вид $f(x) = \gamma e^{-x^2+2x+3}$. Найти γ, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X, вероятность выполнения неравенства $-\frac{1}{3} < X < \frac{4}{3}$.

Решение

Используем формулы для нормального распределения. Плотность нормального распределения: $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}}$. Преобразуем заданную функцию:

$$f(x) = \gamma e^{-((x^2-2x+1)-1-3)} = \gamma e^{-(x-1)^2+4} = \gamma e^4 e^{-(x-1)^2}.$$

Отсюда имеем:

$$2\sigma^2 = 1, \quad D(X) = \sigma^2 = \frac{1}{2}, \quad \sigma = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

$$\gamma e^4 = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{2\pi}}; \quad \gamma = \frac{1}{e^4\sqrt{\pi}};$$

$$F(x)=\frac{1}{2}+\Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)=\frac{1}{2}+\Phi\left(\frac{x-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right)=\frac{1}{2}+\Phi(\sqrt{2}(x-1));$$

$$P(\alpha<X<\beta)=\Phi\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right)-\Phi\left(\frac{\alpha-m}{\sigma}\right);$$

$$P\left(-\frac{1}{3}<X<\frac{4}{3}\right)=\Phi\left(\frac{\frac{4}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right)-\Phi\left(\frac{-\frac{1}{3}-1}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\right)=\Phi\left(\frac{\sqrt{2}}{3}\right)+\Phi\left(\frac{4\sqrt{2}}{3}\right)=$$

$$=\Phi(0{,}4714)+\Phi(1{,}8856)=0{,}1808+0{,}4706=0{,}6514.$$

Задача 13

Дана плотность распределения случайной величины X:

$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x\in[a,b],\\ 0, & x\bar{\in}[a,b].\end{cases}$$

Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины Y, которая представляет собой площадь квадрата со стороной x, если $a = 4$, $b = 6$.

Решение

$$Y = \varphi(x) = x^2, \qquad M(Y) = \int_a^b \varphi(x) f(x) dx,$$

$$M(Y) = \int_4^6 x^2 \frac{(x-4)}{2} dx = \frac{86}{3};$$

$$D(Y) = \int_a^b \varphi^2(x) f(x) dx - M^2(Y);$$

$$D(Y) = \int_4^6 x^4 \frac{(x-4)}{2} dx - \left(\frac{86}{3}\right)^2 = \frac{1084}{45} \approx 24{,}1.$$

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант № 1

1. Два брата входят в состав двух различных спортивных команд, состоящих из 12 человек каждая. В двух урнах имеется по 12 билетов с номерами от 1 до 12. Члены каждой команды вынимают наудачу по одному билету из определенной урны (без возвращения). Найти вероятность того, что оба брата вытащат номер 6.

2. Радиолампа может принадлежать к одной из трёх партий с вероятностями 0,25; 0,5; 0,25. Вероятности того, что лампа проработает заданное число часов, равны для этих партий, соответственно, 0,1; 0,2; 0,5. Определить вероятность того, что радиолампа проработает заданное число часов.

3. Чему равна вероятность того, что при бросании трёх игральных костей 6 очков появится хотя бы один раз?

4. Вероятность выхода из строя за время T одного конденсатора равна 0,2. Определить вероятность того, что за время T из 100 конденсаторов выйдут из строя:

а) не менее 20 конденсаторов;

б) менее 28 конденсаторов;

в) от 14 до 26 конденсаторов.

5. Опыт состоит из трёх бросаний монеты, из которых герб выпадает с вероятностью p = 0,5. Для случайного числа появлений герба построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения.

Вариант № 2

1. Студент знает 45 из 60 вопросов программы. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) все три вопроса; б) только два; в) только один вопрос.

2. Устройство содержит 2 независимо работающих элемента. Вероятности отказа элементов соответственно равны 0,05 и 0,08. Найти вероятность отказа устройства, если для этого достаточно, чтобы отказал хотя бы один элемент.

3. При передаче сообщения сигналами «точка» и «тире» эти сигналы встречаются в соотношении 5/3. Статистические свойства помех таковы, что искажаются в среднем 2/5 сообщений «точка» и 1/3 сообщений «тире». Найти вероятность того, что произвольный из принятых сигналов не искажён.

4. Вероятность поражения мишени стрелком при одном выстреле равна 0,75. Найти вероятность того, что при 10 выстрелах, стрелок поразит мишень 8 раз. Результат, полученный применением локальной теоремы Лапласа, сравнить с результатом, полученным по формуле Бернулли.

5. Опыт состоит из четырех независимых бросаний монеты, в каждом из которых герб выпадает с вероятностью $p = 0{,}5$. Для случайного числа появлений герба построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения.

Вариант № 3

1. В каждой из двух урн находится 5 белых и 10 черных шаров. Из первой урны переложили во вторую наудачу один шар, а затем из второй вынули наугад один шар. Найти вероятность того, что вынутый шар окажется чёрным.

2. Отдел технического контроля проверяет изделия на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,8. Найти вероятность того, что из двух проверенных изделий только одно стандартное.

3. В лотерее 1000 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 500 рублей, на 10 билетов – по 100 рублей, на 50 билетов – по 20 рублей, на 100 билетов – по 5 рублей, остальные билеты невыигрышные. Некто покупает 1 билет. Найти вероятность выигрыша не менее 20 рублей.

4. Для определения содержания полезных компонентов на металлургическом комбинате проводится опробование вагонов с товарной рудой. Найти вероятность того, что из 400 вагонов опробование пройдут ровно 80 вагонов, если из 5 вагонов опробуется только один.

5. Производится 4 выстрела по мишени. Вероятность попадания при каждом выстреле равна 0,3. Для случайного числа попаданий построить: а) ряд распределения; б) многоугольник распределения; в) функцию распределения, г) найти математическое ожидание.

Вариант № 4

1. Три стрелка в одинаковых и независимых условиях производят по одному выстрелу по одной и той же цели. Вероятность поражения цели первым стрелком равна 0,9, вторым – 0,8, третьим – 0,7. Найти вероятность того, что: а) только один из стрелков попадает в цель; б) только два стрелка попадут в цель; в) все три стрелка попадут в цель.

2. Наборщик пользуется двумя кассами. В первой кассе – 90 %, а во второй – 80 % отличного шрифта. Найти вероятность того, что любая извлечённая литера из наудачу взятой кассы будет отличного качества.

3. Студент знает 70 из 90 вопросов программы. Найти вероятность того, что студент знает предложенные ему экзаменатором 3 вопроса.

4. Имеются 100 станков одинаковой мощности, работающих независимо друг от друга в одинаковом режиме, при котором их привод оказывается включённым в течение $p = 0{,}8$ всего рабочего времени. Какова вероятность того, что в произвольно взятый момент времени окажутся включенными от 70 до 80 станков?

5. Производится взрывание пяти скважин. Вероятность высокой эффективности объёма взорванной массы одной скважины равна 0,7. Построить ряд распределения эффективности объёма взорванной массы и найти её математическое ожидание.

Вариант № 5

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 1600 испытаниях событие наступит 1200 раз.

2. Автомат штампует детали. Вероятность того, что за один час не будет выпущено ни одной нестандартной детали, равна 0,9. Найти вероятность того, что будут стандартными все детали, выпущенные за 3 часа.

3. Число грузовых автомашин, проезжающих по шоссе, на котором стоит бензоколонка, относится к числу легковых автомашин как 3/2. Вероятность того, что будет заправляться грузовая машина, равна 0,1, для легковой машины эта вероятность равна 0,2. К бензоколонке подъехала для заправки машина. Найти вероятность того, что эта машина грузовая.

4. Из цифр 1 – 5 выбирается наудачу одна, затем из оставшихся также наудачу выбирается вторая. Найти вероятности следующих событий:

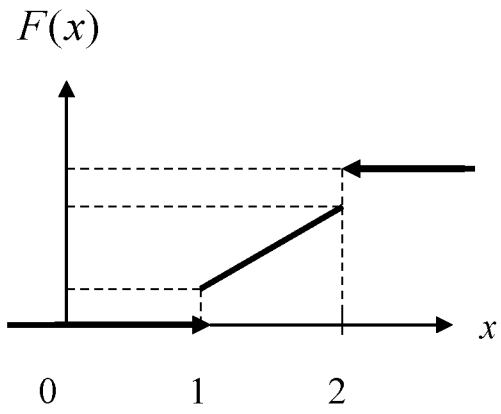
событие A – первая цифра чётная;

событие $Б$ – вторая цифра чётная;

событие B – обе цифры чётные;

событие D – хотя бы одна цифра чётная.

5. Случайная величина X имеет функцию распределения, заданную графически.



Значения $x=1$ и $x=2$ имеют отличные от нуля вероятности:

$$P\{x=1\}=0{,}25,$$
$$P\{x=2\}=0{,}75,$$

при $x<1$ $F(x)=0$, при $x>2$ $F(x)=1$.

На участке $1\le x\le 2$ $F(x)$ изменяется по линейному закону. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

Вариант № 6

1. Для сигнализации об аварии установили три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии сработает первое устройство, равна 0,9; второе – 0,95 и третье – 0,85. Найти вероятность того, что при аварии сработает: а) только одно устройство; б) только два устройства; в) все три устройства.

2. Рабочий обслуживает три станка, на которых обрабатываются однотипные детали. Вероятность брака для первого станка равна 0,02; для второго – 0,03; для третьего – 0,04. Обработанные детали складываются в один ящик. Производительность первого станка в три раза больше, чем второго, а третьего – в два раза меньше, чем второго. Определить вероятность того, что взятая наудачу деталь будет бракованной.

3. Какова вероятность того, что квадрат выбранного наудачу целого числа будет оканчиваться цифрой 1.

4. В ОТК поступила партия изделий. Вероятность того, что наудачу взятое изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что из 100 проверенных изделий окажется стандартных не менее 84.

5. Производятся последовательные испытания приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9.

Вариант № 7

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,07. Найти вероятность того, что в 1400 испытаниях событие наступит ровно 28 раз.

2. Два автомата производят детали, которые поступают на общий конвейер. Вероятность получения нестандартной детали на первом автомате равна 0,06, а на втором – 0,09. Производительность второго автомата вдвое больше, чем первого. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь нестандартна.

3. Из колоды в 52 карты вынимается наудачу три карты. Найти вероятность того, что это тройка, семёрка и туз.

4. Монета подбрасывается 5 раз. Найти вероятность следующих событий:
событие A – все пять раз появится герб;
событие $Б$ – хотя бы один раз появится герб;
событие B – герб появится ровно два раза.

5. В денежной лотерее выпущено 100 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 50 руб.; четыре выигрыша по 25 руб.; десять – по 10 руб.; остальные невыигрышные. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина X – стоимость возможного выигрыша) и найти математическое ожидание.

Вариант № 8

1. В партии из 100 деталей имеются 10 дефектных. Найти вероятность того, что среди 5 изделий, наудачу взятых из этой партии, только 2 окажутся дефектными.

2. В двух ящиках содержится по 20 деталей, причём из них в первом ящике 17, а во втором – 15 нестандартных деталей. Из второго ящика наудачу извлечена одна деталь и переложена в первый ящик. Найти вероятность того, что наудачу извлеченная деталь из первого ящика будет стандартной.

3. Данное предприятие в среднем даёт 21 % продукции высшего сорта и 70 % продукции первого сорта. Найти вероятность того, что случайно взятое изделие окажется первого или высшего сорта.

4. Вероятность того, что в результате четырёх независимых опытов событие A произойдёт хотя бы один раз, равна 0,5. Определить вероятность появления события A при одном опыте, если она во всех опытах остаётся неизменной.

5. Игральная кость брошена 2 раза. Написать ряд распределения числа появлений «тройки» и найти математическое ожидание.

Вариант № 9

1. Вероятность наступления события в каждом из одинаковых и независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 125 испытаниях событие наступит не менее 75 и не более 90 раз.

2. Две перфораторщицы набили по одинаковому комплекту перфокарт, вероятность того, что первая перфораторщица допустит ошибку, равна 0,05, для второй эта вероятность равна 0,1. При сверке перфокарт была обнаружена ошибка. Найти вероятность того, что ошиблась первая перфораторщица.

3. Два студента ищут нужную им книгу в букинистических магазинах. Вероятность того, что книга будет найдена первым студентом, равна 0,6, а вторым – 0,7. Какова вероятность того, что только один из студентов найдет книгу?

4. С помощью карточек, на которых написано по одной букве, составлено слово «карета». Карточки перемешиваются, а затем наугад извлекаются по одной. Какова вероятность, что в порядке поступления букв образуется слово «ракета»?

5. На пути движения автомашины 4 светофора. Каждый из них с вероятностью 0,5 либо разрешает, либо запрещает автомашине дальнейшее движение. Построить ряд и многоугольник распределения вероятностей числа светофоров, пройденных автомашиной без остановки.

Вариант № 10

1. На трёх станках при одинаковых и независимых условиях изготовляются детали одного наименования. На первом станке изготовляется 10 %, на втором – 30 %, на третьем – 60 % всех деталей. Для каждой детали вероятность быть бездефектной равна 0,7, если она изготовлена на первом станке; 0,8 – если она изготовлена на втором станке; 0,9 – на третьем станке. Найти вероятность того, что наугад взятая деталь окажется бездефектной.

2. Для поражения цели достаточно попадания хотя бы одного снаряда. Произведено 2 залпа из двух орудий. Найти вероятность поражения цели, если вероятность попадания в цель при одном выстреле из 1-го орудия равна 0,3, а из второго – 0,4.

3. На столе лежат 36 экзаменационных билетов с номерами 1, 2, …, 36. Преподаватель берёт три любых билета. Какова вероятность того, что они из первых четырёх?

4. Вероятность для данного спортсмена улучшить свой предыдущий результат с одной попытки равна 0,6. Определить вероятность того, что на соревнованиях спортсмен улучшит свой результат, если разрешается делать две попытки.

5. Энергосистема состоит из четырёх блоков, работающих независимо. Вероятность исправного состояния блоков в течение времени T равна 0,6. Рассматривается случайная величина X – число блоков, находящихся в исправном состоянии в течение времени T. Построить ряд распределения, функцию распределения величины X. Найти её математическое ожидание.

Вариант № 11

1. Из трёх орудий произведены залпы по цели. Вероятность попадания в цель при одном выстреле из первого орудия равна 0,9, для второго и третьего орудий эти вероятности соответственно равны 0,8 и 0,6. Найти вероятность того, что только одно орудие попадает в цель.

2. На сборку поступают детали с двух автоматов. Первый автомат даёт 0,2 % брака, а второй – 0,3 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступило 3000, а со второго 2000 деталей.

3. На экзамене студенту предлагается 20 билетов. В каждом билете 3 вопроса. Из 60 вопросов, вошедших в билеты, студент знает 50. Какова вероятность того, что взятый студентом билет будет состоять из известных ему вопросов?

4. Аппаратура содержит 2000 одинаково надёжных элементов, вероятность отказа от каждого из которых равна $p = 0{,}0005$. Какова вероятность отказа: а) одного элемента; б) хотя бы одного элемента.

5. В техническом устройстве работают независимо 2 блока. Вероятность безотказной работы первого блока 0,4; второго – 0,7. Случайная величина X – число работающих блоков. Построить ряд распределения, многоугольник распределения случайной величины X. Найти математическое ожидание, дисперсию и среднее квадратическое отклонение.

Вариант № 12

1. Из 50 проб химического состава рудной массы в 35 пробах обнаружено наличие тяжелых металлов. Найти вероятность того, что тяжёлые металлы содержатся в двух взятых наудачу пробах.

2. Детали проходят три операции обработки. Вероятность получения брака на первой операции равна 0,02; на второй – 0,03; на третьей – 0,02. Найти вероятность получения небракованной детали после трёх операций, предполагая, что получение брака на отдельных операциях являются событиями независимыми.

3. При разрыве снаряда образуются крупные, средние и мелкие осколки в отношении 1 : 3 : 6. При попадании в танк крупный осколок пробивает броню с вероятностью 0,9; средний – 0,3; мелкий – 0,1. Какова вероятность того, что попавший в броню осколок пробьёт её?

4. Случайная величина X задана рядом распределения:

X	2	3	10
P	0,1	0,4	0,5

Найти $M(X); D(X); \sigma(X)$. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность любому абоненту позвонить на коммутатор в течение часа равна 0,01. Телефонная станция обслуживает 300 абонентов. Какова вероятность, что в течение часа позвонят 4 абонента?

Вариант № 13

1. В каждой из двух урн содержатся 3 чёрных и 7 белых шаров. Из второй урны наудачу извлечен один шар и переложен в первую урну, после чего из первой урны наудачу извлечён один шар. Найти вероятность того, что шар, извлеченный из первой урны, окажется белым.

2. Охотники Александр, Виктор и Павел попадают в летящую утку с вероятностями, соответственно равными: 2/3, 3/4 и 1/4. Все одновременно стреляют по пролетающей утке. Какова вероятность того, что утка будет убита?

3. Детали могут быть изготовлены с применением двух технологий: в первом случае деталь проходит 3 технологических операции, вероятность получения брака при каждой из которых равны, соответственно 0,1; 0,2 и 0,3. Во втором случае имеются 2 операции, вероятности получения брака при которых одинаковы и равны 0,3. Определить, какая технология обеспечивает большую вероятность получения первосортной продукции, если в первом случае вероятность получения продукции первого сорта для небракованной детали равна 0,9, а во втором – 0,8.

4. В течение часа коммутатор получает в среднем 60 вызовов. Какова вероятность того, что в течение 1 минуты не будет ни одного вызова?

5. В денежной лотерее выпущено 1000 билетов. Разыгрывается один выигрыш в 100 руб., четыре – по 50 руб., 5 – по 40 руб. и десять по 10 руб. Составить ряд распределения стоимости выигрыша для владельца одного лотерейного билета (случайная величина X – стоимость возможного выигрыша). Найти $M(X), D(X)$, составить функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

Вариант № 14

1. Три автомата изготовляют детали, которые поступают на общий контейнер. Производительность первого, второго и третьего автоматов относится как 2/3/5. Вероятность того, что деталь, изготовленная первым автоматом, отличного качества, равна 0,9, для второго и третьего автоматов эти вероятности, соответственно, равны 0,8 и 0,7. Найти вероятность того, что наудачу взятая с конвейера деталь окажется отличного качества.

2. В записанном номере телефона оказалась стёртой последняя цифра. Какова вероятность того, что, наудачу набирая последнюю цифру телефонного номера, Вы сразу позвоните нужному лицу? Вычислить эту вероятность, предлагая, что Вы вспомнили, что последняя цифра: а) нечётная; б) не больше 5.

3. Производится выстрел по трём складам боеприпасов. Вероятность попадания в первый склад 0,01, во второй – 0,008, в третий – 0,025. При попадании в один из складов взрываются все три. Найти вероятность того, что склады будут взорваны.

4. Случайная величина X задана законом распределения

X	2	4	8
p	0,1	0,5	0,4

Найти среднее квадратическое отклонение этой величины. Написать функцию распределения $F(x)$ и построить её график.

5. Вероятность рождения мальчика равна 0,515. Найти вероятность того, что из 200 родившихся детей мальчиков и девочек будет поровну.

Вариант № 15

1. Для сигнализации об аварии установлены три независимо работающих устройства. Вероятность того, что при аварии первое устройство сработает, равна 0,8, для второго и третьего устройства эти вероятности, соответственно, равны 0,9 и 0,8. Найти вероятность того, что при аварии сработают: а) только одно устройство, б) только два устройства; в) все три устройства.

2. На сборку поступают детали с трёх автоматов. Первый автомат даёт 0,3 % брака, второй – 0,2 % брака, третий – 0,4 % брака. Найти вероятность попадания на сборку бракованной детали, если с первого автомата поступает 1000 деталей, со второго – 2000, а с третьего – 2500.

3. Цифровой замок содержит на общей оси 4 диска, каждый из которых разделён на 6 секторов, отмеченных определёнными цифрами. Замок может быть открыт только в том случае, когда цифры образуют определённую комбинацию. Какова вероятность открыть замок, установив определённую комбинацию цифр?

4. Игральная кость брошена 3 раза. Написать ряд распределения числа появлений шестёрки. Найти $M(X), D(X)$, составить функцию распределения $F(x)$.

5. Вероятность изделия некоторого производства оказаться бракованным равна 0,005. Чему равна вероятность того, что из 10000 наудачу взятых изделий бракованных окажется ровно 40?

Вариант № 16

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при двух выстрелах равна 0,96. Найти вероятность двух попаданий при трёх выстрелах.

2. На сборку поступают детали с четырёх автоматов. Первый даёт 40 %, второй – 30 %, третий – 20 %, а четвёртый 10 % всех деталей данного типа, которые поступают на сборку. Первый автомат даёт 0,1 % брака, второй – 0,2 %, третий – 0,25 %, четвёртый – 0,5 %. Найти вероятность поступления на сборку бракованной детали.

3. Каждая из букв Т, М, Р, О, Ш написана на одной из пяти карточек. Карточки перемешиваются и раскладываются наугад. Какова вероятность того, что образуется слово «ШТОРМ»?

4. Случайная величина X принимает только два значения + С и - С, каждые с вероятностью 0,5. Найти дисперсию этой случайной величины.

5. На склад магазина поступают изделия, из которых 80 % оказывается высшего сорта. Найти вероятность того, что из 100 взятых наугад изделий не менее 85 изделий окажутся высшего сорта.

Вариант № 17

1. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при трёх выстрелах равна 0,992. Найти вероятность четырёх попаданий при пяти выстрелах.

2. Однотипные детали поступают на сборку с двух автоматов. Первый автомат даёт 80 % необходимых для сборки деталей, а второй – 20 %. Вероятность детали быть бракованной, если она изготовлена на первом автомате, равна 1 %, если на втором – 4 %. Поступившая на сборку деталь оказалась бракованной. Какова вероятность того, что эта деталь изготовлена: а) на первом автомате; б) на втором автомате?

3. Телефонный номер состоит из 5 цифр. Определить вероятность того, что все цифры различны.

4. При ведении горных работ происходит загрязнение атмосферы послегазовыми выбросами в 9 из 10 случаев. Найти вероятность того, что при 50 массивных взрывах загрязнение атмосферы наступит не более, чем в 40 случаях.

5. В урне находится 15 белых, 10 чёрных и 3 синих шара. Каждое испытание состоит в том, что наудачу извлекают один шар, не возвращая его в урну. Найти вероятность того, что: а) при первом испытании появится белый шар (событие A), при втором – чёрный (событие B) и при третьем – синий (событие C); б) при первом испытании появится белый шар, а при втором и третьем – чёрные шары.

Вариант № 18

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что событие наступит 120 раз в 144 испытаниях.

2. Рабочий обслуживает 4 станка. Вероятность того, что в течение часа первый станок не потребует внимания рабочего, равна 0,3; второй – 0,4; третий – 0,7; четвёртый – 0,4. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего. Найти вероятность того, что в течение часа ни один станок не потребует внимания рабочего.

3. Литьё в болванках поступает с двух заготовительных цехов – 70 % из первого и 30 % из второго. При этом материал первого цеха имеет 10 % брака, а второго – 20 %. Найти вероятность того, что одна наудачу взятая болванка без дефектов.

4. Случайная величина принимает только два значения – +10 и -10, каждое с вероятностью 0,5. Найти среднее квадратическое отклонение этой величины.

5. В урне 15 белых и 20 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что: 1) оба шара будут чёрными; 2) оба шара будут разного цвета.

Вариант № 19

1. Партия деталей изготовлена двумя рабочими. Первый рабочий изготовил 2/3 партии, второй – 1/3 партии. Вероятность брака для первого рабочего 1 %, для второго – 10 %. На контроль взяли одну деталь. Какова вероятность того, что она бракованная?

2. Из зенитного орудия производится три выстрела по снижающемуся самолёту. Вероятность попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,1; 0,2; 0,4. Определить вероятность не менее двух попаданий в самолёт.

3. Найти функции распределения $F(x)$, математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, если известен ряд распределения случайной величины X:

X	2	3	5
P	0,3	0,1	0,6

4. На восьми одинаковых карточках написаны, соответственно, числа 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13. Наугад берутся две карточки. Определить вероятность того, что образованная из двух полученных чисел дробь сократится.

5. Имеется три одинаковых урны, из которых в первой находится два белых и два чёрных шара, во второй и третьей – по три белых и четыре черных шара. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Найти вероятность того, что шар извлечён: а) из второй урны; б) из первой урны.

Вариант № 20

1. Сборщик получил 3 ящика деталей. В первом ящике 40 деталей, из них 20 окрашенных; во втором – 50, из них 10 окрашенных; в третьем – 30, из них 15 окрашенных. Найти вероятность того, что наудачу извлечённая деталь из наудачу взятого ящика окажется окрашенной.

2. Вероятность того, что студент сдаст первый экзамен, равна 0,9; второй – 0,9; третий – 0,8. Вычислить вероятность того, что хотя бы два экзамена будут сданы.

3. Производится два выстрела с вероятностями попадания в цель, равными $p_1 = 0{,}4;\ p_2 = 0{,}3$. а) записать ряд распределения случайной величины X – общего числа попаданий при двух выстрелах; б) найти математическое ожидание общего числа попаданий при двух выстрелах; в) найти дисперсию и построить многоугольник распределения.

4. Из колоды карт (36) наудачу вынимается две карты. Найти вероятность того, что среди них одна «дама» и один «король».

5. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,6. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,7. На обоих станках изготовлено по две детали. Найти вероятность того, что все детали первосортные.

Вариант № 21

1. Ящик содержит 90 годных и 10 дефектных изделий. Найти вероятность того, что среди трёх наугад вынутых из ящика деталей нет дефектных.

2. Три электрические лампочки последовательно включены в цепь. Вероятность того, что одна (любая) лампочка перегорит, равна 0,6. Найти вероятность того, что тока в цепи не будет.

3. Имеется 5 урн: в двух урнах – по 2 белых и 1 чёрному шару; в одной 10 чёрных и ещё в двух – по 3 белых и 1 чёрному шару. Найти вероятность того, что вынутый из наудачу взятой урны шар окажется белым.

4. Из колоды в 36 карт вынимается наудачу две карты. Найти вероятность того, что это шестёрка и семёрка.

5. В лотерее 100 билетов, из них на 1 билет падает выигрыш 25 руб.; на 5 билетов – 20 руб.; на 10 билетов – 5 руб.; на 20 билетов – 1 руб.; остальные билеты невыигрышные. Найти вероятность выигрыша не менее 5 руб. на 1 билет. Составить ряд распределения случайной величины X – стоимости выигрыша на 1 билет. Найти математическое ожидание и дисперсию.

Билет № 22

1. Чему равна вероятность того, что дни рождения трёх человек придутся на разные месяцы: июнь, июль и август? Вероятности попадания дня рождения на данный месяц считаются равными для всех месяцев года.

2. Студент знает 40 вопросов из 50. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса. Найти вероятность того, что студент знает:

а) все три вопроса; б) только два вопроса.

3. Имеются три одинаковые урны: первая содержит 1 белый и 6 чёрных шаров; вторая – 3 белых и 2 чёрных шара; третья – 7 белых и 8 чёрных шаров. Из одной урны, наудачу выбранной, вынут шар. Он оказался белым. Чему равна вероятность того, что шар вынут из первой урны?

4. Прибор, обладающий надёжностью (вероятностью безотказной работы за время t), равной $p = 0{,}8$, представляется недостаточно надёжным. Для повышения надёжности он дублируется ещё одним точно таким же работающим прибором. Если первый прибор за время t отказал, происходит автоматическое переключение на дублирующий. Приборы отказывают независимо друг от друга. Найти вероятность того, что система из двух приборов прорабатывает безотказно время t.

5. Электронная аппаратура имеет три дублирующих линии. Вероятность выхода из строя каждой линии за время гарантированного срока работы аппаратуры равна 0,1. Найти закон распределения случайного числа вышедших из строя линий за время гарантийного срока, если выход из строя одной линии не зависит от рабочего состояния других линий. Найти $M(X), \sigma(X)$.

Вариант № 23

1. При разведке медноколчеданных месторождений в 7 из 10 случаев опознавательным признаком может служить присутствие ярозита или барита. Найти вероятность присутствия минералов хотя бы в одном из трёх месторождений.

2. Студент знает 25 вопросов из 30. Каждый экзаменационный билет содержит два вопроса. Найти вероятность того, что студент знает: а) оба вопроса; б) хотя бы один вопрос.

3. В урне A белых, B чёрных и C красных шаров. Наугад вынимаются 3 шара. Найти вероятность того, что все вынутые шары будут разных цветов.

4. Имеется десять одинаковых урн, из которых в девяти находятся по 2 чёрных и по 2 белых шара, а в одной – 5 белых и 1 чёрный шар. Из урны, взятой наудачу, извлечён белый шар. Какова вероятность того, что шар извлечён из урны, содержащей 5 белых шаров?

5. Противник стремится сорвать связь, создавая помехи в двухчастотных диапазонах со средними частотами f_1 и f_2. С этой целью мешающий передатчик настраивается попеременно на частоты f_1 и f_2 через равные промежутки времени. Вероятность сбоя от помехи на частоте f_1 составляет 0,3, а на частоте f_2 – 0,6. Какова вероятность того, что связь будет сорвана?

Вариант № 24

1. При установке одного пылеуловителя вероятность выброса в атмосферу вредных веществ составляет 0,8. Сколько пылеуловителей нужно поставить последовательно, чтобы сократить вероятность выбросов в 1,5 раза?

2. В круг радиуса R вписан равносторонний треугольник. Какова вероятность того, что две наугад поставленные в данном круге точки окажутся внутри треугольника?

3. Из урны, содержащей 3 белых и 2 чёрных шара, переложили 1 шар в урну, содержащую 4 белых и 4 чёрных шара. Вычислить вероятность вынуть белый шар из второй урны.

4. Вероятность изделия некоторого производства оказаться доброкачественным равна 0,996. Чему равна вероятность того, что из 1000 наудачу взятых изделий бракованных окажется ровно 5?

5. Стрелок производит три выстрела по мишени. Вероятность попадания в мишень при каждом выстреле равна 0,6. За каждое попадание стрелку засчитывается 3 очка. Построить ряд распределения числа выбитых очков и многоугольник распределения. Найти математическое ожидание.

Вариант № 25

1. Для некоторой местности среднее число дождливых дней в августе равно 11. Чему равна вероятность того, что первые два дня августа будут дождливыми?

2. Вероятность того, что изготовленная на первом станке деталь будет первосортной, равна 0,7. При изготовлении такой же детали на втором станке эта вероятность равна 0,8. На первом станке изготовлено две детали, на втором – три. Найти вероятность того, что все детали первосортные.

3. Два стрелка независимо один от другого стреляют по одной мишени, причём каждый из них делает по одному выстрелу. Вероятность попадания в мишень для первого стрелка – 0,8, для второго – 0,4. После стрельбы в мишени обнаружена одна пробоина. Найти вероятность того, что она принадлежит первому стрелку.

4. Найти вероятность того, что из 500 посеянных семян не взойдёт 120, если всхожесть семян оценивается вероятностью 0,8.

5. Производятся последовательные испытания четырёх приборов на надёжность. Каждый следующий прибор испытывается только в том случае, если предыдущий оказался надёжным. Построить ряд распределения случайного числа испытанных приборов, если вероятность выдержать испытание для каждого из них равна 0,9. Найти математическое ожидание $M(X)$.

Вариант № 26

1. Сборщик получил 2 коробки одинаковых деталей, изготовленных заводом № 1, и три коробки деталей, изготовленных заводом № 2. Вероятность того, что деталь завода № 1 стандартна, равна 0,9, а завода № 2 – 0,7. Из наудачу взятой коробки сборщик наудачу извлёк деталь. Найти вероятность того, что извлечена стандартная деталь.

2. Брошены две игральные кости. Предполагается, что все комбинации выпавших очков равновероятны. Найти условную вероятность того, что выпали две пятёрки, если известно, что сумма выпавших очков делится на 5.

3. Производится три выстрела по одной и той же мишени. Вероятности попадания при первом, втором и третьем выстрелах равны, соответственно, 0,4; 0,5; 0,7. Найти вероятность того, что в результате этих трёх выстрелов в мишени будет одна пробоина.

4. ОТК проверяет детали на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что: 1) три первых проверенных изделия стандартны; 2) нестандартным окажется третье по порядку проверки изделие; 3) из трёх проверенных изделий только одно стандартно.

5. Дискретная случайная величина X задана следующим рядом распределения:

X	0	1	3	4
P	0,1	0,2	0,6	0,1

Найти функцию распределения и построить её график. Найти $M(X)$ и $D(X)$.

Вариант № 27

1. В урне A белых и B черных шаров. Из урны вынимается шар, отмечается его цвет, и шар возвращается в урну. После этого из урны берётся ещё один шар. Найти вероятность того, что оба вынутые шары – белые.

2. Вероятность попасть в цель равна 0,01. Сколько нужно сделать выстрелов, чтобы иметь хотя бы одно попадание: а) с вероятностью, не меньшей 0,5; б) с вероятностью, не меньшей 0,9?

3. Вероятность рождения мальчика равна 0,51. Найти вероятность того, что из 300 родившихся детей будут 160 мальчиков.

4. Для участия в студенческих отборочных спортивных соревнованиях выделено из первой группы курса – 4, из второй – 6, из третьей – 5 студентов. Вероятности того, что студент первой, второй и третьей группы попадает в сборную института, соответственно, равны 0,5; 0,7; 0,8. Наудачу выбранный студент в итоге соревнования попал в сборную. Найти вероятность того, что он принадлежит второй группе.

5. Вероятность появления случайного события A в одном испытании равна 0,6. Проведено два независимых испытания. Составить ряд распределения случайной величины X – числа появлений события A в двух независимых испытаниях и найти математическое ожидание и дисперсию.

Вариант № 28

1. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Найти вероятность того, что в 100 испытаниях событие появится 76 раз.

2. На обувной фабрике в отдельных цехах производятся подмётки, каблуки и верхи ботинок. Дефектными оказываются 1 % каблуков, 4 % подмёток и 5 % верхов. Произведённые каблуки, подмётки и верхи случайным образом комбинируются в цехе, где и шьются ботинки. Найти вероятность не быть испорченным одному ботинку. Какой процент ботинок будет испорченным, т. е. будет содержать дефекты?

3. По танку производятся два одиночных выстрела. Вероятность попадания при первом – 0,5, при втором – 0,8. Для вывода танка из строя достаточно двух попаданий. При одном попадании танк выходит из строя с вероятностью 0,4. Найти вероятность того, что в результате двух выстрелов танк будет выведен из строя.

4. В двух ящиках находятся детали: в первом – 10 (из них три стандартные); во втором – 15 (из них 6 стандартные). Из каждого ящика наудачу вынимают по одной детали. Найти вероятность того, что: 1) обе детали окажутся стандартными; 2) только одна из двух деталей стандартная; 3) хотя бы одна из двух деталей стандартная.

5. Случайная величина задана законом распределения:

X	2	4	8
P	0,1	0,5	0,4

Найти среднее квадратическое отклонение этой величины.

Вариант № 29

1. Сколько нужно передать одинаковых сообщений, чтобы с вероятностью 0,9 можно было утверждать, что сообщение принято не менее одного раза правильно, если вероятность правильного приёма сообщения составляет 0,5?

2. Вероятность для изделий некоторого производства удовлетворять стандарту равна 0,96. Предполагается упрощённая схема испытаний, дающая положительный результат с вероятностью 0,98 для изделий, удовлетворяющих стандарту, и 0,05 для изделий, которые ему не удовлетворяют. Какова вероятность того, что изделие, выдержавшее испытание, удовлетворяет стандарту?

3. В студии телевидения имеется 3 телевизионные камеры. Для каждой камеры вероятность того, что она включена в данный момент, равна 0,6. Найти вероятность того, что в данный момент: а) включена хотя бы одна камера; б) включена только одна камера; в) включены все три камеры; г) выключены все камеры.

4. Имеются две партии изделий по 12 и 10 штук, причём в каждой партии по два изделия бракованных. Изделие, взятое наудачу из первой партии, переложено во вторую, после чего выбирается наудачу изделие из второй партии. Определить вероятность бракованного изделия из второй партии.

5. Найти математическое ожидание числа очков, которые могут выпасть при одном бросании игральной кости. Записать закон распределения в виде таблицы. Найти $D(X)$.

Вариант № 30

1. Вероятность появления события A в каждом из независимых испытаний равна 0,64. Произведено144 испытания. Найти вероятность того, что событие A появится не менее 100 раз.

2. Вероятность попадания в первую мишень для данного стрелка равна 2/3. Если при первом выстреле зафиксировано попадание, то стрелок получает право на второй выстрел по другой мишени. Вероятность поражения обеих мишеней при двух выстрелах равна 0,5. Определить вероятность поражения второй мишени.

3. В урне 5 белых и 7 чёрных шаров. Из урны вынимают два шара. Найти вероятность того, что оба шара будут белыми.

4. В батарее из 10 орудий одно непристрелянное. Вероятность попадания из пристрелянного орудия равна 0,73, а из непристрелянного – 0,23. Производили один выстрел и промахнулись. Найти вероятность того, что выстрел произведён из непристрелянного орудия.

5. Построить ряд распределения, многоугольник распределения и функцию распределения случайного числа попаданий мячом в корзину при одном броске, если вероятность попадания p = 0,3. Найти математическое ожидание и дисперсию.

Задание 6

Дискретная случайная величина X может принимать только два значения: x_1 и x_2, причём $x_1 < x_2$. Известны вероятность p_1 возможного значения x_1, математическое ожидание M(X) и дисперсия D(X). Найти закон распределения этой случайной величины, если:

Таблица 1

Данные для нахождения закона распределения случайной величины

Номер варианта	p_1	***M*(*X*)**	***D*(*X*)**
1	0,2	3,8	0,16
2	0,1	3,9	0,09
3	0,3	3,7	0,21
4	0,5	3,5	0,25
5	0,7	3,3	0,21
6	0,9	3,1	0,09
7	0,9	2,2	0,36
8	0,8	3,2	0,16
9	0,6	3,4	0,24
10	0,4	3,6	0,24
11	0,3	5,4	0,84
12	0,1	4,8	0,36
13	0,3	4,1	1,89
14	0,5	4,5	2,25
15	0,7	2,9	1,89
16	0,9	1,4	1,44
17	0,3	2,4	0,84
18	0,9	3,3	0,81
19	0,3	2,7	0,21
20	0,4	2,2	0,96

Продолжение таблицы 1

Номер варианта	p_1	***M*(*X*)**	***D*(*X*)**
21	0,9	4,1	0,09
22	0,7	3,9	1,89
23	0,1	5,8	0,36
24	0,2	2,6	0,64
25	0,1	1,9	0,09
26	0,3	3,1	1,89
27	0,5	3	1
28	0,4	2,6	0,24
29	0,6	3,2	2,16
30	0,6	3,6	3,84

Задание 7

Случайная величина X задана функцией распределения $F(x)$. Найти плотность вероятности $f(x)$, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$. Построить графики функций $F(x)$ и $f(x)$. Найти вероятность того, что случайная величина X примет значение, заключенное в интервале $(a; b)$.

Таблица 2

Данные для выполнения задания № 7

Номер вар.	Функция $F(x)$	Номер вар.	Функция $F(x)$
1	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le \frac{3}{4}\pi \\ \cos 2x, & \frac{3}{4}\pi < x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{3}{4}\pi;\ \frac{5}{6}\pi\right)$	2	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ x^2, & \text{при } 0 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3};\ \frac{1}{2}\right)$
3	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 1 \\ \frac{x^2 - x}{2}, & \text{при } 1 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1{,}5;\ 1{,}8)$	4	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ x^3, & \text{при } 0 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(\frac{1}{3};\ \frac{1}{2}\right)$
5	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 3x^2 + 2x, & \text{при } 0 < x \le \frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x > \frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(\frac{1}{5};\ \frac{1}{4}\right)$	6	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 2 \\ 0{,}5x - 1, & \text{при } 2 < x \le 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1;\ 3)$
7	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{1}{9}x^2, & \text{при } 0 < x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$	8	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{4}, & \text{при } 0 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1;\ 2)$

Продолжение таблицы 2

Номер вар.	**Функция** $F(x)$	**Номер вар.**	**Функция** $F(x)$
9	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -\frac{\pi}{2} \\ \cos x, & -\frac{\pi}{2} < x \le 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{3};\ -\frac{\pi}{6}\right)$	10	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 2\sin x, & 0 < x \le \frac{\pi}{6} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{6} \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{12};\ \frac{\pi}{6}\right)$
11	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -2 \\ \frac{x+2}{4}, & \text{при } -2 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(-1;\ 1)$	12	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\frac{\pi}{2} \\ \frac{1+\sin x}{2}, & -\frac{\pi}{2} \le x \le \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(-\frac{\pi}{4};\ \frac{\pi}{4}\right)$
13	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{1-\cos x}{2}, & 0 \le x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{4};\ \frac{\pi}{3}\right)$	14	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{25}, & \text{при } 0 < x \le 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$ $(4;\ 5)$

Продолжение таблицы 2

Номер вар.	**Функция** $F(x)$	**Номер вар.**	**Функция** $F(x)$
15	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < -1 \\ \frac{3}{4}(x+1), & -1 < x \le \frac{1}{3} \\ 1, & \text{при } x > \frac{1}{3} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{1}{2}\right)$	16	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \sin 2x, & 0 < x \le \frac{\pi}{4} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{4} \end{cases}$ $\left(0;\ \frac{\pi}{3}\right)$
17	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ 1-\cos x, & 0 < x \le \frac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{6};\ \frac{\pi}{3}\right)$	18	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -1 \\ \frac{x+1}{3}, & \text{при } -1 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(0{,}5;\ 1{,}5)$
19	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{36}, & \text{при } 0 < x \le 6 \\ 1, & \text{при } x > 6 \end{cases}$ $(2;\ 4)$	20	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \frac{x^2}{100}, & \text{при } 0 < x \le 10 \\ 1, & \text{при } x > 10 \end{cases}$ $(5;\ 10)$

Продолжение таблицы 2

Номер вар.	**Функция** $F(x)$	**Номер вар.**	**Функция** $F(x)$
21	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le -1 \\ \dfrac{x+1}{2}, & \text{при } -1 < x \le 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}$ $\left(0;\ \dfrac{1}{2}\right)$	22	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 1 \\ \dfrac{x-1}{2}, & \text{при } 1 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$
23	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le 0 \\ \dfrac{x^3}{8}, & \text{при } 0 < x \le 2 \\ 1, & \text{при } x > 2 \end{cases}$ $(1;\ 2)$	24	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1}{3}x, & \text{при } 0 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1;\ 2)$
25	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1}{4}x, & \text{при } 0 \le x \le 4 \\ 1, & \text{при } x > 4 \end{cases}$ $(1;\ 2)$	26	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \dfrac{1}{5}x, & \text{при } 0 \le x \le 5 \\ 1, & \text{при } x > 5 \end{cases}$ $(1;\ 3)$
27	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \sin x, & 0 \le x \le \dfrac{\pi}{2} \\ 1, & \text{при } x > \dfrac{\pi}{2} \end{cases}$ $\left(0;\ \dfrac{\pi}{3}\right)$	28	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < -\dfrac{\pi}{2} \\ \cos 3x, & -\dfrac{\pi}{2} < x \le 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$ $\left(-\dfrac{\pi}{3};\ 0\right)$

Окончание таблицы 2

Номер вар.	Функция $F(x)$	Номер вар.	Функция $F(x)$
29	$\begin{cases} 0, & \text{при } x \le \frac{\pi}{2} \\ -\cos x, & \frac{\pi}{2} < x \le \pi \\ 1, & \text{при } x > \pi \end{cases}$ $\left(\frac{\pi}{2}; \frac{3\pi}{4}\right)$	30	$\begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ \frac{x^3}{27}, & \text{при } 0 \le x \le 3 \\ 1, & \text{при } x > 3 \end{cases}$ $(1; 2)$

Задание 8

Найти вероятность того, что в n независимых испытаниях событие A повторяется: а) ровно k раз; б) не менее k раз; в) не более k раз; г) хотя бы один раз, зная что в каждом испытании вероятность появления события A равна p.

Таблица 3

Данные для выполнения задания № 8

Номер варианта	*n*	*k*	*p*	Номер варианта	*n*	*k*	*p*
1	6	3	0,7	2	7	2	0,2
3	6	4	0,2	4	5	3	0,1
5	4	3	0,7	6	6	4	0,1
7	5	4	0,5	8	6	2	0,8
9	4	3	0,8	10	3	2	0,8
11	4	2	0,9	12	4	2	0,8
13	5	2	0,7	14	5	3	0,6
15	4	2	0,5	16	4	3	0,4
17	5	2	0,3	18	5	3	0,4

Окончание таблицы 3

Номер варианта	***n***	***k***	***p***	**Номер варианта**	***n***	***k***	***p***
19	4	2	0,3	20	4	3	0,2
21	5	2	0,1	22	5	2	0,2
23	4	3	0,3	24	3	2	0,4
25	5	3	0,5	26	6	3	0,6
27	4	2	0,7	28	5	4	0,8
29	6	4	0,9	30	6	5	0,1

Задание 9

Известны математическое ожидание a и среднее квадратическое отклонение σ нормально распределённой величины X. Найти вероятность попадания этой величины в заданный интервал (α, β).

Таблица 4

Данные для выполнения задания № 9

Номер варианта	***a***	σ	α	β	**Номер варианта**	***a***	σ	α	β
1	2	4	6	10	2	10	4	2	13
3	9	5	5	14	4	8	1	4	9
5	7	2	3	10	6	6	3	2	11
7	5	1	1	12	8	4	5	2	11
9	3	2	3	10	10	2	5	4	9
11	2	2	1	5	12	3	2	2	6
13	4	3	3	7	14	7	3	4	8
15	6	3	5	9	16	4	1	1	5
17	4	2	2	6	18	5	2	3	7
19	5	3	4	8	20	6	3	5	9

Окончание таблицы 4

Номер варианта	***a***	σ	α	β	**Номер варианта**	***a***	σ	α	β
21	3	4	6	10	22	5	3	5	9
23	2	2	4	6	24	3	2	1	5
25	7	2	3	13	26	9	5	7	14
27	6	2	2	12	28	2	2	4	7
29	8	4	4	13	30	6	3	2	12

Исходные данные к расчётным заданиям № 10 – 15 приведены в таблице 5 в конце заданий.

Задание 10

Бросаются две игральные кости. Определить вероятность того, что: а) сумма числа очков не превосходит n; б) произведение числа очков не превосходит n; в) произведение числа очков делится на n.

Задание 11

Среди n лотерейных билетов k выигрышных. Наудачу взяли m билетов. Определить вероятность того, что среди них l выигрышных.

Задание 12

В лифт k-этажного дома вошли n пассажиров ($n< k$). Каждый независимо от других с одинаковой вероятностью может выйти на любом (начиная со второго) этаже. Определить вероятности того, что: а) все пассажиры выйдут одновременно на одном и том же этаже; б) все вышли на разных этажах.

Задание 13

В круге радиуса R наудачу появляется точка. Определить вероятность того, что она попадает в одну из двух непересекающихся фигур, площади которых равны S_1 и S_2.

Задание 14

Вероятность того, что цель поражена при одном выстреле первым стрелком p_1, вторым – p_2. Первый сделал n_1, второй – n_2 выстрелов. Определить вероятность того, что цель не поражена.

Задание 15

Два игрока поочередно бросают монету. Выигравшим считается тот, у кого раньше выпадет герб. Первый бросок делает игрок A, второй – B, третий A и т. д.

Найти вероятность указанного ниже события.

Варианты 1 – 8. Выиграл A до k-ого броска.

Варианты 9 – 15. Выиграл A не позднее k-ого броска.

Варианты 16 – 23. Выиграл B до k-ого броска.

Варианты 24 – 30. Выиграл B не позднее k-ого броска.

Задание 16

Дана плотность распределения $f(x)$ случайной величины X. Найти параметр γ, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X, вероятность выполнения неравенства $x_1 < X < x_2$.

Варианты $1-8$: $f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{\gamma-a}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b].\end{cases}$

Варианты $9-16$: $f(x)=\begin{cases}a, & x\in[\gamma;b],\\ 0, & x\overline{\in}[\gamma;b].\end{cases}$

Варианты $17-24$: $f(x)=\begin{cases}\gamma, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b].\end{cases}$

Варианты $25-30$: $f(x)=\begin{cases}a, & x\in\left[\dfrac{b-\gamma}{2};\dfrac{b+\gamma}{2}\right],\\ 0, & x\overline{\in}\left[\dfrac{b-\gamma}{2};\dfrac{b+\gamma}{2}\right].\end{cases}$

Указание

Использовать формулы равномерного распределения.

Задание 17

Плотность распределения вероятностей случайной величины X имеет вид $F(x)=\gamma e^{ax^2+bx+c}$. Найти γ, математическое ожидание $M(X)$, дисперсию $D(X)$, функцию распределения случайной величины X, вероятность выполнения неравенства $x_1<X<x_2$.

Указание

Использовать формулы для нормального распределения.

Задание 18

Дана плотность распределения случайной величины X. Найти математическое ожидание $M(Y)$ и дисперсию $D(Y)$ случайной величины Y, которая представляет собой площадь одной из указанных ниже геометрических фигур.

Варианты 1 - 15 : $$f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{b-a}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b];\end{cases}$$

в вариантах 1 – 5: Y – площадь равностороннего треугольника со стороной x;

в вариантах 6 – 10: Y – площадь круга радиуса x;

в вариантах 11 – 15: Y – площадь квадрата со стороной x.

Варианты 16 - 31 : $$f(x)=\begin{cases}\dfrac{2(x-a)}{(b-a)^2}, & x\in[a;b],\\ 0, & x\overline{\in}[a;b];\end{cases}$$

в вариантах 16 – 20: Y – площадь равностороннего треугольника со стороной x;

в вариантах 21– 25: Y – площадь круга радиуса x;

в вариантах 26 – 31: Y – площадь квадрата со стороной x.

Таблица 5

Исходные данные к расчётным заданиям

Номер варианта	Задание № 10	Задание № 11				Задание № 12		Задание № 13		
	n	n	l	m	k	k	n	R	S_1	S_2
1	3	10	2	4	6	6	4	11	2,25	3,52
2	4	10	2	3	6	7	4	12	2,37	3,52
3	5	10	3	5	7	8	5	13	2,49	3,52
4	6	10	3	5	6	9	5	14	2,55	1,57
5	7	11	2	5	7	10	6	11	2,27	5,57
6	8	11	3	4	8	11	4	12	2,39	5,57
7	9	11	3	5	7	12	4	13	2,51	1,57
8	10	12	3	8	5	13	3	14	2,57	3,52
9	3	12	2	8	3	14	3	11	2,29	3,52
10	4	12	2	5	4	13	4	12	2,41	3,52
11	5	9	2	4	6	12	3	13	2,53	3,52
12	6	9	3	5	6	11	3	14	2,59	5,57
13	7	9	2	3	7	10	4	15	2,5	8,7
14	8	8	2	4	5	9	4	16	2,6	8,5
15	9	8	2	5	4	8	3	11	2,2	3,5
16	10	8	3	4	5	7	3	12	2,4	3,5
17	11	10	4	6	5	6	4	13	2,5	3,5
18	12	10	5	7	7	7	4	14	2,6	1,8
19	13	10	4	6	7	8	5	15	2,7	7,9
20	14	12	4	8	6	9	5	16	2,7	8,2
21	15	8	2	3	4	10	6	11	2,3	3,5
22	16	8	2	3	5	11	4	12	2,4	3,5
23	17	8	2	4	3	12	4	13	2,5	3,5

Окончание таблицы 5

номер варианта	Задание № 10	Задание № 11				Задание № 12		Задание № 13		
	n	*n*	*l*	*m*	*K*	*k*	*n*	*R*	S_1	S_2
24	18	8	3	5	4	13	3	14	2,6	5,6
25	19	8	1	4	2	14	3	15	2,5	8,7
26	20	9	2	3	5	12	3	11	2,3	5,6
27	3	9	3	4	4	11	3	12	2,4	5,6
28	4	9	2	6	3	10	4	13	2,5	3,5
29	5	9	4	5	5	9	4	14	2,6	5,6
30	6	9	3	5	4	8	3	15	2,7	7,9

В первой горизонтальной строке указаны номера задач; в левом столбце – номера вариантов.

Таблица 6

Исходные данные к расчётным заданиям

Номер варианта	Задание № 14				Зад. № 15	Задание № 16				Задание № 17					Задание № 18	
	p_1	p_2	n_1	n_2	*k*	*a*	*b*	x_1	x_2	*a*	*b*	*c*	x_1	x_2	*a*	*b*
1	0,61	0,55	2	3	4	2,5	4	3	3,3	-2	8	-2	1	3	0	2
2	0,62	0,54	3	2	5	1,5	3	2	2,6	-2	4/3	-2/3	1/3	2/3	1	2
3	0,63	0,53	2	3	6	1,5	2,5	2	2,3	-2	-8	2	-3/2	-1	2	3
4	0,64	0,52	3	2	7	1	3,5	2	2,8	-4	6	2	0	3/4	2	4
5	0,65	0,51	2	3	8	-1	2	-0,7	1,1	-3	3	-2	1/2	3/2	3	5
6	0,66	0,49	3	2	9	-2	1	-1,5	0,3	-4	-6	-2	-3/4	1/4	0	2
7	0,67	0,48	2	3	10	-3	5	-2	2	-3	-3	2	-1/2	3/2	1	3
8	0,68	0,43	3	2	11	-1,5	2,5	-1	0	-3	-4	2	1/3	4/3	2	4
9	0,69	0,46	2	3	4	1	1,8	1,3	1,6	-2	-4/3	2/3	-1/3	2/3	3	5
10	0,71	0,45	3	2	5	1	2,4	1,5	2	-3	4	-2	-1/3	5/3	4	6

Окончание таблицы 6

Номер варианта	**Задание № 14**				**Задание № 15**	**Задание № 16**				**Задание № 17**					**Задание № 18**	
	p_1	p_2	n_1	n_2	***k***	***a***	***b***	x_1	x_2	***a***	***b***	***c***	x_1	x_2	***a***	***b***
11	0,72	0,44	2	3	6	2	3,5	2,5	3	-2	8	0	1	3	0	2
12	0,73	0,43	3	2	7	2	2,8	2,1	2,5	-2	1,3	0	1/3	2/3	1	2
13	0,74	0,42	2	3	8	1	2,8	-1	3	-2	-8	0	-3/2	-1	2	3
14	0,75	0,41	3	2	9	1	2,6	1,5	3	-4	6	0	0	3/4	2	4
15	0,76	0,39	2	3	10	2	3	1	3	-3	3	0	1/2	3/2	3	5
16	0,77	0,38	3	2	12	2	4,8	4,5	5	-4	-6	0	-3/4	1/4	0	2
17	0,78	0,37	2	3	5	-4	-2	-1	0	-3	-3	0	-1/2	3/2	1	3
18	0,39	0,45	3	2	6	-3	-1	-2	0	-3	-4	0	1/3	4/3	2	4
19	0,38	0,46	2	3	7	2	4	0	3	-2	-4/3	0	-1/3	2/3	3	5
20	0,37	0,47	3	2	8	1	3	0	2	-3	4	0	-1/3	5/3	4	6
21	0,36	0,48	2	3	9	1	1,5	0	0,5	-2	8	-1	1	3	0	2
22	0,35	0,49	3	2	10	-1	1,5	0	1	-4	6	1	0	3/4	1	2
23	0,34	0,51	2	3	11	-1,5	-1	-1	2	-2	-8	-1	-3/2	-1	3	4
24	0,33	0,52	3	2	4	-1,5	1	-1	1	-4	-6	-1	-3/4	1/4	2	4
25	0,32	0,53	2	3	5	0,5	1	0	3	-3	3	-1	1/2	3/2	3	5
26	0,31	0,54	3	2	6	0,2	2	0	4	-3	-4	1	1/3	4/3	3	4
27	0,29	0,55	2	3	7	0,5	3	0	0,5	-3	-3	1	-1/2	3/2	0	2
28	0,28	0,56	3	2	8	0,4	4	1	5	-3	4	-1	-1/3	5/3	1	3
29	0,27	0,57	2	3	9	1/4	1	0	3	-2	-4/3	1/3	-1/3	2/3	2	4
30	0,26	0,58	3	2	10	0,02	2	0	3	-2	4/3	-1/3	1/3	2/3	3	5

ОТВЕТЫ

Вариант № 1

1) $\frac{1}{144}$; 2) 0,25; 3) $\frac{91}{216}$;

4) $\approx 0{,}5$; $\approx 0{,}9599$; $\approx 0{,}8664$;

5)

X	0	1	2	3
P	0,125	0,375	0,375	0,125

Вариант № 2

1) $\approx 0{,}41$; $\approx 0{,}43$; $\approx 0{,}14$;

2) 0,126; 3) $\frac{5}{8}$; 4) $\approx 0{,}28$; $\approx 0{,}27$;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,0625	0,25	0,375	0,25	0,0625

Вариант № 3

1) $\frac{2}{3}$; 2) 0,32; 3) 0,061; 4) $\approx 0{,}04986$;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,2401	0,4116	0,2646	0,0756	0,0081

Вариант № 4

1) 0,092; 0,398; 0,504; 2) 0,85; 3) 0,456; 4) $\approx 0{,}4938$;

5)

X	0	1	2	3	4	5
P	0,0024	0,0284	0,1323	0,3087	0,3601	0,1683

Вариант № 5

1) $\approx 0{,}9375 \cdot 10^{-6}$; 2) 0,729; 3) $\frac{3}{7}$; 4) 0,4; 0,4; 0,1; 0,7;

5) $M(X) = \frac{3}{4}$; $D(X) = \frac{29}{48}$.

Вариант № 6

1) 0,02525; 0,24725; 0,727; 2) 0,024; 3) 0,2; 4) $\approx 0{,}9768$;

5)

X	1	2	3	4	5
P	0,1	0,09	0,081	0,0729	0,6561

Вариант № 7

1) $\approx 0{,}00001$; 2) 0,08; 3) 0,00289; 4) $\frac{1}{32}$; $\frac{31}{32}$; $\frac{5}{16}$;

5)

X	0	1	10	25	50
P	0,35	0,5	0,1	0,04	0,01

Вариант № 8

1) $\frac{C_{90}^{3}C_{10}^{2}}{C_{100}^{5}}$; 2) $\frac{13}{84}$; 3) 0,763; 4) $\approx 0{,}159$;

5)

X	0	1	2
P	$\frac{25}{36}$	$\frac{5}{18}$	$\frac{1}{36}$

Вариант № 9

1) $\approx 0{,}0125$; 2) $\frac{1}{3}$; 3) 0,46; 4) $\frac{1}{360}$;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,0625	0,25	0,375	0,25	0,0625

Вариант № 10

1) 0,85; 2) 0,8236; 3) $\frac{1}{1785}$; 4) 0,84;

5)

X	0	1	2	3	4
P	0,5	0,25	0,125	0,0625	0,0625

Вариант № 11

1) 0,116; 2) 0,0024; 3) $\approx 0{,}573$; 4) $\frac{1}{e}$; $1-\frac{1}{e}$;

5)

X	0	1	2
P	0,18	0,54	0,28

Вариант № 12

1) $\approx 0{,}47$; 2) $\approx 0{,}93$; 3) 0,24; 4) 6,4; 13,04; 3,61;

5) $\approx 0{,}196$.

Вариант № 13

1) 0,7; 2) $\frac{15}{16}$; 3) 0,4536; 4) $\frac{1}{e}$;

5)

X	0	10	40	50	100
P	0,98	0,01	0,005	0,004	0,001

Вариант № 14

1) 0,77; 2) $\frac{1}{10}$; $\frac{1}{5}$; $\frac{1}{6}$;; 3) 0,0425; 4) $\sigma = 2{,}2$;

5) $\approx 0{,}052$.

Вариант № 15

1) 0,068; 0,352; 0,576; 2) $\approx 0{,}0031$; 3) $\frac{1}{1296}$;

4) 5) $\approx 0{,}0021$.

X	0	1	2	3
p	$\frac{125}{216}$	$\frac{75}{216}$	$\frac{15}{216}$	$\frac{1}{216}$

Вариант № 16

1) 0,384; 2) 0,002; 3) $\frac{1}{120}$; 4) C^2; 5) 0,1056.

Вариант № 17

1) 0,4096; 2) $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$; 3) $\approx 0{,}302$; 4) $\approx 0{,}0091$;

5) $\frac{25}{1092}$; $\frac{25}{364}$.

Вариант № 18

1) $\approx 0{,}05$; 2) 0,0336; 3) 0,87; 4) 10; 5) $\frac{38}{119}$; $\frac{60}{119}$.

Вариант № 19

1) 0,04; 2) 0,124; 3) $M(X) = 3{,}9$; $D(X) = 1{,}89$;; 4) $\frac{5}{14}$;

5) $\frac{7}{19}$; $\frac{6}{19}$.

Вариант № 20

1) $\frac{2}{5}$; 2) 0,954; 3)

X	0	1	2
P	0,42	0,46	0,12

4) $\frac{8}{315}$; 5) 0,1764.

Вариант № 21

1) $\approx 0{,}7265$; 2) 0,936; 3) $\frac{17}{30}$; 4) $\frac{8}{315}$;

5)

X	0	1	5	20	25
P	0,64	0,2	0,1	0,05	0,01

Вариант № 22

1) $\frac{1}{288}$; 2) $\frac{741}{1470}$; $\frac{39}{98}$; 3) $\frac{15}{127}$; 4) 0,96;

5)

X	0	1	2	3
P	0,729	0,243	0,027	0,001

Вариант № 23

1) 0,973; 2) $\frac{20}{29}$; $\frac{85}{87}$; 3) $\frac{ABC \cdot 3!}{(A+B+C)(A+B+C-1)(A+B+C-2)}$;

4) $\frac{5}{32}$; 5) 0,72.

Вариант № 24

1) 3; 2) $\frac{27}{16\pi^2}$; 3) $\frac{23}{45}$; 4) $\approx 0{,}176$;

5)

X	0	3	6	9
P	0,064	0,288	0,432	0,216

Вариант № 25

1) $\frac{11}{93}$; 2) $\approx 0{,}251$; 3) $\frac{6}{7}$; 4) $\approx 0{,}003$;

5)

X	1	2	3	4
P	0,1	0,09	0,081	0,729

Вариант № 26

1) 0,78; 2) $\frac{1}{7}$; 3) 0,36; 4) 0,729; 0,081; 0,027; 5) 2,4; 1,44.

Вариант № 27

1) $\left(\frac{a}{a+b}\right)^2$; 2) 69; 229; 3) $\approx 0{,}033$; 4) $\frac{21}{59}$;

5)

X	0	1	2
P	0,16	0,48	0,36

Вариант № 28

1) $\approx 0{,}06$; 2) 0,903; 9,7 %; 3) 0, 6; 4) $\frac{3}{25}$; $\frac{23}{50}$; $\frac{29}{50}$; 5) 2,2.

Вариант № 29

1) 4; 2) 0,99; 3) 0,936; 0,288; 0,216; 0,064; 4) $\frac{13}{66}$; 5) 3,5; $\frac{35}{12}$.

Вариант № 30

1) $\approx 0{,}869$; 2) $\frac{3}{4}$; 3) $\frac{5}{33}$; 4) 0,241;

5)

X	0	1
P	0,7	0,3

Ответы к заданию № 6 из таблицы 1

Номер варианта	X_1	X_2	P_1	P_2	**Номер варианта**	X_1	X_2	P_1	P_2
1	3	4	0,2	0,8	16	1	5	0,9	0,1
2	3	4	0,1	0,9	17	1	3	0,3	0,7
3	3	4	0,3	0,7	18	3	6	0,9	0,1
4	3	4	0,5	0,5	19	2	3	0,3	0,7
5	3	4	0,7	0,3	20	1	3	0,4	0,6
6	3	4	0,9	0,1	21	4	5	0,9	0,1
7	2	4	0,9	0,1	22	3	6	0,7	0,3
8	3	4	0,8	0,2	23	4	6	0,1	0,9
9	3	4	0,6	0,4	24	1	3	0,2	0,8
10	3	4	0,4	0,6	25	1	2	0,1	0,9
11	4	6	0,3	0,7	26	1	4	0,3	0,7
12	3	5	0,1	0,9	27	2	4	0,5	0,5
13	2	5	0,3	0,7	28	2	3	0,4	0,6
14	3	6	0,5	0,5	29	2	5	0,6	0,4
15	2	5	0,7	0,8	30	2	6	0,6	0,4

Ответы к заданию № 7 из таблицы 2

Номер варианта	$M(X)$	$D(X)$	**Номер варианта**	$M(X)$	$D(X)$
1	$\pi-\frac{1}{2}$	$\frac{\pi-3}{4}$	2	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{18}$
3	$\frac{19}{12}$	$\frac{11}{144}$	4	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{80}$
5	$\frac{5}{27}$	$\frac{13}{1458}$	6	3	$\frac{1}{3}$
7	2	0,5	8	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{9}$
9	1	$\pi-3$	10	$\frac{\pi}{6}+\sqrt{3}-2$	$\frac{2}{3}\pi+4\sqrt{3}-9$
11	0	$\frac{4}{3}$	12	0	$\frac{\pi^2}{4}-2$
13	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi^2}{4}-2$	14	$\frac{10}{3}$	$\frac{25}{18}$
15	$-\frac{1}{3}$	$\frac{4}{27}$	16	$\frac{\pi-2}{4}$	$\frac{\pi+3}{4}$
17	1	$\pi-3$	18	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
19	4	2	20	$\frac{20}{3}$	$5\frac{5}{9}$
21	0	$\frac{1}{3}$	22	2	$\frac{1}{3}$
23	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{20}$	24	1,5	0,75

Окончание таблицы

Номер варианта	$M(X)$	$D(X)$	**Номер варианта**	$M(X)$	$D(X)$
25	2	$\frac{4}{3}$	26	2,5	2,08
27	$\frac{\pi}{2}-1$	$\pi-3$	28	$\frac{1}{3}$	$\frac{\pi}{3}+\frac{1}{9}$
29	$\pi-1$	$\pi-3$	30	$\frac{9}{4}$	$\frac{27}{80}$

Ответы к заданию № 8 из таблицы 3

Номер варианта	**а) ровно *k* раз**	**б) не менее *k* раз**	**в) не более *k* раз**	**г) хотя бы один раз**
1	0,1852	0,93	0,256	0,9993
2	0,28	0,42	0,86	0,79
3	0,01536	0,01696	0,9984	0,74
4	0,0081	0,00856	0,99954	0,4095
5	0,4116	0,6517	0,7599	0,9919
6	0,001215	0,00127	0,99994	0,4686
7	0,15625	0,1875	0,96875	0,96875
8	0,01536	0,998	0,27904	0,99993
9	0,4096	0,8192	0,5904	0,9984
10	0,384	0,896	0,488	0,992
11	0,0486	0,9963	0,0523	0,9999
12	0,1536	0,9728	0,1808	0,9984
13	0,1323	0,9692	0,1631	0,9976
14	0,3456	0,6826	0,6630	0,9898

Окончание таблицы

Номер варианта	а) ровно k раз	б) не менее k раз	в) не более k раз	г) хотя бы один раз
15	0,375	0,6875	0,6875	0,9375
16	0,1586	0,1792	0,9744	0,3704
17	0,3087	0,4718	0,8369	0,8319
18	0,2304	0,3174	0,9133	0,92222
19	0,2646	0,3483	0,9163	0,7599
20	0,0256	0,0272	0,9984	0,5904
21	0,0729	0,0815	0,99144	0,4095
22	0,2048	0,2627	0,9421	0,6723
23	0,0756	0,0837	0,9919	0,7599
24	0,288	0,352	0,936	0,784
25	0,3125	0,5	0,8125	0,9675
26	0,2765	0,8208	0,4557	0,9959
27	0,2646	09163	0,3483	0,9919
28	0,4096	0,7373	0,6723	0,9997
29	0,0984	0,9841	0,1143	0,9999
30	0,000054	0,000055	0,999999	0,4686

Ответы к заданию № 9 из таблицы 4

№ 1: 0,1359; № 2: 0,7506; № 3: 0,6294;
№ 4: 0,8412; № 5: 0,9104; № 6: 0,0493;
№ 7: 0,9998; № 8: 0,5746; № 9: 0,4998;
№ 10: 0,2638; № 11: 0,6247; № 12: 0,6247;
№ 13: 0,4706; № 14: 0,4706; №: 15: 0,4706
№ 16: 0,8399; № 17: 0,6826; № 18: 0,6826;
№ 19: 0,4706; № 20: 0,4706; № 21: 0,1865;
№ 22: 0,4082; № 2: 0,1359; № 24: 0,6826;
№ 25: 0,9758; № 26: 0,4967; № 27: 0,9758;
№ 28: 0,1525; № 29: 0,7357; № 30: 0,8854.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 456 с.

Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Задачи и упражнения по теории вероятностей: учебное пособие. – М.: Кнорус, 2010. – 492 с.

Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высшее образование, 2009. – 403 с.

Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшее образование, 2009. – 480 с.

Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. – М.: Физматгиз, 1988. – 406 с.

Соболев А. Б., Рыбалко А. Ф., Вараксин А. Н. Математика: курс лекций для технических вузов. Книга 2. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 445 с.

Чудесенко В. Ф. Сборник заданий по специальным курсам высшей математики. – М.: Высшая школа, 1983. – 110 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МАТЕМАТИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

специализация № 3:
Открытые горные работы

формы обучения: **очная, заочная**

Автор: Власова Л.В., доцент, к.ф.-м.н.

Екатеринбург

Варианты заданий для контрольных работ и самостоятельной работы студентов всех специальностей по теме: "Дифференцирование функций нескольких переменных" содержат 30 вариантов по 7 заданий в каждом варианте, также задания могут быть использованы на практических занятиях в аудитории.

Вариант 1.

1) Найти область определения функции $z = 2 \cdot \sqrt{36 - 4x^2 - 9y^2}$ и построить линии уровней $z = 0$, $z = 3$, $z = 6$, $z = 12$.

2) Для функции $u = \frac{x \cdot y^2}{z} - y \cdot e^{2x-z}$ найти $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 u}{\partial y \partial z}$, $\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z}$ в точке $M(1;-1;2)$.

3) Найти экстремумы функции $z = x \cdot \sqrt{y} - x^2 + 6x - y$.

4) Найти полный дифференциал функции $v(t,z) = \ln\left(arctg\frac{t}{z}\right)$ и вычислить его значение при $t = z = 1$, $\Delta t = 0{,}2$, $\Delta z = 0{,}1$.

5) Для функции $\omega = \cos(3u - 2v)$, где $u = 2^{tg(4x)}$, $v = \log_2(3\sqrt{x} + 2)$ найти $\frac{d\omega}{dx}$ в точке $x = 0$.

6) Найти производную $\frac{\partial z}{\partial y}$ неявной функции $z(x,y)$, заданной уравнением $\arcsin(zy) + ctg\left(\frac{\pi x}{4y}\right) = \frac{\pi}{6} + \frac{1}{z} - x$ при $x = 1$, $y = 1$, $z = 0{,}5$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $x^3 + y^3 + z^3 - xyz - 6 = 0$ в точке $M(1;2;-1)$.

Вариант 2.

1) Найти область определения функции $z = \sqrt{x^2 + y^2 - 4} + 3\ln(2x - y^2)$.

2) Для функции $u = \sin^2(2x + 3y)$ вычислить $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - 2\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}$ в точке $M\left(\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{6}\right)$.

3) Найти экстремум функции $z = x^2 + 2y^2 - 2xy + 3x - y + 5$.

4) Для функции $z = (2x+1)^{3y-2}$ составить формулу полного дифференциала.

5) Найти производную $\frac{dy}{dx}$ неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $y^2 - 4xy = 0$ и вычислить ее значение при $x = 1$, $y = 4$.

6) Найти градиент функции $u = \frac{x \cdot y^2}{z} + \frac{z \cdot y}{\sqrt[3]{x}}$ в точке $M(1;2;-1)$.

7) Для функции $u=\ln(2x-y^2)$, где $x=3e^t$, $y=arctg\left(\frac{t}{2}\right)$ найти $\frac{du}{dt}$ и вычислить ее значение в точке $t=0$.

Вариант 3.

1) Найти и построить область определения функции $z=\sin\left(\frac{1}{x}+\frac{5}{y}\right)$.

2) Для функции $u=ctg(\sqrt{x^3}+y)$ найти формулу полного дифференциала.

3) Найти экстремумы функции $z=xy-x^2y-xy^2$.

4) Найти производную $\frac{dy}{dx}$ неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $arctg\frac{x+2y}{3}=2x+\frac{y}{5}$ и вычислить ее значение при $x=0$, $y(0)=0$.

5) Найти полную производную $\frac{du}{dx}$, если $u=x^y$, где $y=\ln(2x)$.

6) Найти производную функции $\omega=x^2y+2y^2z+3z^2x$ в точке $M(1;1;1)$ по направлению вектора $\vec{l}=M\vec{N}$, где $N(-1;4;-5)$.

7) Найти градиент функции $v=e^{xz^3-y^2}$ в точке $M(1;2;-1)$ и его величину.

Вариант 4.

1) Найти область определения функции $f(x,y)=\frac{2x-3y}{3x-y}$. Вычислить $f(1,3)$, $f(a,-a)$, $f(-a,a)$, $a\neq 0$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^3-x^2y-xy^2$.

3) Для функции $z=arctg\frac{y}{x-1}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=0$, $y=1$, $\Delta x=\Delta y=0{,}1$.

4) Найти производную $\frac{du}{dt}$ сложной функции $u=\sin(2x+y^2)$, где $x=\ln(2\sqrt{t}+1)$, $y=ctg\frac{1}{t}$.

5) Найти $\frac{dy}{dx}$ производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $2x^2+y^2-4x+6y-1=0$ и вычислить ее значение при $x=0$, $y<-2$.
, если $u=x^y$, где $y=\ln(2x)$.

6) Найти градиент функции $u=z^2e^{x-2y}+\cos\frac{\pi y}{xz^2}$ в точке $M(2;1;-1)$.

7) Вектор $\vec{l}$ составляет с осью OX угол $\alpha = 30^0$, с осью OУ $0 \le \beta \le 90^0$. Найти производную функции $z = x^3 - 3\sqrt[3]{y^2} + 4\sqrt[4]{xy^3}$ в точке $M(1;1)$ по направлению $\vec{l}$.

Вариант 5.

1) Найти и построить область определения функции $f(x,y) = \dfrac{x^2 + y^2}{\sqrt{x^2 - y^2}}$.

2) Найти экстремумы функции $z = x^3 + y^2 - 6xy - 39x + 18y + 20$.

3) Для функции $u = e^{x^2 - y^2} \cdot \sin\dfrac{\pi}{2y}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = y = 1$, $\Delta x = 0{,}01$, $\Delta y = -0{,}01$.

4) Найти частные производные $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ сложной функции $z = arctg(uv)$, где $u = \cos(2x - y)$, $v = tg\dfrac{\sqrt{x}}{y}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к окружности $x^2 + y^2 - 2x + 4y - 20 = 0$, где $x = 4$, $y < 0$. Сделать чертеж.

6) В точке $M(4;3;-12)$ вычислить модуль градиента функции $u = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

7) Найти производную функции $z = x^3 - 3x^2y + 3xy^2 + 1$ в точке $M_1(3;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = \vec{M_1M_2}$, где $M_2(6;5)$.

Вариант 6.

1) Найти и построить область определения функции $f(x,y) = \dfrac{1}{\sqrt{xy}}$. Построить линии уровней $z = \dfrac{1}{3}$, $z = \dfrac{1}{2}$, $z = 1$.

2) Найти экстремумы функции $z = x^2 + 2y^2 + 2xy - 2x + 4y + 15$.

3) Для функции $u = e^{xy} \cdot \sin\left(\dfrac{\pi x}{y}\right)$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = y = 1$, $\Delta x = 0{,}01$, $\Delta y = -0{,}01$.

4) Найти производную $\dfrac{\partial v}{\partial x}$ сложной функции $v = ctg\left(\dfrac{y^2}{z}\right)$, где $y = \ln(5x + 4u)$, $v = arctg(\sqrt{x \cdot u})$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к эллипсу $3x^2 + 2y^2 - 6x - 12y + 16 = 0$ в точке, где $x = 2$, $y < 3$. Сделать чертеж.

6) Найти градиент функции $u = \arccos\dfrac{z}{x+y} - \sqrt[3]{\dfrac{y}{x^2 z}}$ в точке $M(1;1;1)$.

7) Найти производную функции $z = \dfrac{\sqrt{x}}{y} - \dfrac{y}{\sqrt{z}} - xyz^3$ в точке $M_1(1;-2;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-1;4;-2)$.

Вариант 7.

1) Найти и построить область определения функции $z = \sqrt{9 - x^2 - 4y^2}$.

2) Найти экстремумы функции $z = 2x^3 + 2y^3 - 36xy + 430$.

3) Для функции $u = arctg\dfrac{x}{y}$ вычислить частные производные второго порядка и их значения в точке $M(1;-1)$.

4) Найти производную $\dfrac{dz}{dt}$ сложной функции, где $z = t - \sin t$, $y = 1 - \cos t$.

5) Найти частные производные неявной функции $z = f(x,y)$, заданной уравнением $z \cdot \ln(2y - x) + 2^{x+2z} - \dfrac{8y}{\sqrt[3]{z}} = 0$ в точке $M(1;1;1)$.

6) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $x^2 + y^2 = z^2$ в точке $M_0(3;4;5)$.

6) В точке $M(4;3;-12)$ вычислить модуль градиента функции $u = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

7) Найти производную функции $u = xy^{\ln z}$ в точке $M_1(1;1;2)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(3;-1;1)$.

Вариант 8.

1) Найти и построить область определения функции $w = \arcsin(|y| - x)$.

2) Найти экстремумы функции $z = x^3 + y^3 - 6xy$.

3) Для функции $u = e^x \cos(2y)$ вычислить частные производные второго порядка и их значения при $x = 1$, $y = 0$.

4) Для функции $z = x^3 \ln y$, где $x = \dfrac{u}{v}$, $y = 3u + 2v$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial u}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial v}$.

5) Найти производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $2x^2 + y^2 - 4x + 6y - 1 = 0$ в точке, где $y = -5$, $x > 0$.

6) Найти градиент функции $u = \arcsin\dfrac{z}{x+y} - \sqrt[3]{\dfrac{y}{x^2 z}}$ в точке $M(1;1;1)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $x^2(2-z^2)-y^2=0$ в точке $M_0(1;-1;1)$.

Вариант 9.

1) Найти и построить область определения функции $z=\arccos(|x|+y)$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^3+2y^2-3x+4y$.

3) Для функции $u=2^{\arcsin\frac{x}{z}}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=0$, $z=1$, $\Delta x=\Delta z=0{,}01$.

4) Найти производную $\frac{dz}{dt}$ сложной функции $z=tg(2x^2-y)$, где $x=\ln(2t)$, $y=\sqrt{t}$.

5) Найти частные производные $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;1;1)$ $z=f(x,y)$ - неявной функции, заданной уравнением $x\ln(2z-y)+arctg\frac{z}{y}=\frac{\pi}{2x}$.

6) Найти производную функции $u=\frac{1}{\pi}tg\frac{\pi\cdot x^2}{2y}+e^{y-2x}$ в точке $M_1(1;2)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(5;-1)$.

7) Найти градиент функции $u=\frac{2z}{\sqrt[3]{x}}+yz^3-\sqrt{\frac{x}{y}}$ в точке $M_1(8;2;1)$. Составить уравнение поверхности уровня функции, проходящей через точку M_1.

Вариант 10.

1) Найти и построить область определения функции $z=\arcsin(x^2+y^2-2x)$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^2-xy+y^2-6x+9y+20$.

3) Для функции $u=\sqrt{y+1}\cdot\ln(x^2+2y)$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=1$, $y=0$, $dx=dy=0{,}1$.

4) Найти производную $\frac{dz}{dt}$ сложной функции $z=\lg(x+y^2)$, где $x=arctg\frac{1}{t}$, $y=\sin(\pi\cdot t)$.

5) Уравнение $2x^2+y^2-4x+6y-1=0$ задает неявную функцию $y(x)$. Найти производную $\frac{dy}{dx}$. Составить уравнения касательной плоскости и нормали к графику этой функции в точке, где $y=-1$, $x>0$.

6) Найти градиент функции $u=e^{\frac{x-y}{z}}-\frac{1}{\pi}tg\frac{\pi\cdot z}{xy^2}$ в точке $M(1;1;1)$.

7) Найти производную функции $u=\frac{xy}{\sqrt{2z}}+\frac{z}{2x^2y}+\sqrt{\frac{2y}{z}}$ в точке $M_1(1;2;4)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-2;0;-2)$.

Вариант 11.

1) Найти и построить область определения функции $z=\frac{\ln(x+1)}{1+\ln y}$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^2-xy+y^2+9x-6y+23$.

3) Для функции $z=\sin^2(2x+3y)$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения при $x=\frac{\pi}{4}$, $y=\frac{\pi}{6}$.

4) Для функции $z=\frac{u}{\ln v}$, где $u=\sqrt{4x-y^2}$, $v=4-x^2-y^2$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к эллипсу $2x^2+3y^2-12x-6y+16=0$ в точке, где $x=4$, $y\neq 0$.

6) Найти модуль градиента функции $u=e^{\frac{2y-x}{z}}-\frac{1}{\pi}\cos\frac{\pi\cdot z}{xy^2}$ в точке $M(2;1;1)$.

7) Найти производную функции $u=\sqrt[3]{y^2-4z}+arctg\frac{x-z}{y}$ в точке $M_1(1;2;-1)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-2;-4;1)$.

Вариант 12.

1) Найти область определения функции $z=\sqrt{x-y+1}\cdot\ln(x+y)$.

2) Найти экстремумы функции $z=\frac{y}{x}+\frac{1}{y}+x$.

3) Найти полный дифференциал функции $v(t,z)=\ln\left(arctg\frac{t}{z}\right)$ и вычислить его значение при $t=z=1$, $dt=0{,}01$, $\Delta z=-0{,}01$.

4) Для функции $z=u\cdot e^{\frac{u}{v}}$, где $u=x^2+y^2$, $v=xy$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$.

5) Найти производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $x^2+y^2=2x-4y+20$ в точке, где $x=4$, $y>0$.

6) Найти производную функции $u=x\cdot\arcsin\frac{z-y}{2}-\sqrt[3]{y^2-4z}$ в точке $M_1(-1;1;2)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(0;2;1)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $2x^2+4y^2+9z^2=21$ в точке, где $x_0=2$, $y_0<0$, $z_0=1$.

Вариант 13.

1) Найти и построить область определения функции $v = \arccos(x - 2y)$.

2) Найти экстремумы функции $z = x^3 + y^3 + 6xy$.

3) Для функции $u = ctg(e^{y^2 - x^2})$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = 1$, $y = -1$, $\Delta x = \Delta y = 0{,}1$.

4) Для функции $z = arctg(xy)$, где $y = e^{2x}$ найти $\dfrac{dz}{dx}$.

5) Для функции, заданной уравнением $\dfrac{6}{\pi}\arcsin\dfrac{x+y}{4z} - \sqrt[3]{\dfrac{zx^2}{y}} = 0$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(1;1;1)$.

6) Найти градиент функции $u = y \cdot \ln(x + 2z) + z \cdot \sqrt[3]{x^2 y^3}$ в точке $M(-1;1;1)$. Найти модуль градиента.

7) Найти производную функции $u = \dfrac{x-y}{\sqrt[3]{z}} + \dfrac{x+2y}{x-z} + \sqrt[3]{\dfrac{xy^2}{2z}}$ в точке $M_1(2;1;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(0;-1;2)$.

Вариант 14.

1) Найти и построить область определения функции $u = \dfrac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 - 4}}$.

2) Найти экстремумы функции $z = e^{-x}(x - y^2)$.

3) Вычислить приближено изменение функции $\varphi = arctg\dfrac{x+1}{y}$, если x изменяется от $x_1 = 0$ до $x_2 = 0{,}2$, y изменяется от $y_1 = 1$ до $y_2 = 0{,}9$

4) Для функции $z = \ln^2(u) - \ln(2v)$, где $u = tg(3x)$, $v = \sin(3x)$ найти $\dfrac{dz}{dx}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к окружности $x^2 + y^2 - 2x + 4y - 20 = 0$ в точке, где $y = -6$, $x < 0$.

6) Найти градиента функции $u = \dfrac{x}{\ln(y+z)} + \sqrt[3]{2x^2 z^5}$ в точке $M(2;1;1)$.

7) Найти производную функции $u = \arcsin(x\sqrt{y})$ в точке $M_1\left(\dfrac{1}{2};1\right)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2\left(\dfrac{3}{2};\dfrac{1}{2}\right)$.

Вариант 15.

1) Найти область определения функции $z=\sqrt{x-y+2}+\ln(y-x^2)$.

2) Показать, что функция $z=x^4+y^4-2x^2-4xy-2y^2$ имеет экстремум в точке $M_0\left(\sqrt{2};\sqrt{2}\right)$. Выяснить тип экстремума. Найти этот экстремум.

3) Для функции $u=y\cdot e^{2(1-x)}+\cos\dfrac{\pi\cdot x}{2y^2}$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения в точке $M(1;1)$.

4) Для функции $z=arctg\dfrac{y}{x}$, где $y=\ln(2x+1)$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{dz}{dx}$.

5) Уравнение $\dfrac{6}{\pi}\arcsin\dfrac{x+z}{4y}-\sqrt[3]{\dfrac{x^2y}{z}}=0$ задает неявную функцию $z=f(x,y)$. Найти частную производную этой функции в точке $M(1;1;1)$.

6) Найти производную функции $u=ye^{2y-x}+\dfrac{\sqrt{z}}{x+y}$ в точке $M_1(2;1;4)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(0;-2;-2)$.

7) Найти градиент функции $u=\dfrac{1}{\pi}\left(ctg\dfrac{\pi\cdot y^2}{2x}\right)^2$ в точке $M(2;1)$.

Вариант 16.

1) Найти и построить область определения функции $u=\dfrac{x+y}{x^2+y^2}$. Вычислить значение функции u в точке $M(1;3)$.

2) Найти экстремумы функции $z=e^{0,5x}(x+y^2)$.

3) Для функции $u=\dfrac{xy}{x^2+y^2}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=2$, $y=1$, $\Delta x=0{,}1$, $\Delta y=-0{,}2$.

4) Для сложной функции $z=x^2y-xy$, где $x=u\cos v$, $y=v\sin u$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial u}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial v}$.

5) Уравнение $\arccos\dfrac{x}{y}=\dfrac{\pi}{3}+zy-\sqrt{\dfrac{z}{x}}$ задает неявную функцию $z=f(x,y)$. Найти $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ при $x=\dfrac{1}{2}$, $y=1$, $z>0$.

6) Найти производную функции $u=\arcsin\dfrac{2y-x}{z}+\dfrac{\sqrt[3]{2x^2z}}{y^3}$ в точке $M_1(2;1;-1)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-1;-5;1)$.

7) Найти модуль градиента функции $u=\dfrac{2x-y}{3y+2z}$ в точке $M(-1;1;-1)$.

Вариант 17.

1) Найти область определения функции $u=\arccos\left(\dfrac{1}{x^2+y^2}\right)$.

2) Показать, что функция $z=3x+6y-x^2-xy-y^2$ имеет экстремум в точке $M_0\left(\sqrt{2};\sqrt{2}\right)$. Выяснить тип экстремума. Найти этот экстремум.

3) Для функции $u=z\cdot e^{y-2x}+\dfrac{1}{z^2}\cos\dfrac{\pi\cdot x}{y}$ найти $\dfrac{\partial u}{\partial y}$ и $\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\partial z}$. Вычислить их значения в точке $M(1;2;1)$.

4) Для функции $z=2u+\sqrt{v}$, где $u=\arcsin(xy)$, $v=\ln(x^2+2y)$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$.

5) Уравнение $x\ln(2y-z)+arctg\dfrac{y}{z}=\dfrac{\pi}{2x}$ задает неявную функцию $z=f(x,y)$. Найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;1;1)$.

6) Найти модуль градиента функции $u=\dfrac{1}{\pi}tg\left(\dfrac{\pi\cdot x}{y\cdot z}\right)-\dfrac{z-x}{y-x}+x\cdot\sqrt[3]{\dfrac{y}{z}}$ в точке $M(1;2;2)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к параболоиду $z=2x^2+4y^2$ в точке, где $y=1$, $z=12$, $x<0$.

Вариант 18.

1) Найти и построить область определения функции $z=\arcsin(|x|-|y|)$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^3+3y^2-3xy+1{,}75$.

3) Для функции $u=\ln(x^2+3y)$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения при $x=2$, $y=0$.

4) Для функции $u=\dfrac{x^2-y}{x^2+y}$, где $y=arctg\dfrac{1}{x}$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{dz}{dx}$.

5) В точке $M(2;1)$ найти угловой коэффициент касательной к кривой $x^2-y^2+y=2^{y-2}-2^x$

6) Найти градиент функции $u=\dfrac{1}{\pi}\cos\dfrac{\pi\cdot x}{yz}\cdot e^{x+y}-\sqrt[3]{\dfrac{zy^2}{2x}}$ в точке $M(-1;1;2)$.

7) Найти производную функции $u=\dfrac{x}{y}\arcsin\dfrac{y}{x}$ в точке $M_1(-2;1)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(2;4)$.

Вариант 19.

1) Найти и построить область определения функции $u = \dfrac{\ln(x^2 - 2y)}{\sqrt{9 - x^2 - y^2}}$.

2) Найти экстремумы функции $z = 3x^2 + y^3 - 3xy$.

3) Для функции $u = \dfrac{ctg\left(2y + \dfrac{\pi}{4}\right)}{x - 1}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = 3$, $y = 0$, $\Delta x = -0{,}04$, $\Delta y = 0{,}01$.

4) Для функции $z = \ln(y^2 - 2x^2)$, где $y = e^{x+1}$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{dz}{dx}$.

5) Уравнение $\arcsin\dfrac{x}{y} = \dfrac{\pi}{6} + zy - \sqrt{\dfrac{z}{x}}$ задает неявную функцию $z = f(x, y)$. Найти $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M_0\left(\dfrac{1}{2}; 1; z_0\right)$, $z_0 > 0$.

6) Найти производную функции $u = \dfrac{x^2}{yz} - \sqrt{\dfrac{y}{2x}} + xyz^3$ в точке $M_1(1;2;-1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-2;-4;1)$.

7) Найти градиент функции $z = x^y + y^x$ в точке $M(2;1)$.

Вариант 20.

1) Найти область определения функции $t = \log_2(\sqrt{x} - \sqrt{y})$.

2) Показать, что функция $z = x^2 - xy + y^2 + \dfrac{1}{x} + \dfrac{1}{y}$ имеет экстремум в точке $M_0(1;1)$. Выяснить тип экстремума. Найти этот экстремум.

3) Для функции $u = y \cdot e^{2(1-x)} + \cos\dfrac{\pi \cdot x}{2y^2}$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения в точке $M(1;1)$.

4) Катеты $a = 12$ (см), $b = 5$ (см) измерены с точностью $\Delta a = \Delta b = 0{,}1$ (см). Найдите гипотенузу треугольника и относительную погрешность значения гипотенузы $\left(\delta c = \dfrac{\Delta c}{c} \cdot 100\%\right)$.

4) Для функции $u = x^2 + 2y^2 + \ln(1 + y)$, где $y = \sin(3x)$ найти $\dfrac{du}{dx}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к эллипсу $2x^2+y^2-4x+6y-1=0$ в точке, где $y=-1$, $x<0$.

6) Найти градиент функции $z=arctg\sqrt{\dfrac{x^2-y^2}{x^2+y^2}}$ в точке $M_0(\sqrt{2};1)$.

7) Найти производную функции $u=xe^{2y+z}+z\cdot\sqrt[3]{\dfrac{x}{y^2}}$ в точке $M_1(-1;1;2)$ по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(4;3;14)$.

Вариант 21.

1) Найти и построить область определения функции $z=\arcsin\dfrac{1}{x}+\arccos\dfrac{1}{y}$.

2) Найти экстремумы функции $z=3x^2+y^3-6xy$.

3) Для функции $u=(x^2+2)\cdot\arcsin\dfrac{1}{y}$ найти частные производные второго порядка.

4) Найти производную $\dfrac{du}{dt}$ сложной функции $u=e^{x-3y}$, где $x=\sin(\pi\cdot t)$, $y=\sqrt[3]{t}$ и ее значение при $t=1$.

5) Уравнение $x\ln(2y+z)+arctg\dfrac{z}{y}+\dfrac{\pi}{2x}=0$ задает неявную функцию $z=f(x,y)$. Найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;1;-1)$.

6) Составить уравнения касательных плоскостей к эллипсоиду $x^2+2y^2+3z^2=21$ в точках пересечения эллипсоида и прямой $\dfrac{x}{1}=\dfrac{y}{2}=\dfrac{z}{2}$.

7) Найти производную функции $z=x^2-y^2$ в точке $M(1;1)$ в направлении вектора l_0, составляющего с осью ОУ угол $\beta=60^0$.

Вариант 22.

1) Найти и построить область определения функции $v=\arccos(x^2+y^2-2y)$. Вычислить z при $x=0$, $y=1$.

2) Найти экстремумы функции $z=x^2-2x\sqrt{y}+y-4x$.

3) Для функции $u=\dfrac{5x+3y}{9x-2y}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=1$, $y=2$, $\Delta x=-0{,}1$, $\Delta y=0{,}3$.

4) Для функции $w = tg\dfrac{4u}{v^2}$, где $u = \arcsin(t-2z)$, $v = \ln(t^2+z^2)$ найти $\dfrac{\partial w}{\partial z}$.

5) Уравнение $arctg\dfrac{x+2y}{3z} - ye^{x-z} + \dfrac{1}{z} = \dfrac{\pi}{4}$ задает неявную функцию $z = f(x,y)$. Найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(1;1;1)$.

6) Найти модуль градиента функции $u = \dfrac{2x^2}{9} + \dfrac{3y^2}{z} - xyz$ в точке $M(1;-2;3)$.

7) Найти производную функции $u = \dfrac{z}{\sqrt[3]{x-y}} + \dfrac{1}{\ln 2}\cdot 2^{3y+z} - \sqrt{x(y^2-z)}$ в точке $M_1(2;1;-3)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(5;-5;-1)$.

Вариант 23.

1) Найти область определения функции $u = \arccos\left(\dfrac{x}{y}\right)$.

2) Найти экстремум функции $z = x^2 + 2y^2 - xy^2 + 1$.

3) Для функции $u = x\ln(3x+2y)$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x = 1$, $y = -1$, $\Delta x = \Delta y = 0{,}01$.

4) Для функции $z = u^v$, где $u = \sin(2y)$, $v = arctg\dfrac{x}{y}$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$.

5) Найти производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $x\cdot 3^{\frac{x+1}{y}} + tg\dfrac{\pi x}{4y} - 10 = 0$ в точке $M(1;1)$.

6) Найти производную функции $u = \sqrt{3}\arcsin\dfrac{x-y}{z} + y^2\cdot\sqrt{\dfrac{z}{x^3}}$ в точке $M_1(1;2;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-1;5;-10)$.

7) Найти градиент функции $u = \dfrac{x}{\sqrt[3]{z(2x+y)}} + 3\cdot\sqrt[3]{\dfrac{y}{z}} + xyz^2$ в точке $M(1;2;-2)$.

Вариант 24.

1) Найти и построить область определения функции $z = x + 2y - \arccos(xy)$.

2) Найти экстремум функции $z = x^3 + y^2 - 3x + 2y$.

3) Для функции $u = e^{1-x} \cdot \ln(2y)$ найти частные производные второго порядка и вычислить их значения в точке $M(1;1)$.

4) Для функции $z = (u+1)^{v+1}$, где $u = \arcsin\left(\frac{x}{y}\right)$, $v = \cos(2x+3y)$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$.

5) Уравнение $x\ln(2z+y) + arctg\frac{z}{y} + \frac{\pi}{2x} = 0$ задает неявную функцию $z = f(x,y)$. Найти $\frac{\partial z}{\partial x}$ и $\frac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;-1;1)$.

6) Найти производную функции $u = \sqrt{3}\arccos\frac{x-y}{z} + \frac{4}{\pi}tg\frac{\pi y}{x^2}$ в точке $M_1(2;1;2)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(5;-1;-4)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $\sin(3x)\cdot\cos y - z = 0$ в точке, где $x = y = \frac{\pi}{4}$.

Вариант 25.

1) Найти и построить область определения функции $u = \sqrt{x-1} + \sqrt[4]{y+2}$. Вычислить значение функции u в точке $M(5;-1)$.

2) Найти экстремумы функции $z = e^{0,5y}(x^2 + y)$.

3) Вычислить приближено изменение функции $z = \arcsin\frac{y}{x}$, если x изменяется от $x_1 = 5$ до $x_2 = 4{,}5$, y изменяется от $y_1 = 3$ до $y_2 = 3{,}3$

4) Для функции $z = y^{\sqrt{x}}$, где $y = \log_2(x^2 + 2x)$ найти $\frac{\partial z}{\partial x}$, $\frac{dz}{dx}$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к гиперболе $x^2 - 2y^2 + 4y - 4 = 0$ в точке $M(2;2)$. Сделать чертеж.

6) Найти производную функции $u = \frac{1}{\pi}\cos\frac{\pi\cdot z}{x^2 y} + \frac{x+2y}{z+y}$ в точке $M_1(1;2;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(3;1;-1)$.

7) Найти градиент функции $x^2 + y^2 + 4z^2 = 4$ в точке $M\left(\frac{4}{3};\frac{4}{3};\frac{1}{3}\right)$.

Вариант 26.

1) Найти и построить область определения функции $u=\dfrac{2x+y}{\cos(y-x)}$.

2) Найти экстремумы функции $z=\dfrac{x}{y}+\dfrac{1}{x}+y$.

3) Для функции $u=\cos\left(\dfrac{\pi}{2}(2x-y)\right)$ найти частные производные $\dfrac{\partial^3 u}{\partial x^3}$ и $\dfrac{\partial^3 u}{\partial x^2\partial y}$. Вычислить их значения в точке $M(1;1)$.

4) Для функции $z=u^{v+1}$, где $u=\arcsin(x+2y)$, $v=\ln(x+\sqrt[3]{y})$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$.

5) Уравнение $\dfrac{x-y}{z^2}+e^{2z+x}-x\sqrt{y}=0$ задает неявную функцию $z=f(x,y)$. Найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$ в точке $M(2;1;-1)$.

6) Найти градиент функции $u=arcctg\dfrac{x}{y+z}+\sqrt[3]{\dfrac{z^5}{2x^2y}}$ в точке $M(2;1;1)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $u=\dfrac{1}{\ln 2}\cdot 2^{x^2-z^2}+\dfrac{\sqrt{x}}{z}-\dfrac{2x}{\sqrt{y}}=\dfrac{1}{\ln 2}$ в точке $M_1(1;4;1)$

Вариант 27.

1) Найти и построить область определения функции $z=tg\left(y+2x+\dfrac{\pi}{4}\right)$. Вычислить z при $x=0$, $y=1$.

2) Найти экстремумы функции $z=2y^2-2y\sqrt{x}+x-4y$.

3) Для функции $z=x^2+2y^2-3xy$ найти формулы частных приращений $\Delta_x z$, $\Delta_y z$ и полного приращения. Вычислить приращения, если x изменяется от $x_1=2$ до $x_2=2{,}1$, y изменяется от $y_1=2$ до $y_2=1{,}9$.

4) Для функции $z=x^y$, где $y=e^{-x}\cdot\sin(2x)$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{dz}{dx}$.

5) Составить уравнения касательной и нормали к эллипсу $3x^2+2y^2-6x-12y+7=0$ в точке, где $x=3$, $y>3$.

6) Найти градиент функции $u=y\ln(x+2z)-\sqrt{3}\arccos\dfrac{z}{x^2+y^3}$ в точке $M_1(-1;1;1)$.

7) Найти производную функции $u = 3 \cdot \sqrt[3]{\frac{xz^2}{y-1}} + \frac{x+z}{2y-z} - \frac{x^2 y}{4z^3}$ в точке $M_1(2;3;1)$ по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(4;1;2)$.

Вариант 28.

1) Найти и построить область определения функции $u = \arcsin\frac{y-2}{x}$.

2) Для функции $u = x^{\frac{y}{z}}$ найти $\frac{\partial u}{\partial x}$, $\frac{\partial u}{\partial y}$, $\frac{\partial u}{\partial z}$ при $x = 2$, $y = -1$, $z = 1$.

3) Найти экстремумы функции $z = e^{2x}(x + y^2 + 2y)$.

4) Высота $H = 4$(см) и образующая $L = 5$(см) конуса измерены с точностью $\Delta = 0{,}1$(см). Найти объем конуса. Найти абсолютную и относительную погрешности объема.

5) Для функции $z = \arcsin\frac{x}{z}$, где $z = \sqrt{x^2 + 1}$ найти $\frac{\partial u}{\partial x}$ и $\frac{du}{dx}$ в точке, где $x = 1$.

6) Найти градиент функции $u = \sqrt{2} \cdot \arcsin\frac{x+2y}{x+z} + \sqrt[3]{\frac{2yz^2}{x}}$ в точке $M(1;-1;2)$.

7) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $x^2 + \ln(y^2 + z^2) - \ln(x^2 + z^2) = 1$ в точке, где $x = 1$, $z = -2$, $y < 0$.

Вариант 29.

1) Найти и построить область определения функции $u = \arccos\sqrt{xy}$.

2) Для функции $z = x^y$ найти $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}$, $\frac{\partial^2 z}{\partial y \partial x}$. Сравнить эти производные.

3) Найти экстремумы функции $z = \frac{1}{4}x^2 + \frac{1}{2}y^2 - xy$.

4) С помощью дифференциала найти формулу объема стекла, нужного для изготовления цилиндрического стакана с толщиной стенок и дна к, если радиус внутреннего цилиндра R, а высота внутреннего цилиндра H.

5) Найти производную неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $\ln x + \ln y - \sqrt[3]{y} = 0$ в точке $M(e;1)$.

6) Для функции $z = \ln(2x + y^2)$, где $x = \sin(2t)$, $y = \cos^2 t$ найти $\frac{dz}{dt}$.

7) Найти модуль градиента функции $u = x^2 - 2y^2 + z^2 - 4x + 2z$ в точке $M_1(1;1;1)$ и производную в точке M_1 по направлению вектора $\vec{l} = M_1\vec{M}_2$, где $M_2(-1;3;0)$.

Вариант 30.

1) Найти и построить область определения функции $u=\sqrt{\dfrac{x^2-4x+y^2}{x^2+4x+y^2}}$.

2) Для функции $z=\ln\left(tg\dfrac{x}{y}\right)$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$, $\dfrac{\partial z}{\partial y}$, $\dfrac{\partial^2 z}{\partial x^2}$, $\dfrac{\partial^2 z}{\partial y\partial x}$.

3) Найти экстремум функции $z=2x^2+y^2-xy-7x+14$.

4) Для функции $u=\sqrt[3]{x+y^2}$ найти полный дифференциал и вычислить его значение при $x=2$, $y=5$, $\Delta x=0{,}1$, $\Delta y=0{,}01$.

5) Составить уравнения касательной плоскости и нормали к поверхности $xe^{2x+y}-e^{3x^2+2y}=0$ в точке $M_1(1;-1)$.

6) Для функции $z=\dfrac{u}{v}arctg(u+v)$, где $u=xy$, $v=x+y$ найти $\dfrac{\partial z}{\partial x}$ и $\dfrac{\partial z}{\partial y}$.

7) Найти градиент функции $u=\dfrac{x^2}{y}-\dfrac{4y}{z^2}+x^2z^2$ в точке $M_1(1;-1;2)$. Найти производную этой функции в точке M_1 по направлению вектора $\vec{l}=M_1\vec{M}_2$, где $M_2(3;-4;-4)$.



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

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°С до 100° С 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° С, а объем увеличился в 10 раз.

41. В двигателе внутреннего сгорания температура газообразных продуктов сгорания поднимается от 600° С до 2000° С. 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° С. 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° С. 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 $2{,}5 \cdot 10^8$ 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 $U = 50\cos 10^4 \pi t$(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 $2,2 \cdot 10^{-7} Н/м^2$. 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 $1,097 \cdot 107 м^{-1}$.

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 $9,1 \cdot 10^{-31}$кг, масса протона $1,67 \cdot 10^{-27кг}$.

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 $6 \cdot 10^6$м/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 $_7N^{14}$= 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 $_{20}Ca^{14} + {}_{1}H^{1} \rightarrow {}_{19}K^{41} + 2He^{4}$. ($m\ {}_{20}Ca^{4\,4}$= 43,95549 а.е.м.; $m\ {}_{1}H^{1}$ = 1,00783 а.е.м.; $m\ {}_{2}He^{4}$ = 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}
Примечание: 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 (π/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»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

ХИМИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Попова М.Н.

Екатеринбург

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, °С

ν_1 - скорость реакции при температуре t_1, °С

Пример 2. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,8. Во сколько раз возрастёт скорость реакции при повышении температуры от 20^0 до 75 ^{0}С ?

Решение. $t_2 - t_1 = 75 - 20 = 55$ °С. Обозначив скорость реакции при 20° и 75° 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:

$$C_м = \frac{\nu}{M} = \frac{m_b}{M \cdot V} \text{ (моль/л)}$$

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:

$$C_э = \frac{m_b}{Э \cdot V} \text{ (моль/л)}$$

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

$$C_м = \frac{15 \cdot 1{,}18 \cdot 10}{106} = 1{,}66 \text{ моль/л}$$

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 HC1 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:

$$\alpha = \frac{\textit{число распавшихся молекул } (n)}{\textit{общее число растворенных молекул } (N)}$$

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 $К_{С1}$ всегда больше $К_{С2}$ и т.д.), например, при диссоциации H_2S: 1-я ступень $H_2S \leftrightarrow H^+ + HS^-$ $\quad К_{С1} = \frac{[H^+]\cdot[HS^-]}{[H_2S]} = 6\cdot10^{-8}$

2- я ступень $HS^- \leftrightarrow H^+ + S^{2-}$ $\quad К_{С2} = \frac{[H^+]\cdot[S^{2-}]}{[HS^-]} = 1\cdot10^{-14}$,

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 $\quad E^o_{Fe(OH)_2/Fe} = -0,46$ 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: $E^o_{Fe^{2+}/Fe} = -0{,}44$ В, $E^o_{Sn^{2+}/Fe} = -0{,}136$ В, $E^o_{2H^+/H_2} = 0$ 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
	$AuCl_4^- + 2e = AuCl_2^- + 2Cl^-$	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 РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Н. А. Зайцева

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебно-методическое пособие для выполнения практических работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия» для студентов всех специальностей

Екатеринбург
2017

317

Рецензент: Т. И. Красненко, д-р химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории оксидных систем ИХТТ УрО РАН

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры химии 25 февраля 2016 г. (протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ

Зайцева Н. А.
317 КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ: учебно-методическое пособие для выполнения прктических работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия» для студентов всех специальностей / Н. А. Зайцева. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 35 с.

В учебно-методическом пособии изложены краткие сведения о качественных реакциях в неорганической химии. Пособие содержит необходимые сведения для выполнения практических работ по качественному анализу катионов и решения задач.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей.

© Зайцева Н. А., 2017

© Уральский государственный горный университет, 2017

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

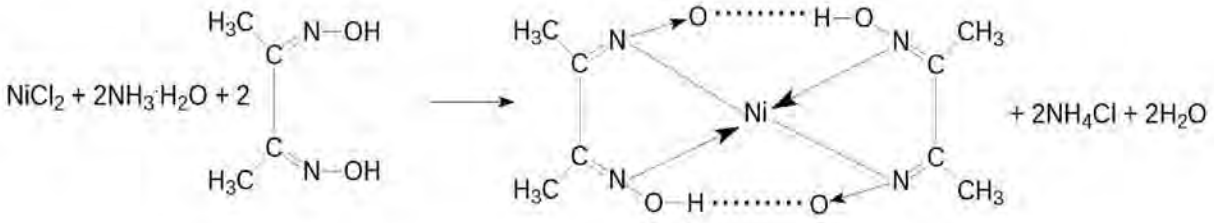
В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

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 Al^{3+}, Cr^{3+}, Zn^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **Al^{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 Al^{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 Al^{3+}, Cr^{3+}, Zn^{2+}

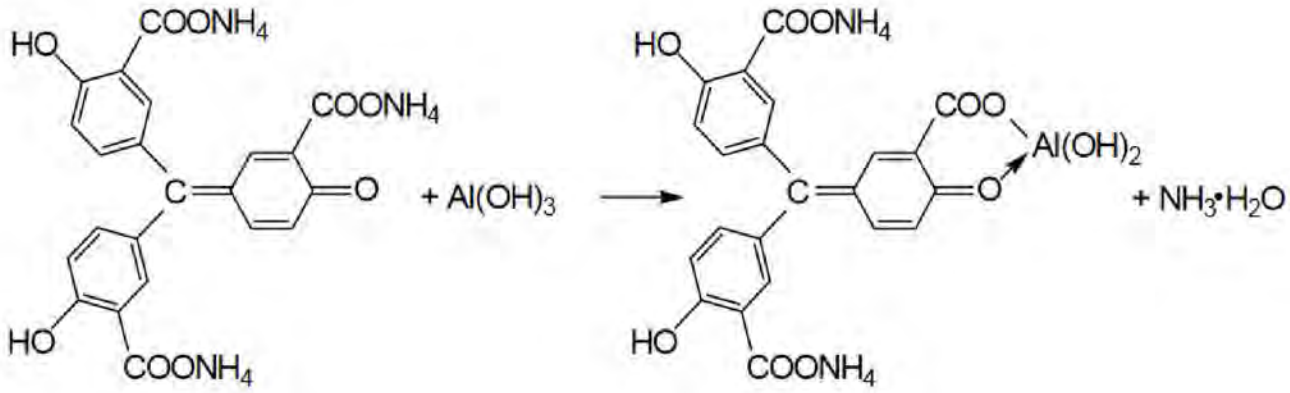
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

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.

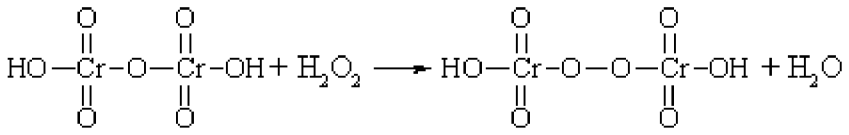
Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)

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»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ХИМИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: И. А. Низова, Н. А. Зайцева

Екатеринбург

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:

$$2\ Al + Fe_2O_3 \xrightarrow{t^\circ} Al_2O_3 + 2\ Fe,$$

$$C + 4\ HNO_{3(конц)} = CO_2\uparrow + 4\ NO_2\uparrow + 2\ H_2O.$$

2) К внутримолекулярным реакциям относятся такие реакции, в которых окислитель и восстановитель входят в состав одной и той же молекулы, например:

$$2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2 + O_2\uparrow$$

$$2\ KNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2\ KNO_2 + O_2\uparrow.$$

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?

$$2\ KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + 2O_2\uparrow$$

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.

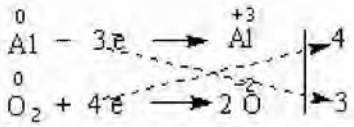
Метод электронного баланса универсален, он позволяет определить коэффициенты реакциях, протекающих как в растворах, так и без растворителя, в веществах в любых агрегатных состояниях. Он удобен для написания реакций термического разложения, взаимодействия двух простых веществ

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:

$$\overset{+2}{Hg}\ \ \overset{+5}{(N}\ \overset{-2}{O_3)_2} = \overset{0}{Hg} + \overset{+4}{N}\overset{-2}{O_2} + \overset{0}{O_2}$$

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:

$KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + K_2SO_4 + H_2SO_4$

$3 \quad Mn - 2\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4H^+$

$2 \quad MnO_4 + 3\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4OH^-$

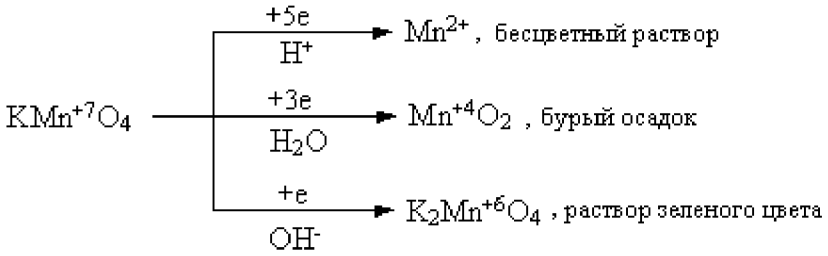
Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$

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:

$$H_2S + H_2O_2 = S\downarrow + 2\ H_2O,$$

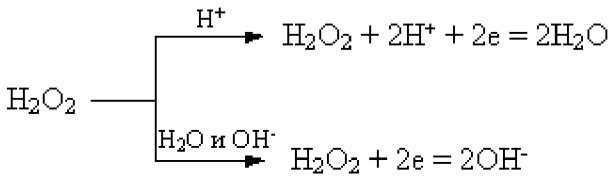
$$2\ KI + 2\ KNO_2 + 2\ H_2SO_4 = I_2\downarrow + 2\ K_2SO_4 + H_2O,$$

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) $Fe + H_2SO_{4(конц.)} \xrightarrow{t^\circ} Fe_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + H_2O$

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.

$Zn^{2+} + H_{2(г)} \rightarrow Zn + 2\ H^+_{(р)}$ $\varphi°_{Ок} - \varphi°_{Вс} = -0,763 - (0) = -0,763$ В.

Направление ОВР определяет окислитель, у которого значение электродного потенциала больше. На практике самопроизвольно осуществляется обратный процесс: $Zn + 2\ H^+_{(р)} \rightarrow Zn^{2+} + H_{2(г)}$ $\varphi°_{Ок} - \varphi°_{Вс} = 0-(-0,763) = +0,763$ В

Для положительных значений φ°, например пары Cu^{2+} / Cu

$Cu^{2+} + 2\ e^- = Cu$; φ° = + 0,338 В

реакция

$Cu^{2+} + H_{2(г)} = Cu + 2\ H^+_{(р)}$ $\varphi°_{Ок} - \varphi°_{Вс} = +0,338 - (0) = +0,338$ 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 :

$Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$, $\varphi_1^\circ = 1{,}36$ В;

$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$, $\varphi_2^\circ = 0{,}77$ В .

Поскольку $\varphi_1^\circ > \varphi_2^\circ$, 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 $\varphi_2^\circ > \varphi_1^\circ$, 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° при любых концентрациях реагирующих веществ. В тех случаях, когда сравниваемые

значения φ° 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:

$Hg_2^{2+} + 2e^{-} = 2Hg$, $\varphi_1^{\circ} = 0{,}79$ В;

$Ag^{+} + e^{-} = Ag$, $\varphi_2^{\circ} = 0{,}80$ В.

По уравнению Нернста вычислим значения электродных потенциалов при указанных в условиях задачи концентрациях.

а) $\varphi_1 = \varphi_1^\circ + 0{,}059/2 \cdot \lg [Hg_2^{2+}] = 0{,}79 + 0{,}030 \lg 10^{-1} = 0{,}79 - 0{,}03 = 0{,}76$ В;

$\varphi_2 = \varphi_2^\circ + 0{,}059 \cdot \lg [Ag^+] = 0{,}80 + 0{,}059 \lg 10^{-4} = 0{,}80 - 0{,}24 = 0{,}56$ 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.

Учебное издание

Наталья Анатольевна Зайцева, Ирина Альбертовна Низова

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»

ЧАСТЬ II

Окислительно-восстановительные реакции

Учебное пособие

Редактор изд-ва

Компьютерная верстка Н.*А.Зайцевой*

Подписано в печать .Бумага писчая. Формат 60×84 1/16.
Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. Уч.-изд. л. 1,0 .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»

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

21.05.04 Горное дело

Специализация №3

Открытые горные работы

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Макаров А.Б., профессор, д.г.-м.н., Малюгин А.А., доцент, к.г.-м.н

Екатеринбург

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

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «БЛОК-ДИАГРАММА»

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Специальность – ***21.05.04 Горное дело***

Специализация № 3 – ***Открытые горные работы***

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Авторы: Бабич В.Н., Шангина Е.И.

Екатеринбург

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 AB, BC, 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. 1.

2. Горизонтальная мощность $\mathbf{H_r}$ 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.

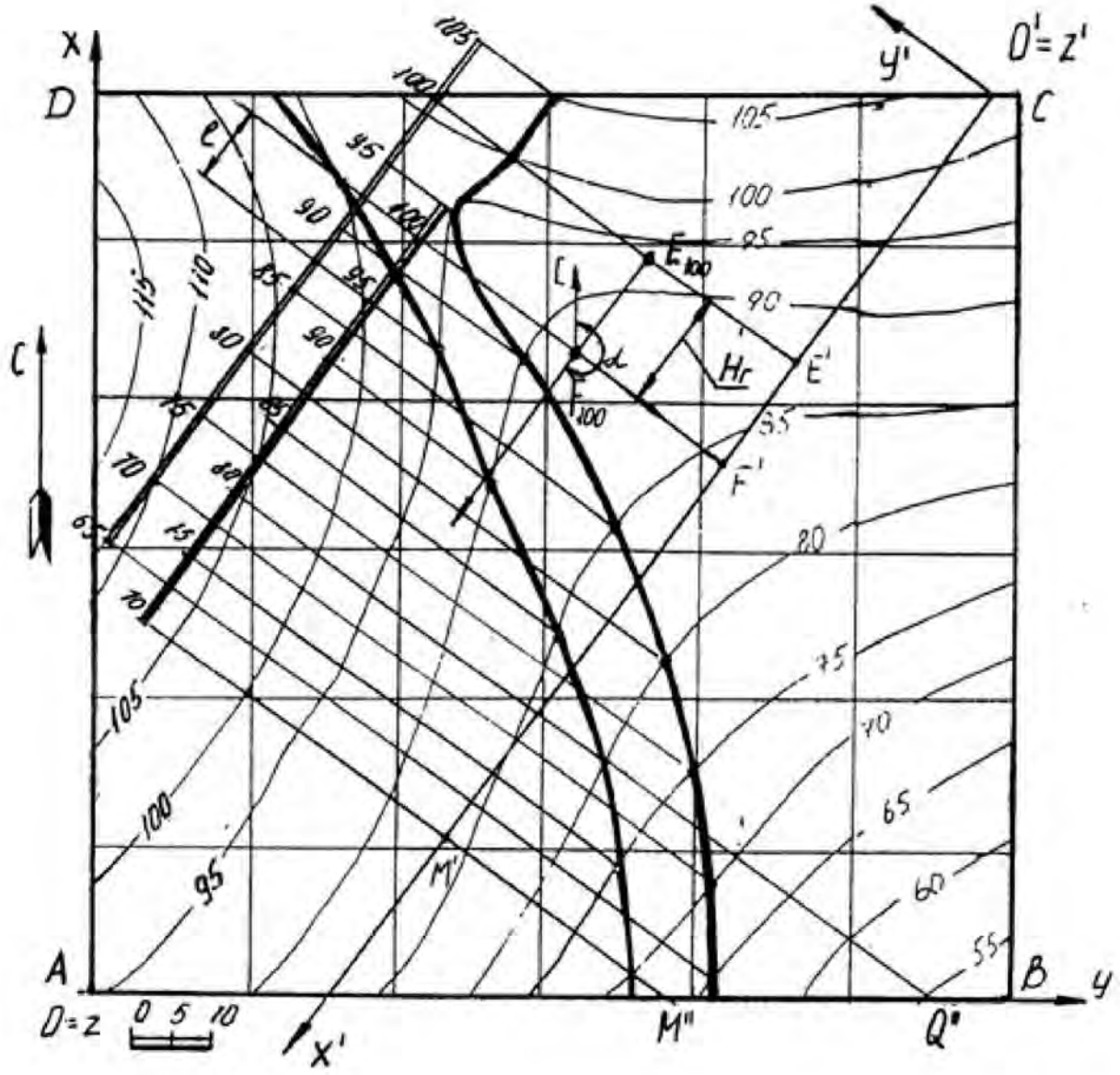


Рис 1

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).

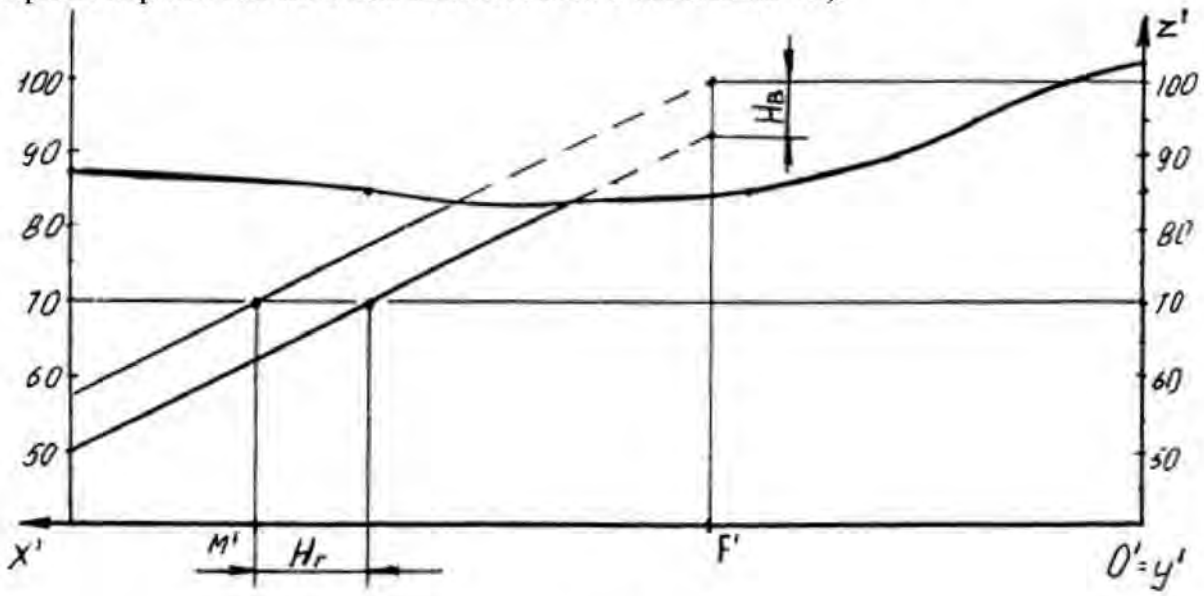


Рис. 2

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.

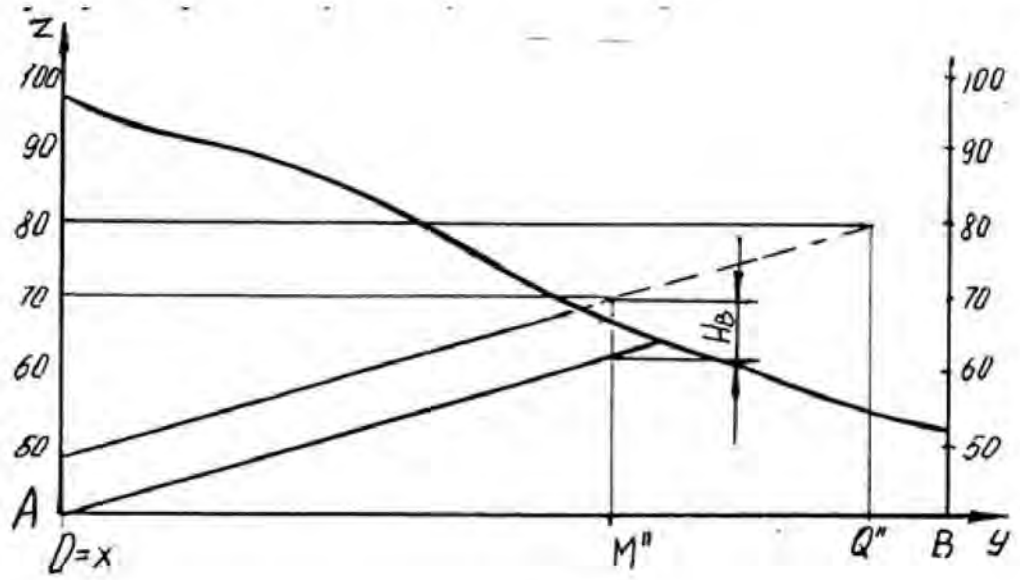


Рис. 3

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.

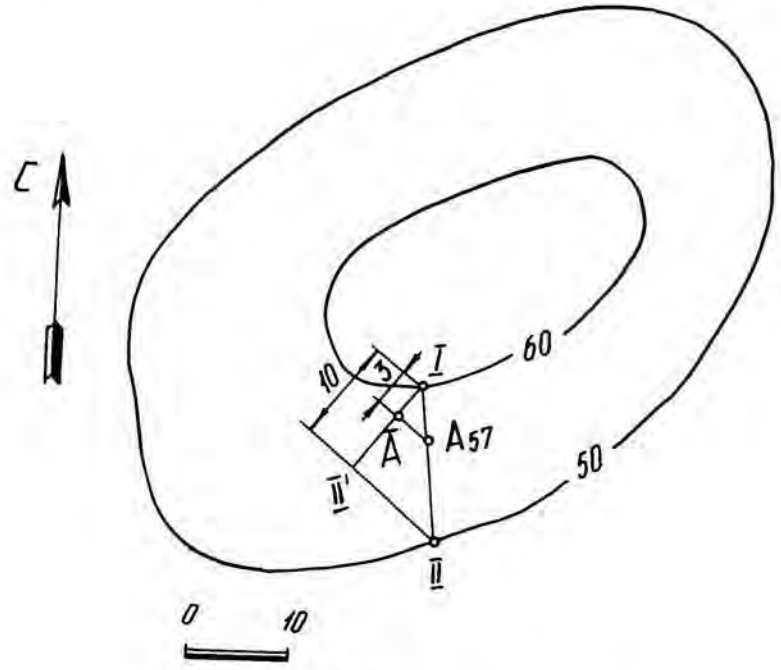
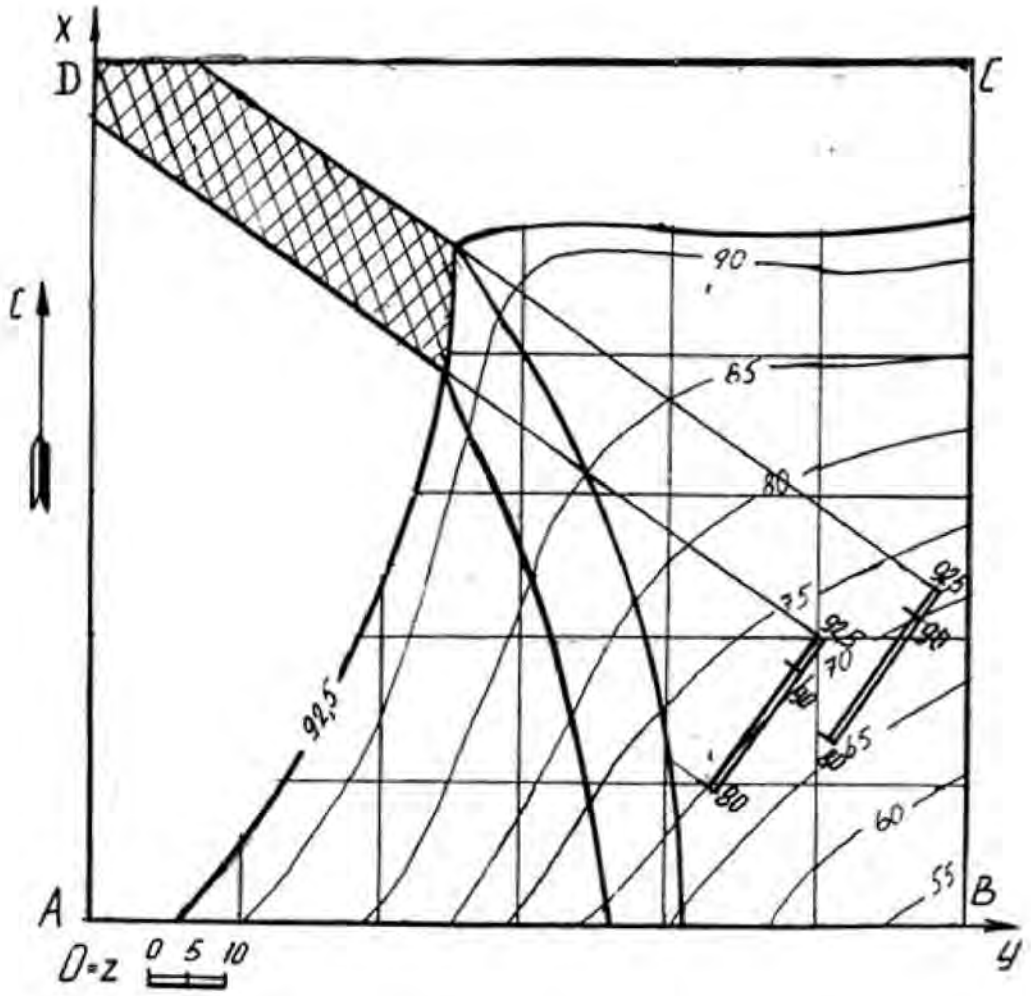


Рис. 4

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.

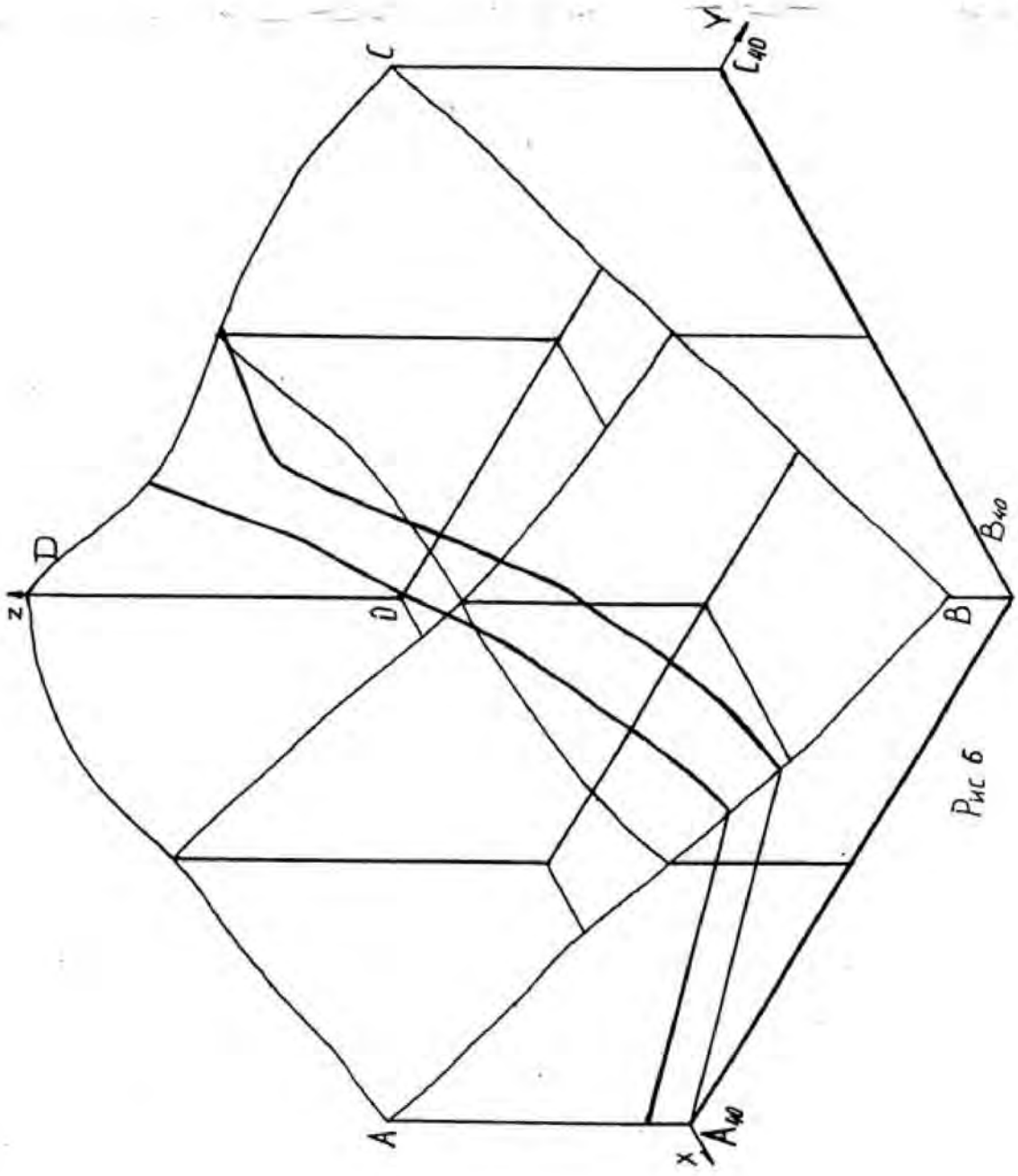


Рис 6

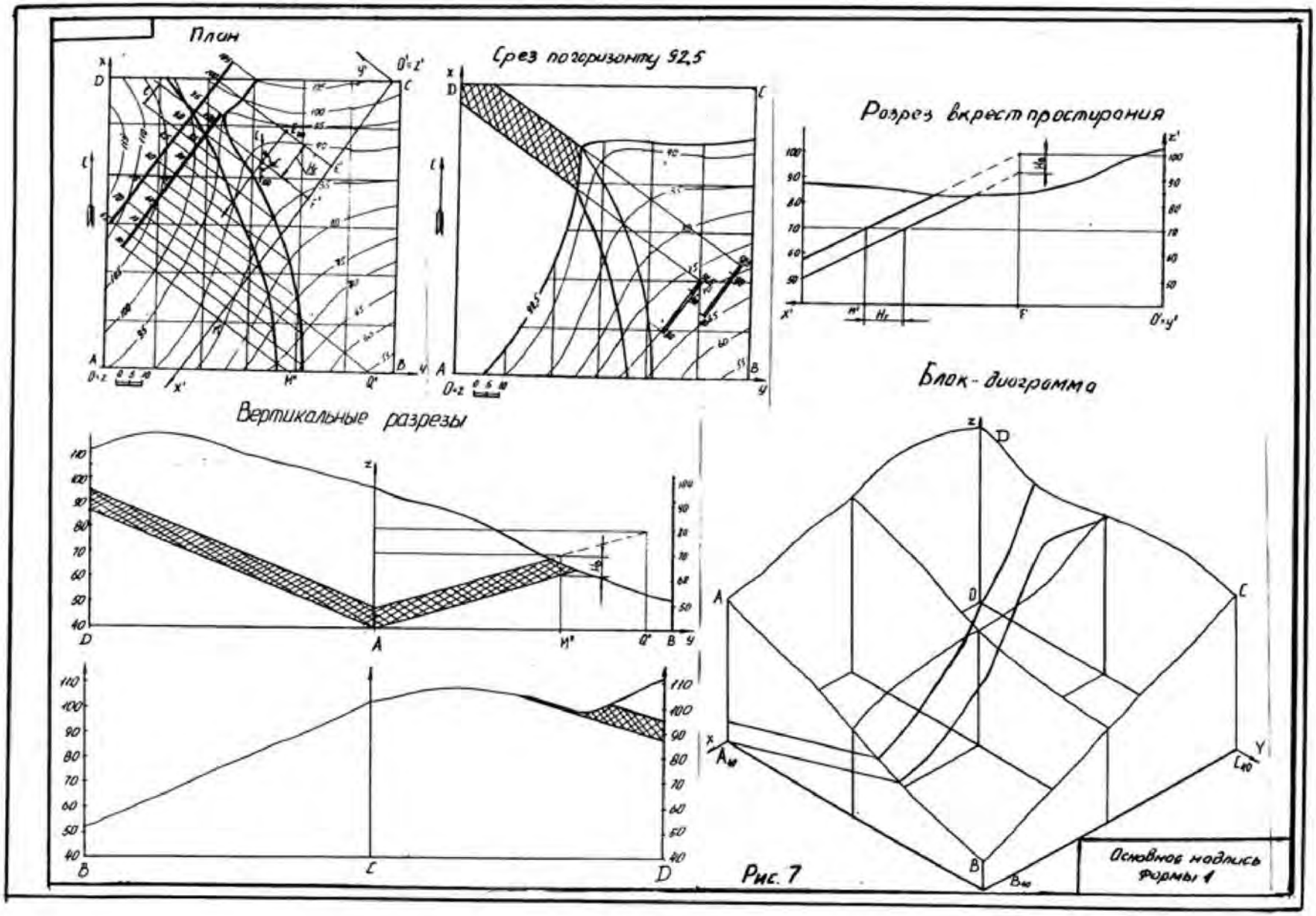

План
Срез по горизонту 92,5
Разрез вкрест простирания
Блок-диаграмма
Вертикальные разрезы
Основной надпись формы 1

Рис. 7

Таблица 1

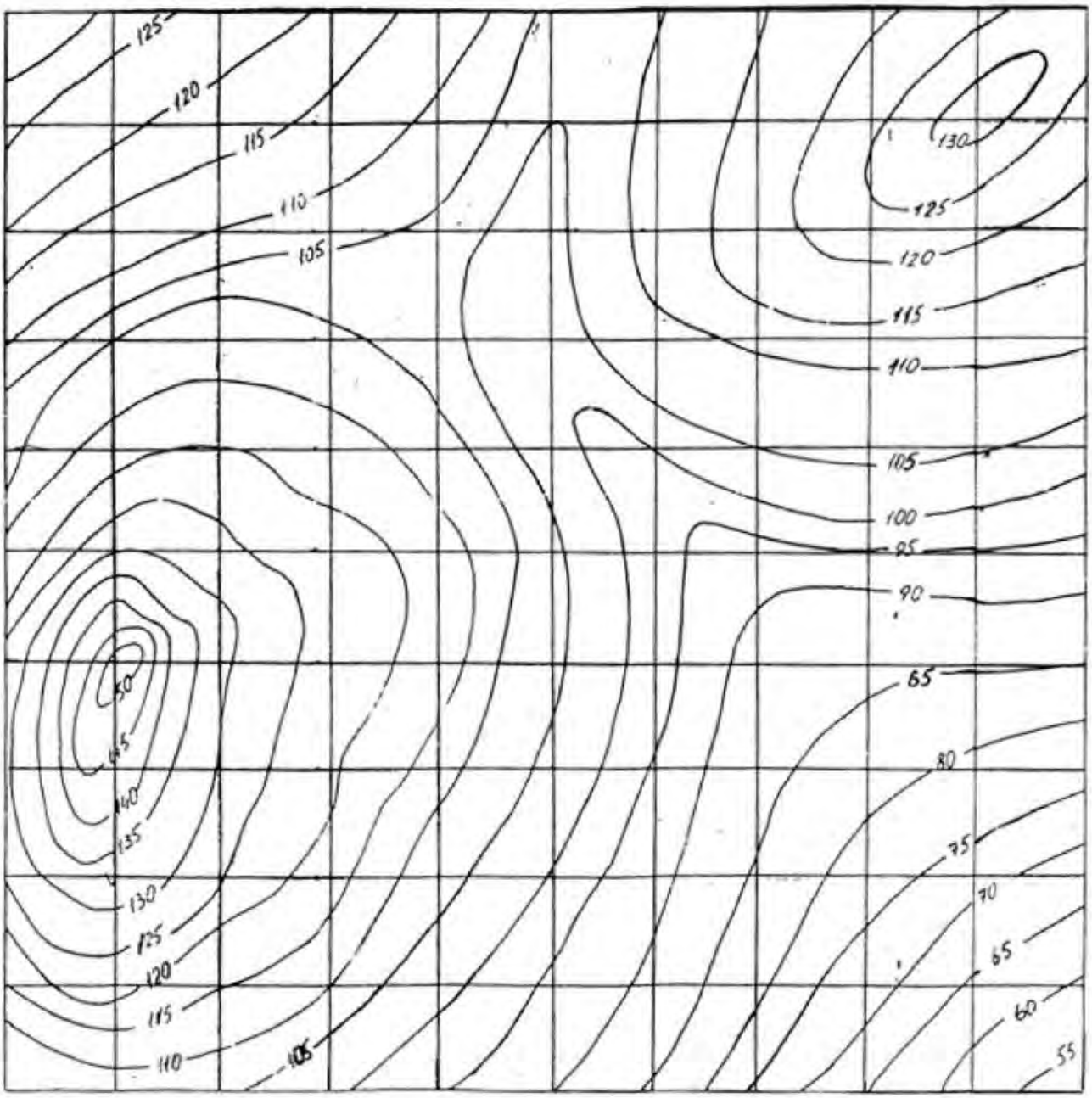
Номер варианта	Точка **F**			Азимут падения $\alpha°$	Интервал плоскости кровли **l**, мм	Горизонтальная мощность $\mathbf{H_r}$, мм	Вид аксонометрии
	x	**y**	**z**				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	46	10	120	210	20	180	1
2	20	85	110	170	20	75	2
3	67	40	100	210	20	30	3
4	78	25	120	190	20	50	4
5	98	110	105	80	20	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.

Бабич Владимир Николаевич
Шангина Елена Игоревна

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной графической
работы «Блок-диаграмма» 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. 0,9 Уч. - изд. 0,83. Тираж 100 экз. Заказ №128

Лаборатория педагогики
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

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

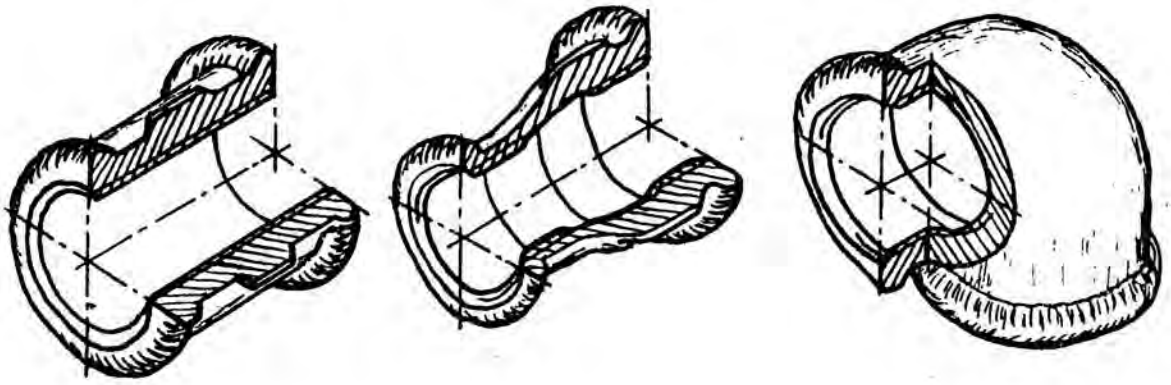
4.2. Соединение труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами 19

4.3. Перекрытие труб колпаком 23

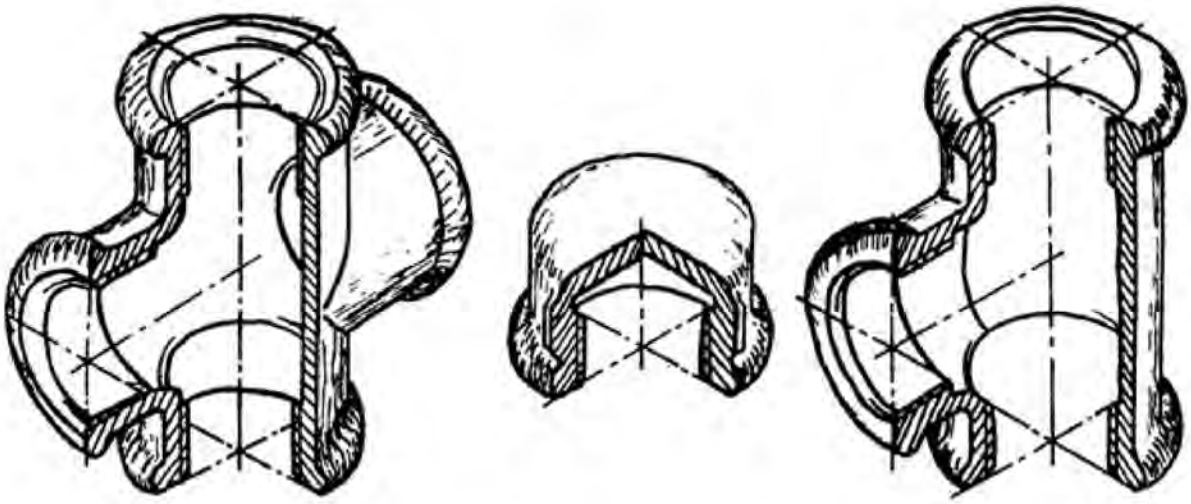
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 26

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.

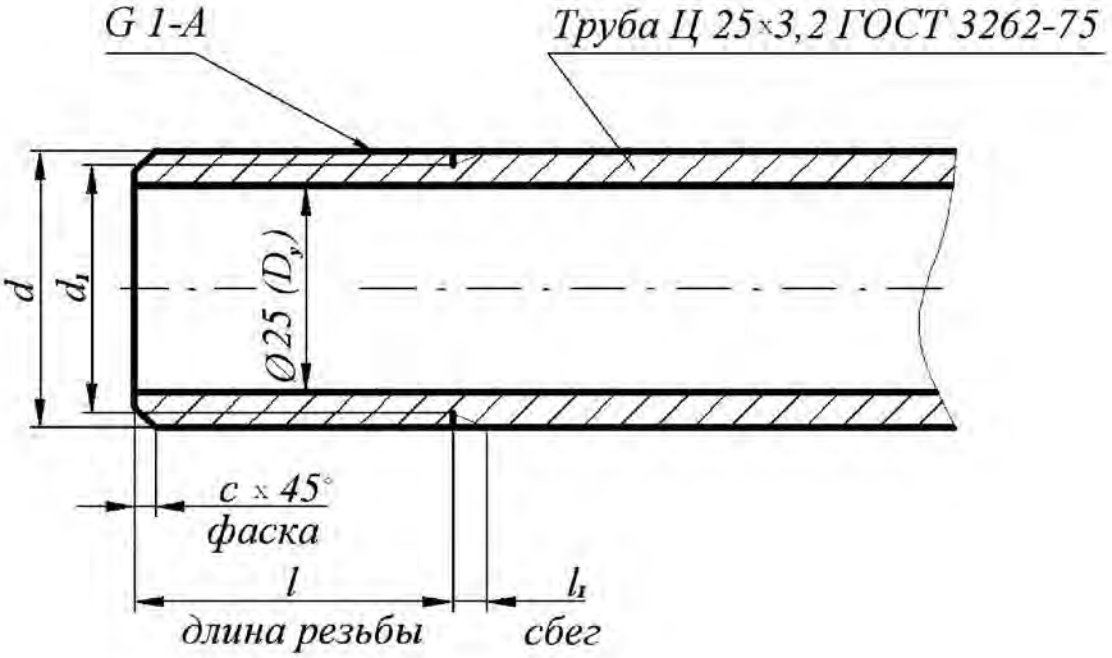


Рис. 2. Изображение трубы

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.

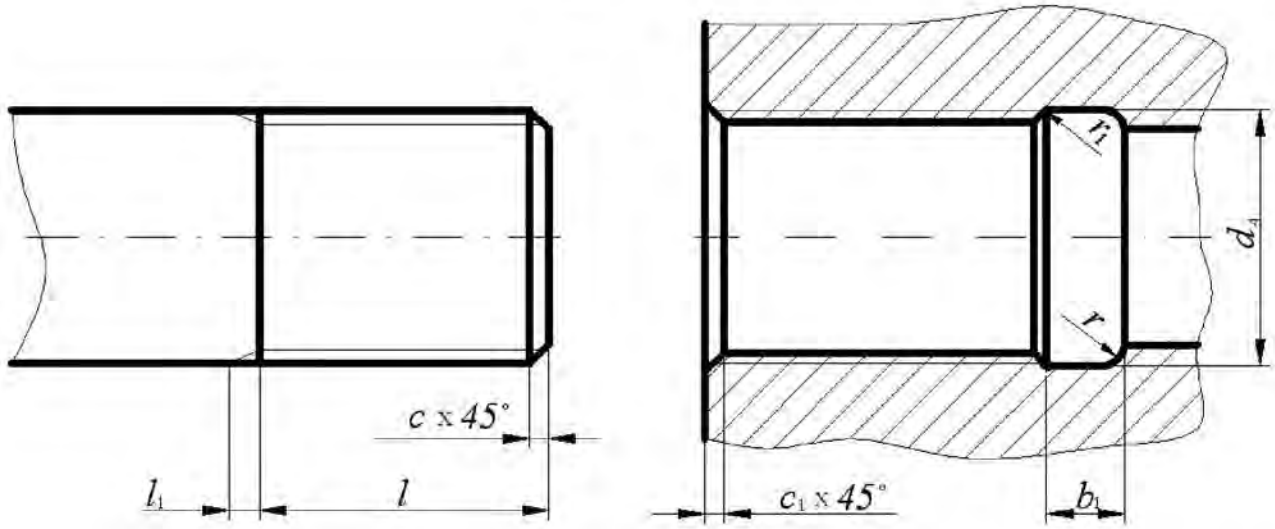
Таблица 1

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
1/4	2,4	-	-	1,6	5	1,6		13,5	
3/8		-	-					17,0	
1/2	3,2	14	9,0	2,0	8	2,0	1,0	21,5	1,6
3/4		16	10,5					27,0	
1	4,1	18	11,0	2,5	10	3,0		34,0	
1 1/4		20	13,0					43,0	
1 1/2		22	15,0					48,5	
2		24	17,0					60,5	
2 1/2		27	19,5					76,0	
3		30	22,0					89,0	
3 1/2		33	26,0					101,0	
4		36	30,0					114,0	

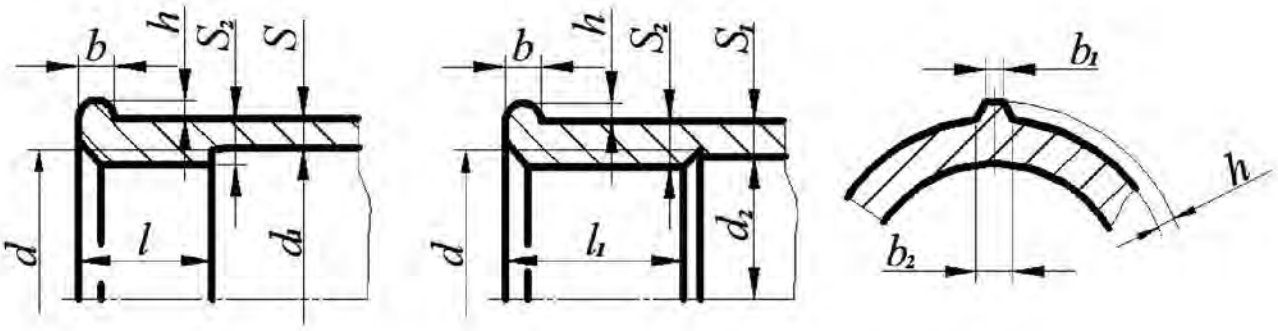
2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

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



Обозначение	Резьба d	l не менее	l_1 не менее	d_1	d_2	S	S_1	S_2	S_3	b	b_1	b_2	h
$G1/4$	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.

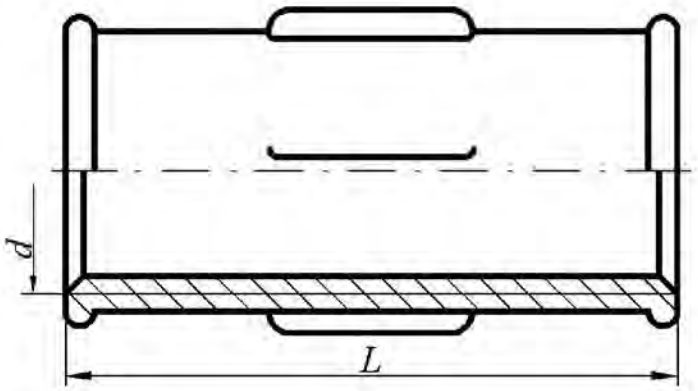
Штангенциркулем измеряется внутренний диаметр резьбы и по табл. 1 определяется диаметр условного прохода соединяемых труб и обозначение резьбы: $D_1 \approx 45$ мм. $D_{1\text{табл.}} = 4{,}845$ мм $\rightarrow D_y = 40$ мм – G 1½.

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*⅜-*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:

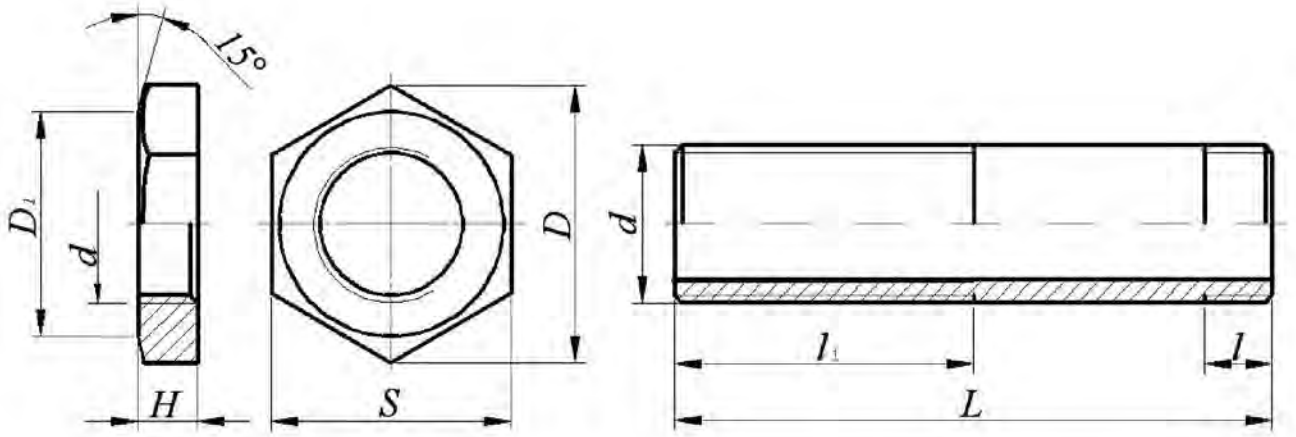
1. Прямая короткая муфта с D_y =40 мм:
   Муфта короткая 40 ГОСТ 8954 - 75.
2. Прямая длинная муфта с D_y =40 мм и цинковым покрытием исполнения 1: Муфта длинная 1-Ц-40 ГОСТ 8955 – 75.

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:

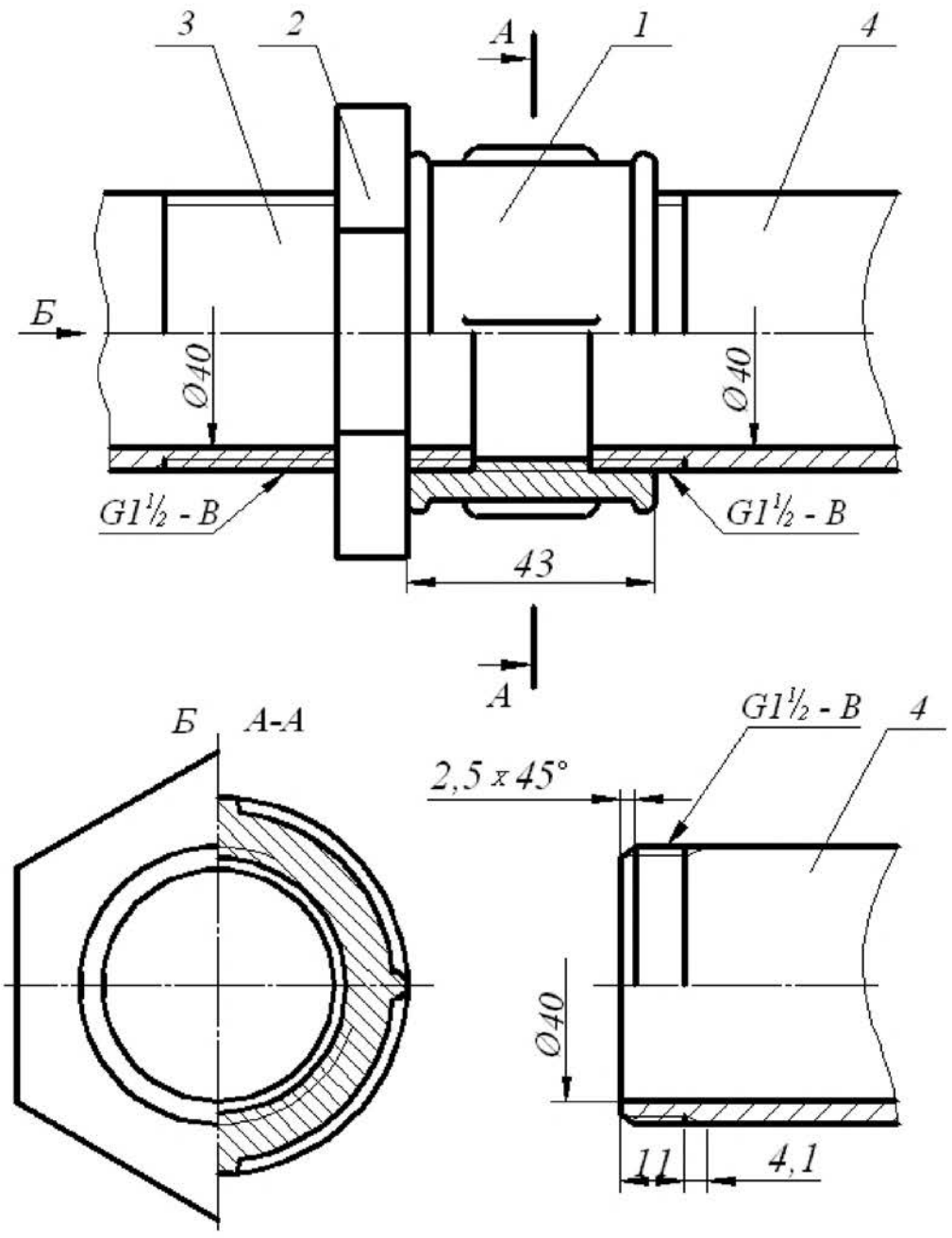
1. Контргайка без покрытия с D_y=40 мм:

   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

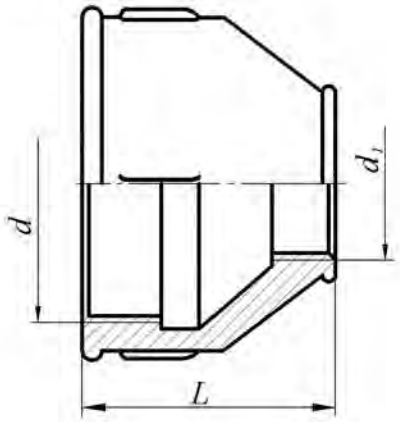
Рис. 3. Соединение труб муфтой

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

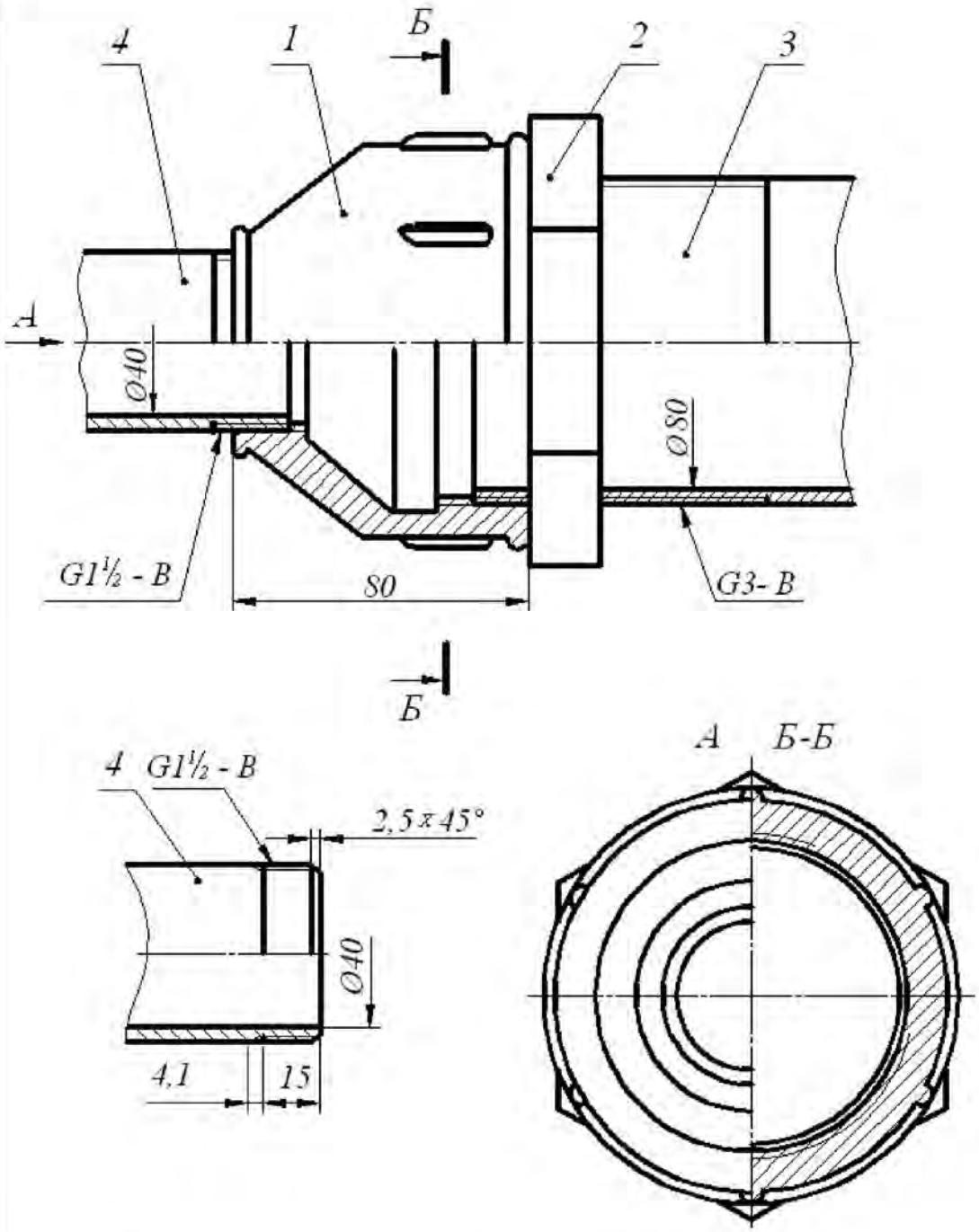
Примеры условных обозначений:

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

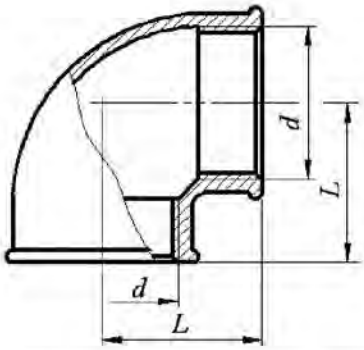
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 4. Соединение труб переходной муфтой

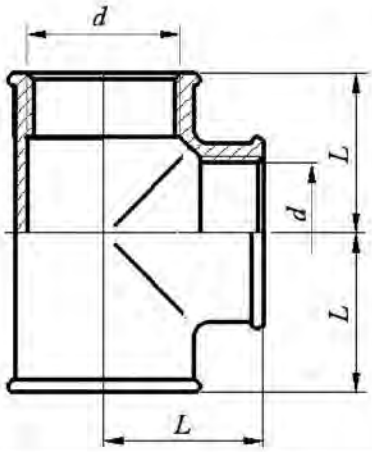
4.2. Соединения труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами

Прямые тройники, кресты и угольники в системах отопления, водо- и газопроводах служат для изменения направления потока жидкости или газа.

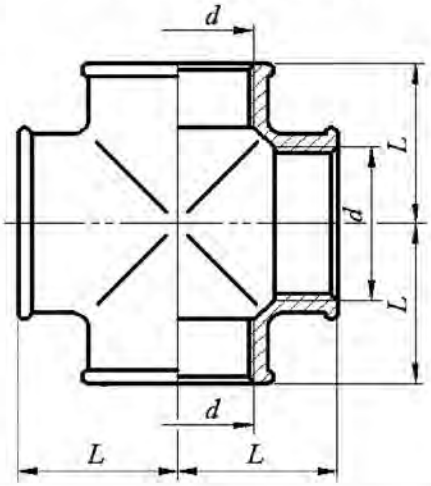
Проходные угольники (ГОСТ 8947-75)



Прямые тройники (ГОСТ 8948-75)



Прямые кресты (ГОСТ 8951-75)

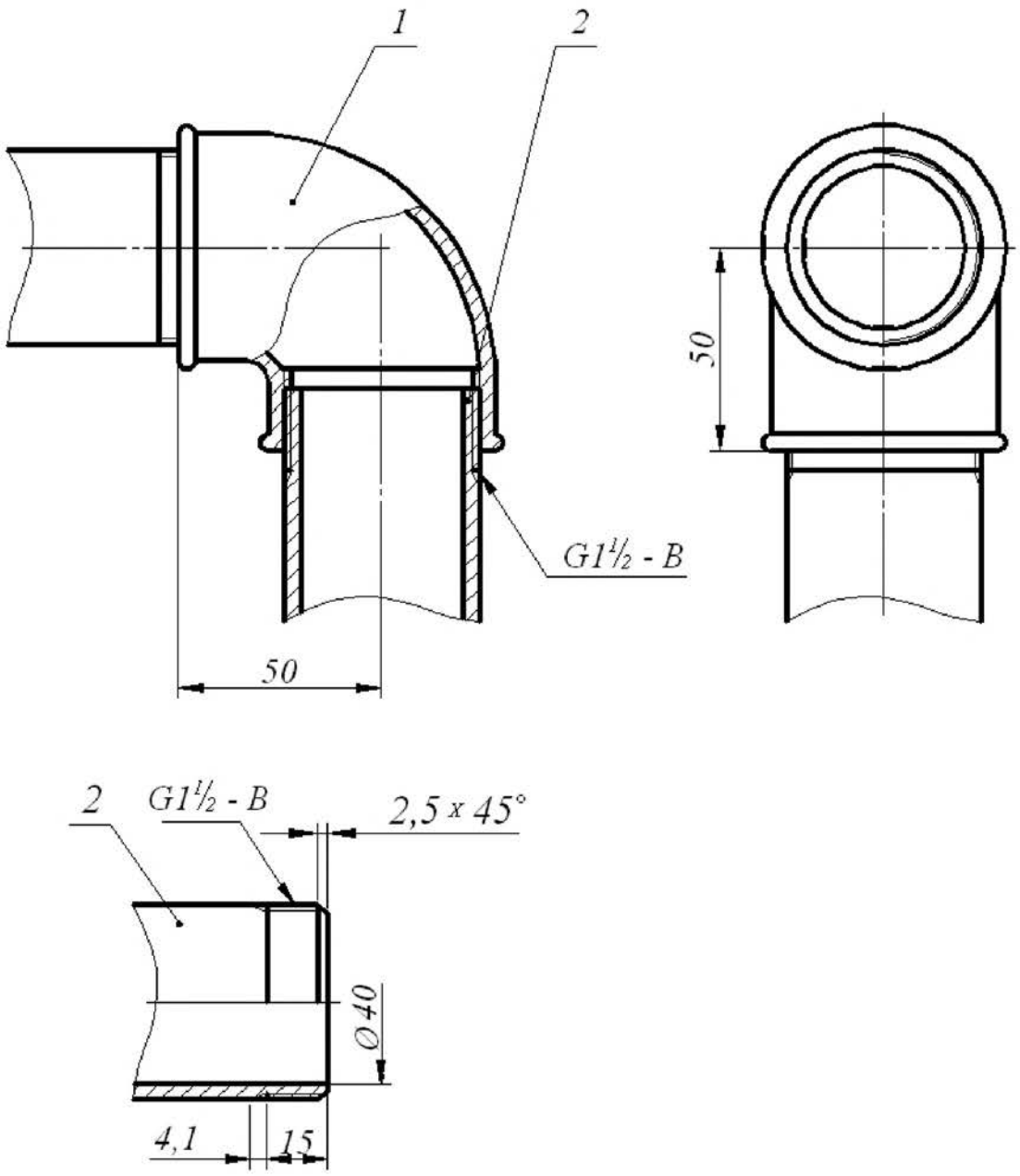


Условный проход $D_y \times D_{1y}$	Резьба	L, мм
8	$G¼\text{-}B$	21
10	$G^3/_8\text{-}B$	25
15	$G½\text{-}B$	28
20	$G¾\text{-}B$	33
25	$G1\text{-}B$	38
32	$G1¼\text{-}B$	45
40	$G1½\text{-}B$	50
50	$G2\text{-}B$	58
65	$G2½\text{-}B$	69
80	$G3\text{-}B$	78
100	$G4\text{-}B$	96

Примеры условных обозначений:

1. Проходной угольник с углом 90° исполнения 1 с цинковым покрытием с D_y=20 мм:

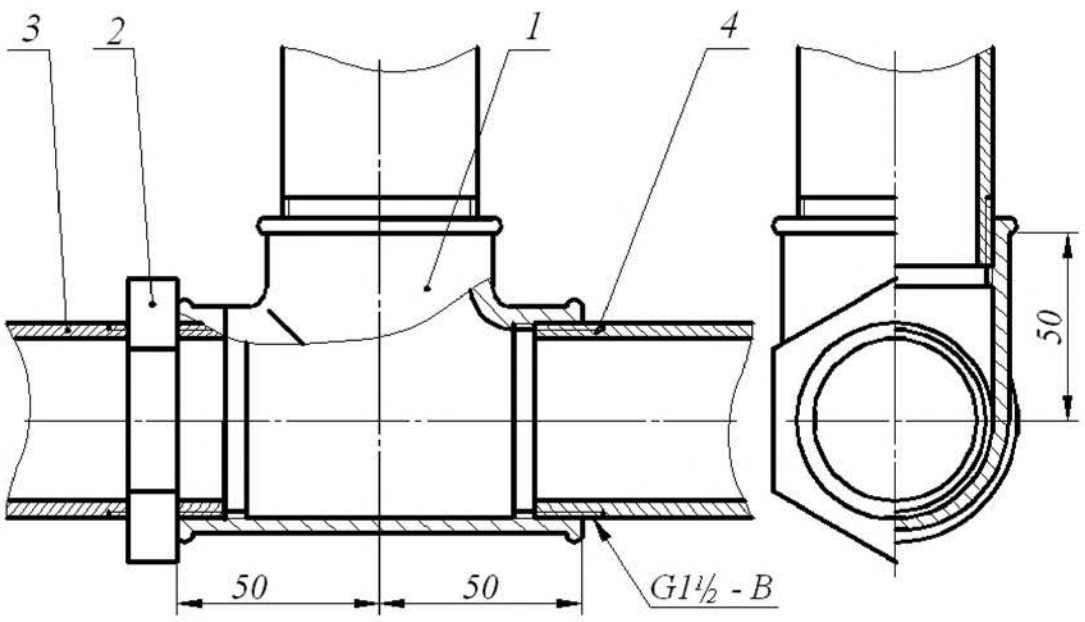
   Угольник 90°-1-Ц-200 ГОСТ 8946-75;
2. Тройник 40 ГОСТ 8948-75;
3. Крест Ц-32 ГОСТ 8951-75.

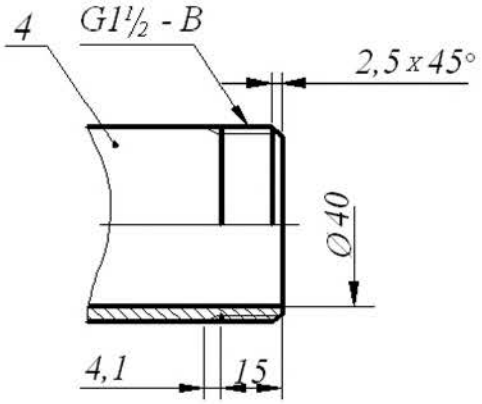


Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 5. Соединение труб проходным угольником

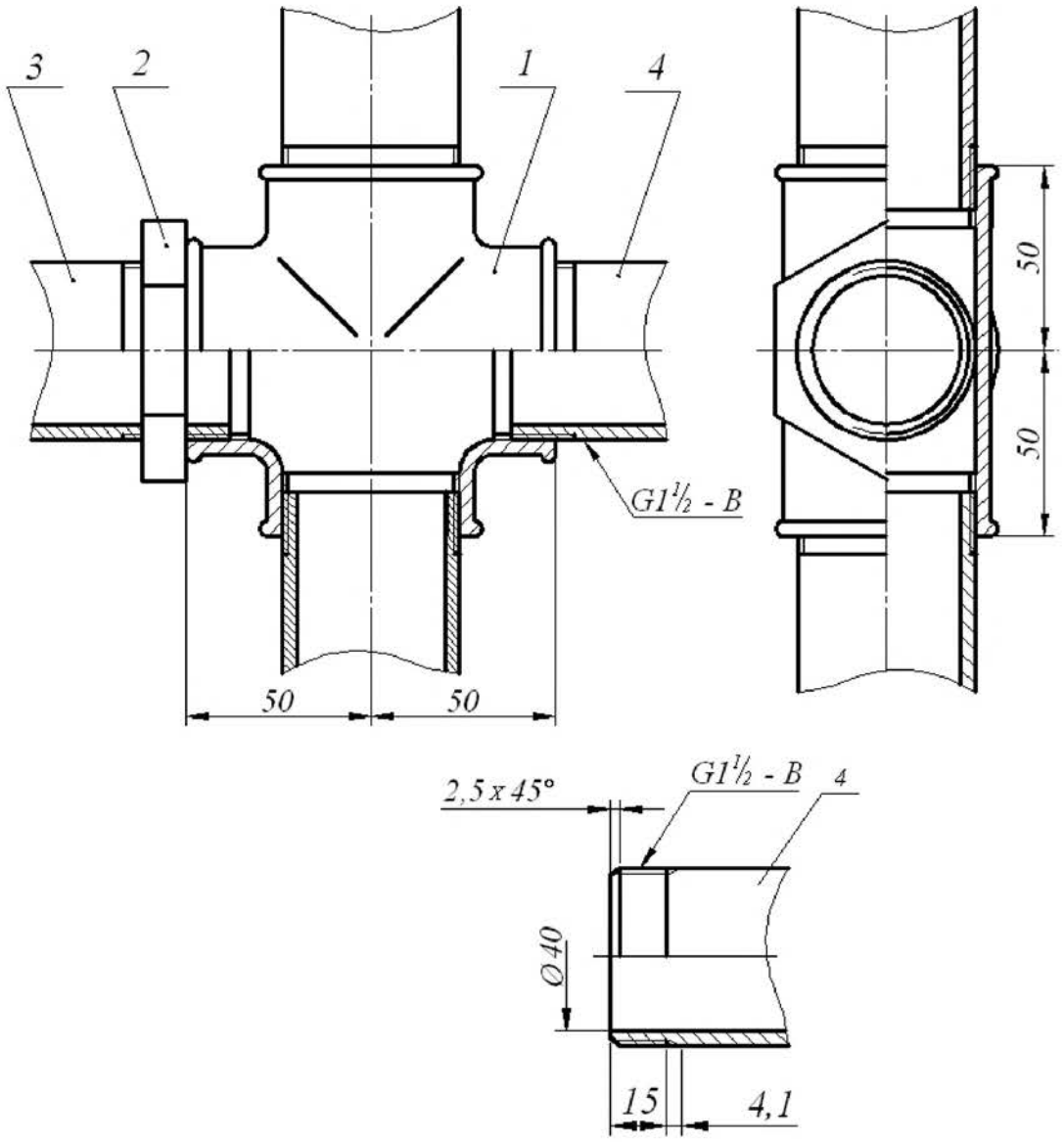




Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 6. Соединение труб прямым тройником



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

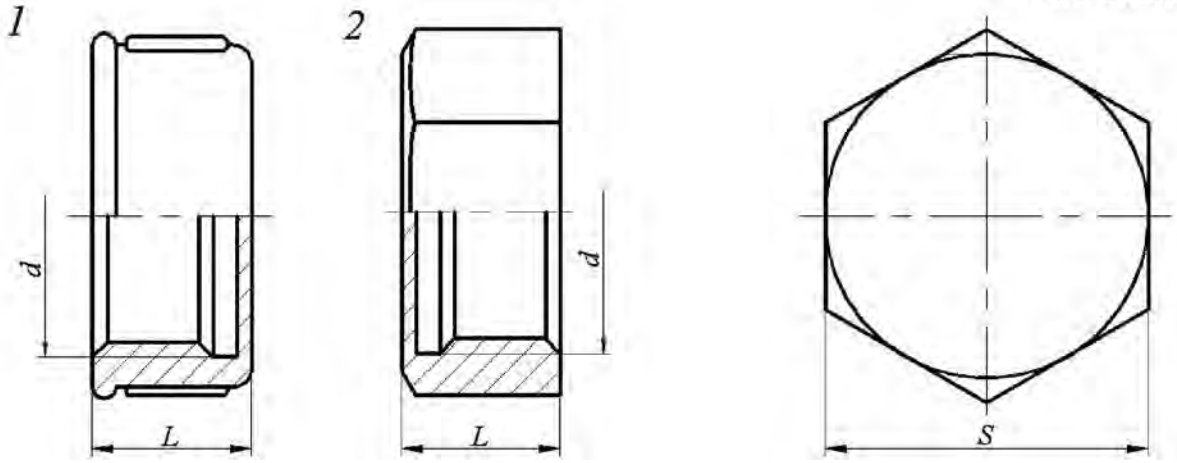
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

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

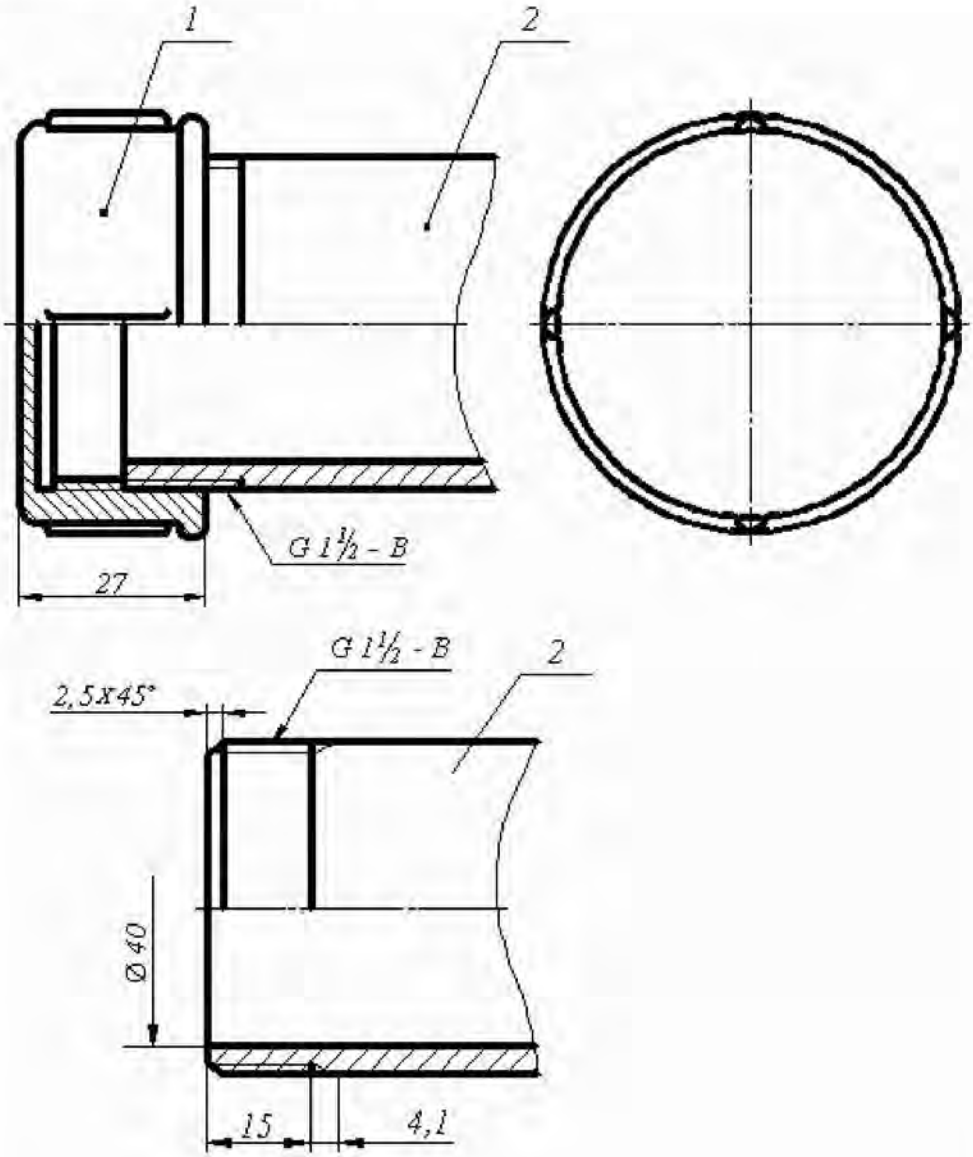
Примеры условных обозначений:

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

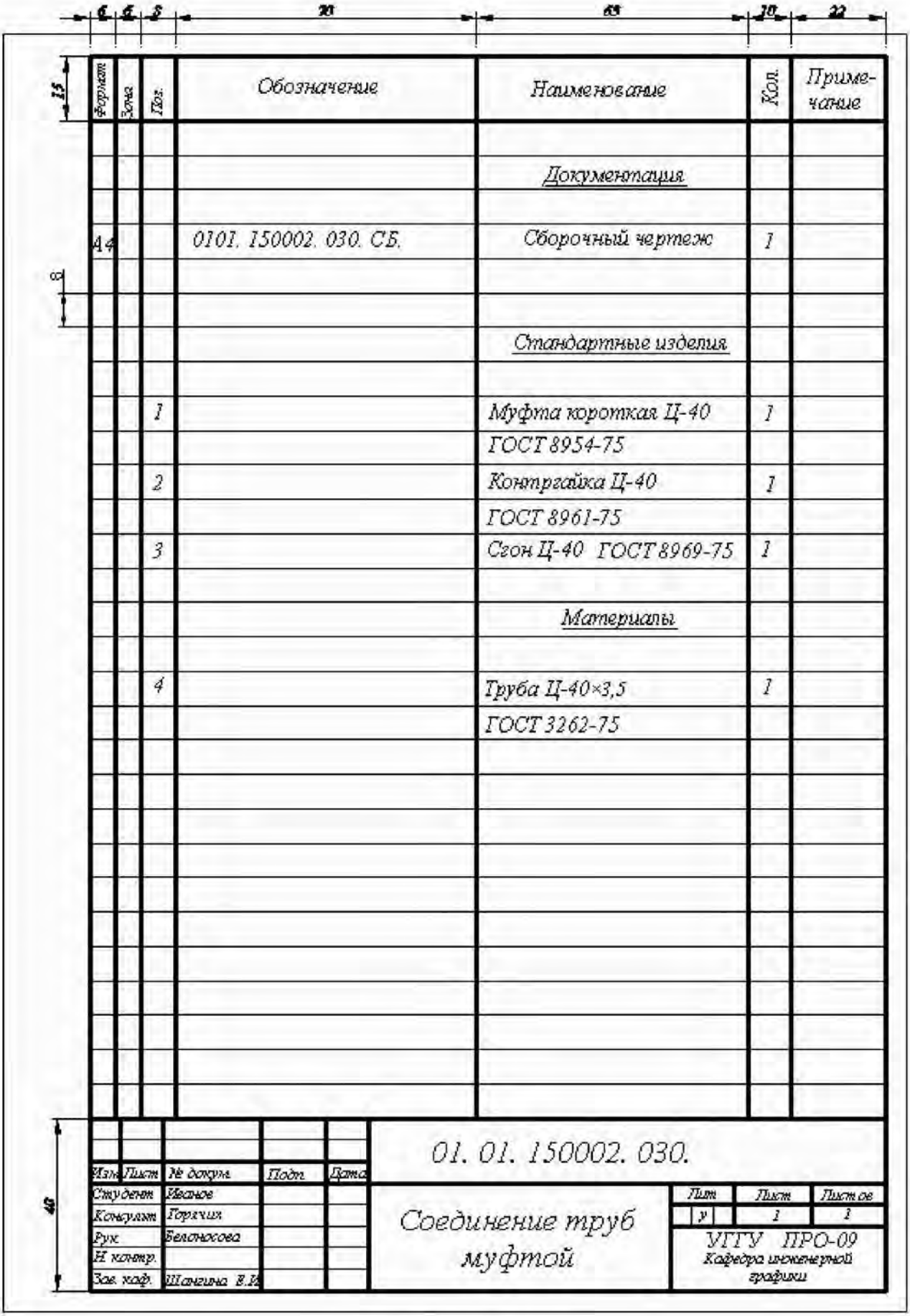


Рис. 9. Спецификация

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

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

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)***.

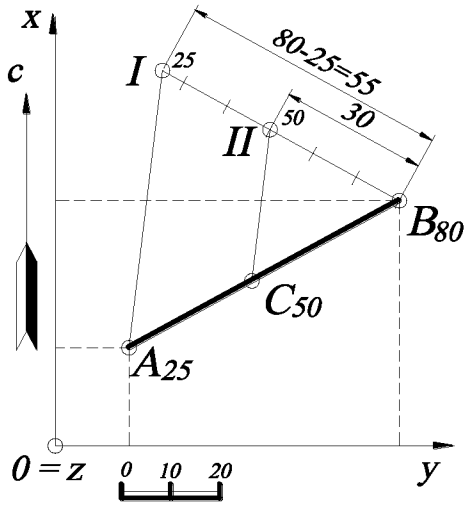


Рис. 1.

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)***.

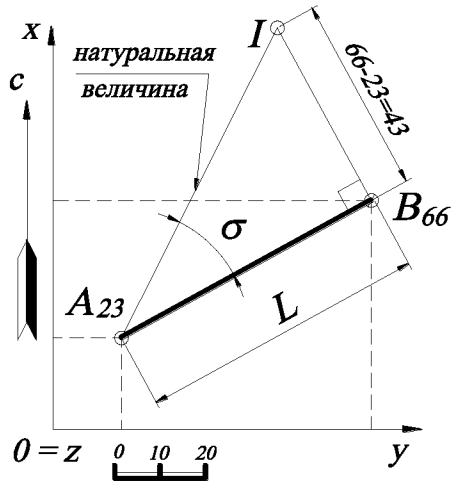


Рис. 2.

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}.

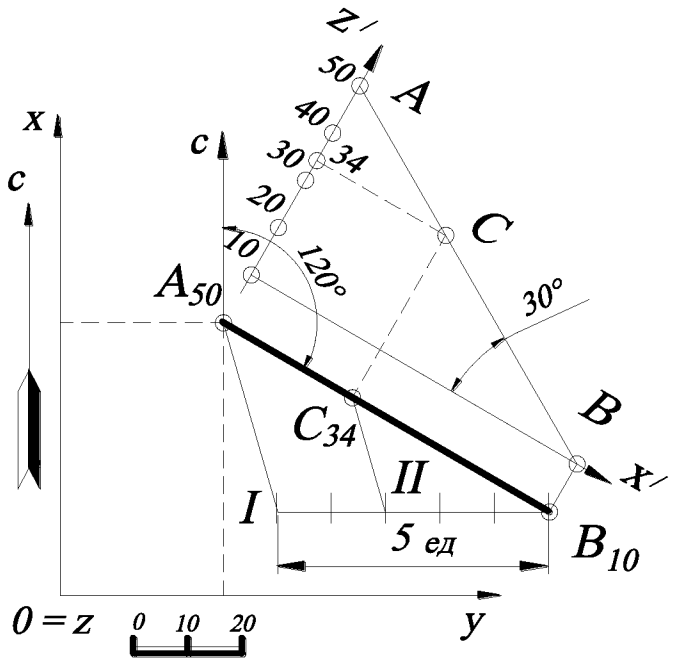


Рис. 3.

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)***.

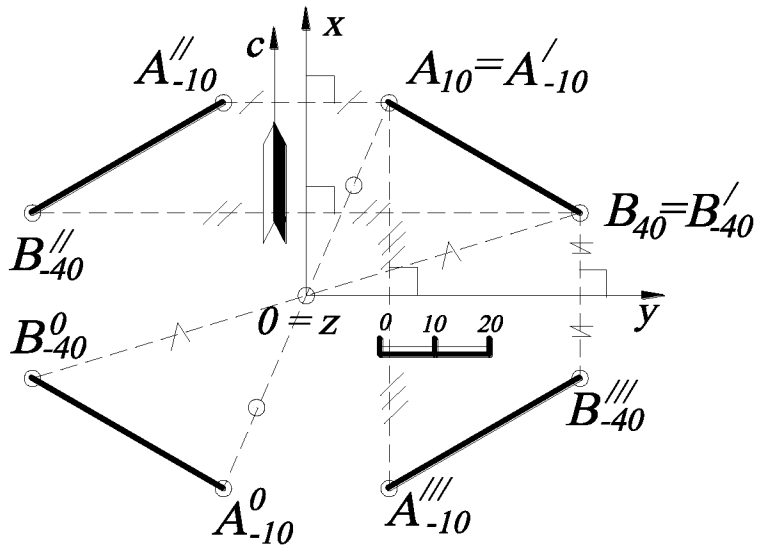


Рис. 4.

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.

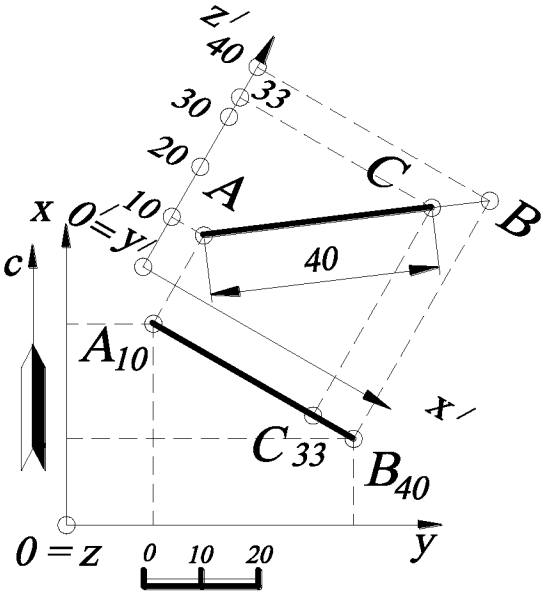


Рис. 5.

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)***.

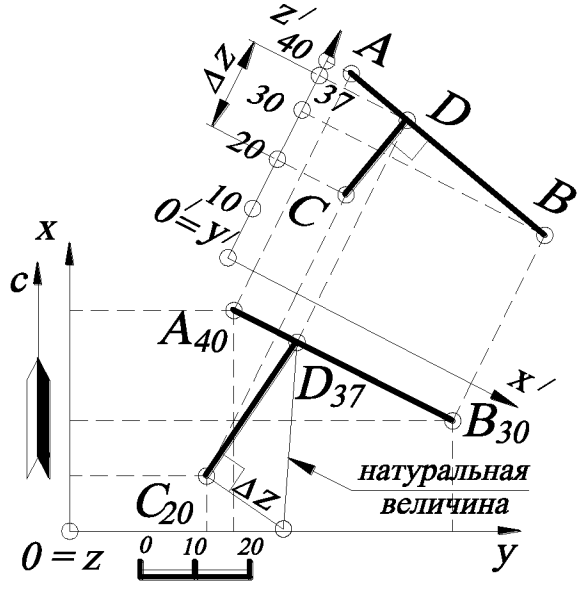


Рис. 6.

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: $A(40,25,50)$, $B(10,70,10)$, $C(60,45,20)$.

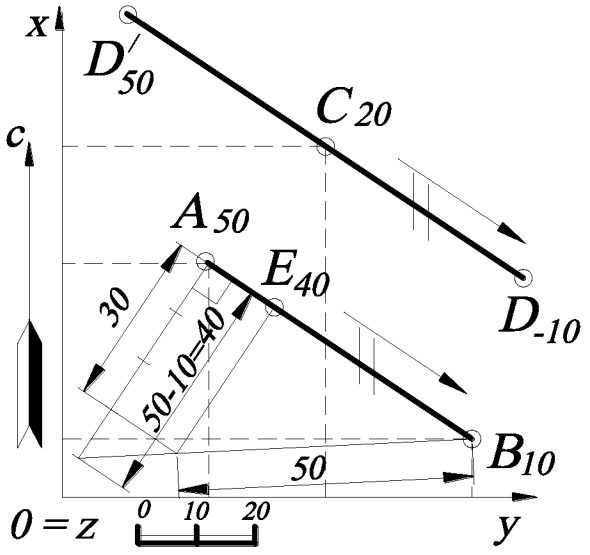


Рис. 7.

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.

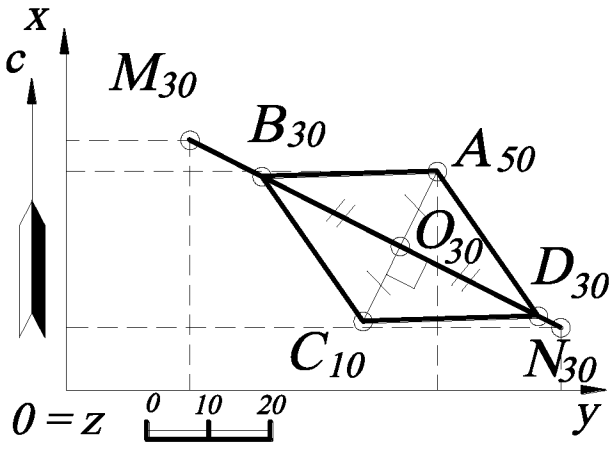


Рис. 8.

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,?)***.

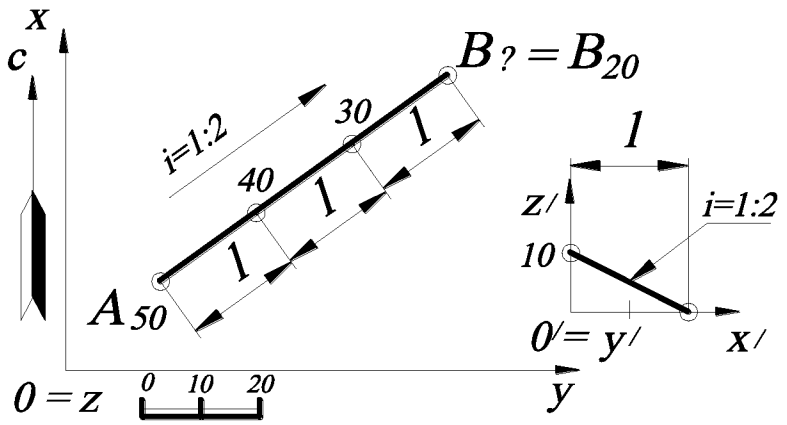


Рис. 9.

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.

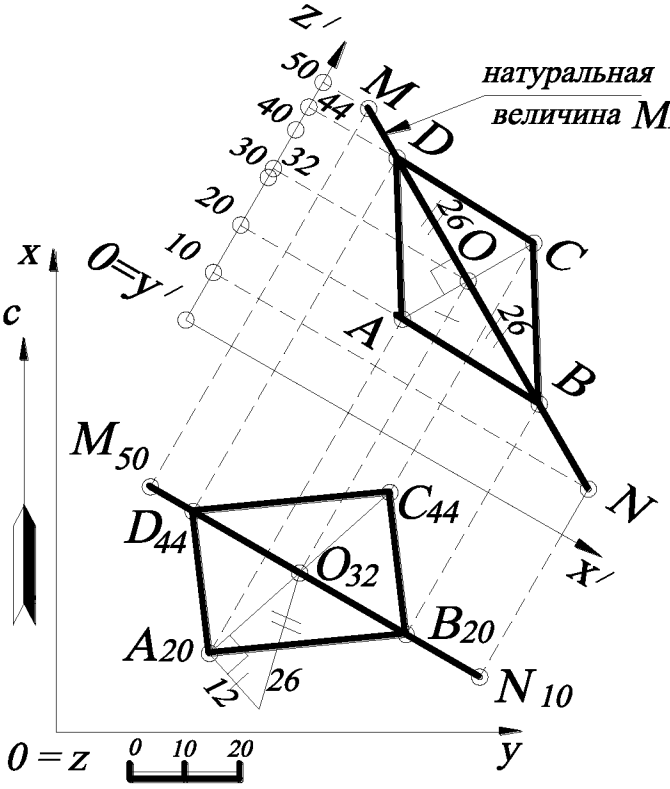


Рис. 10.

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).

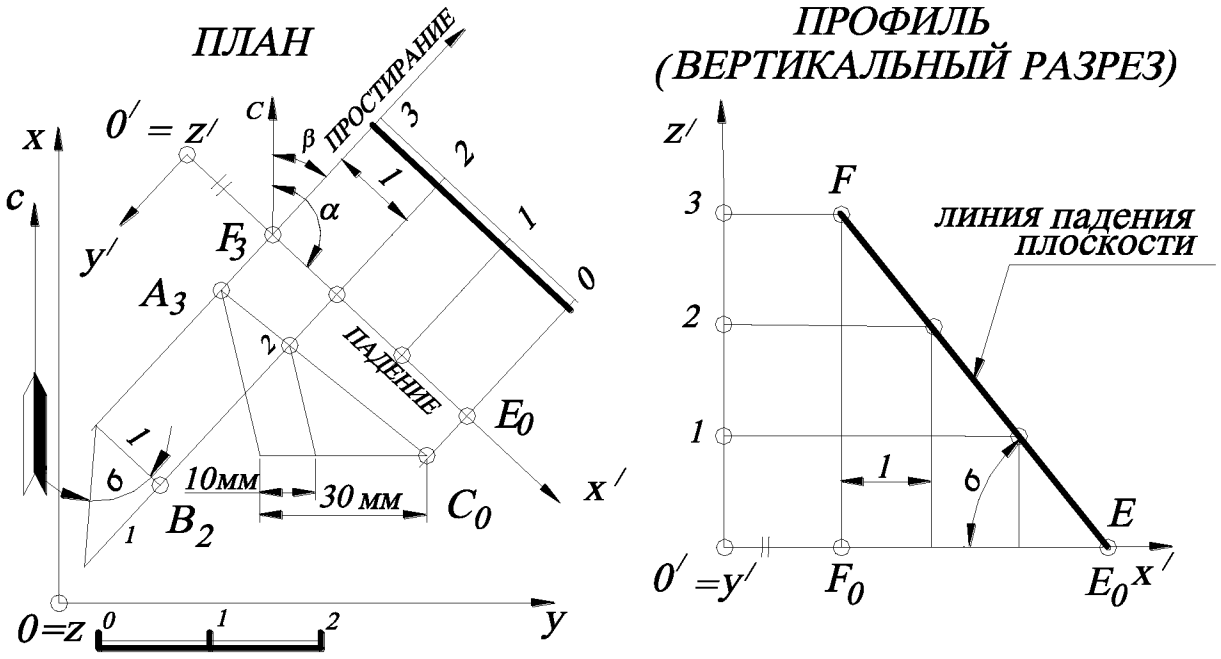


Рис. 11.

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.

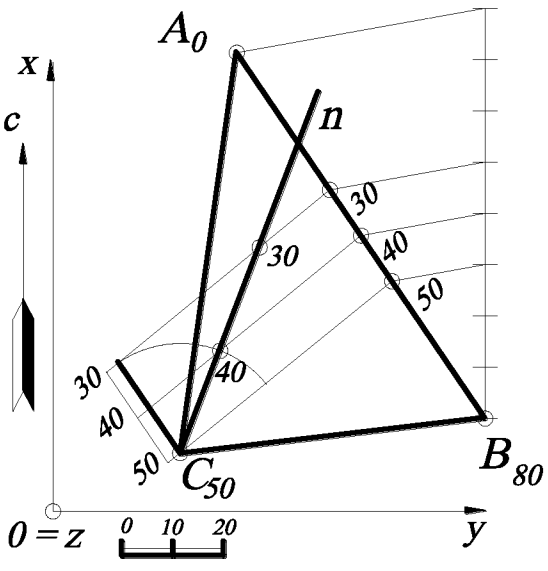


Рис. 12.

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).

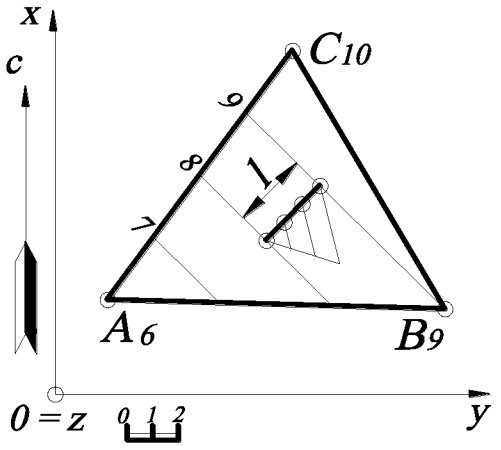


Рис. 13.

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.

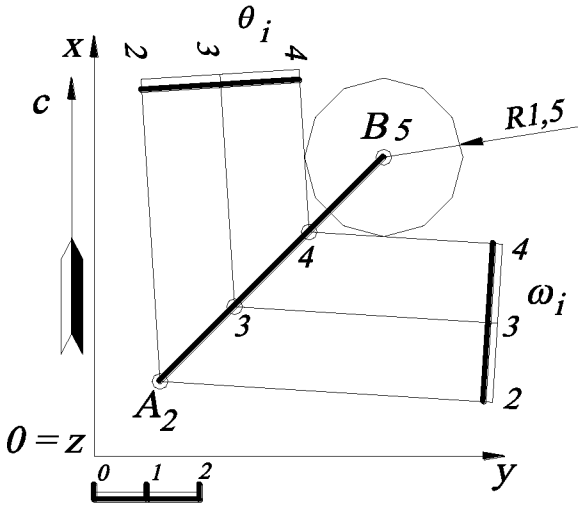


Рис. 14.

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.

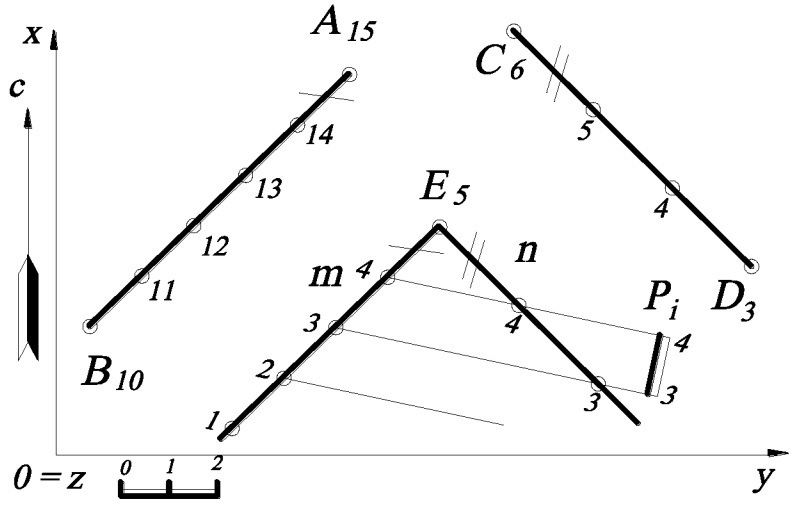


Рис. 15.

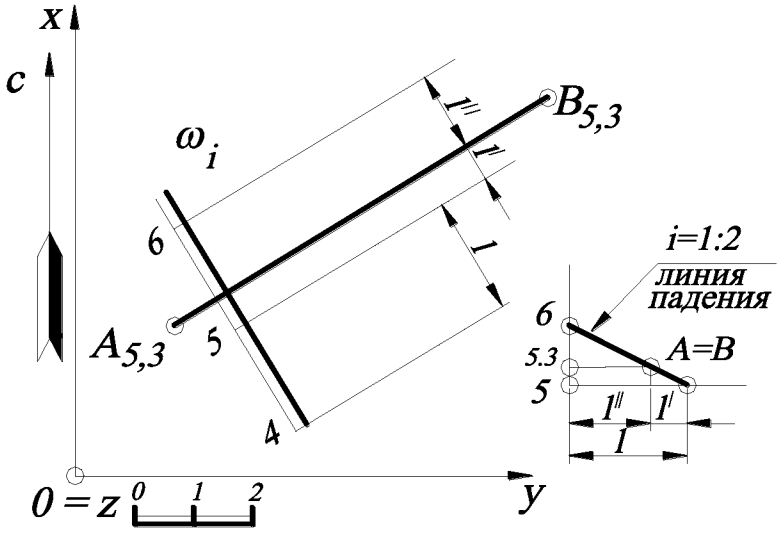


Рис. 16.

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).

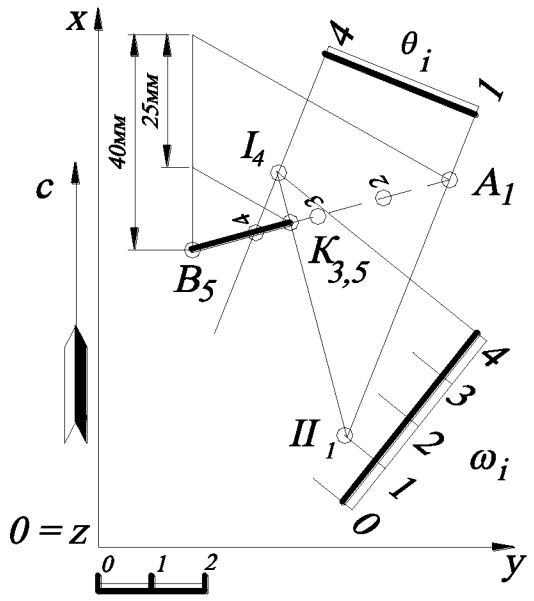


Рис. 17.

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).

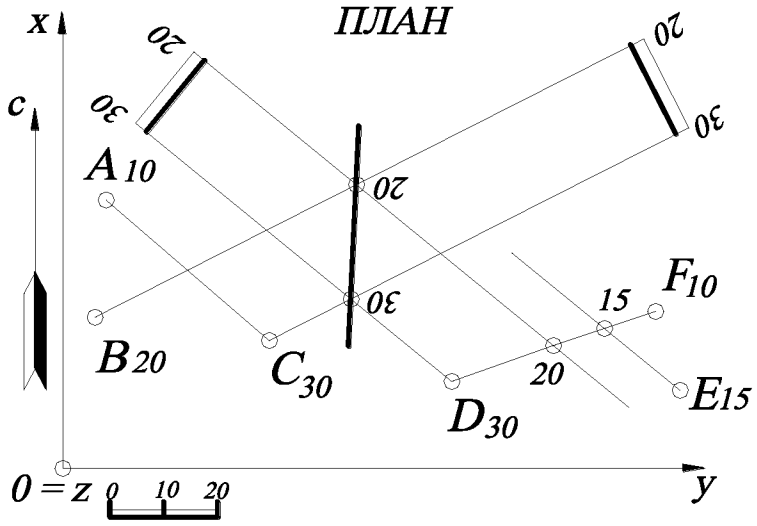


Рис. 18.

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.

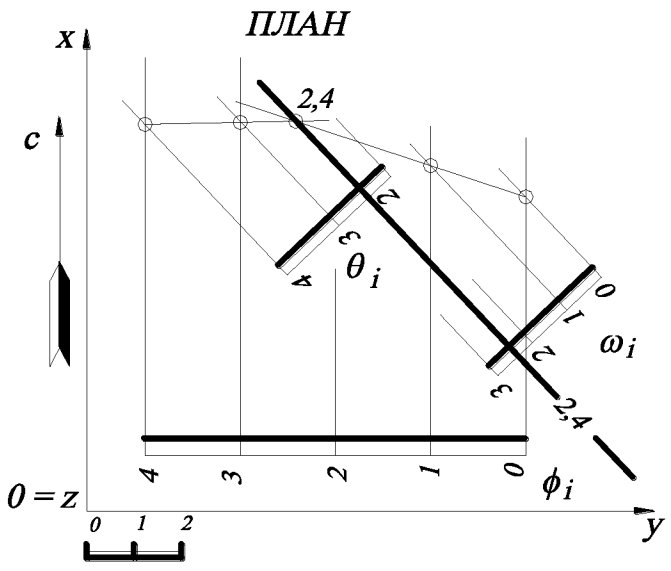


Рис. 19.

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).

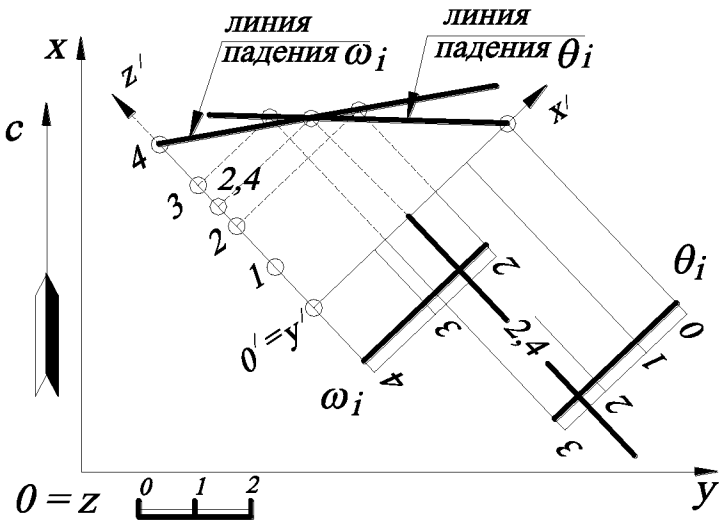


Рис. 20.

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).

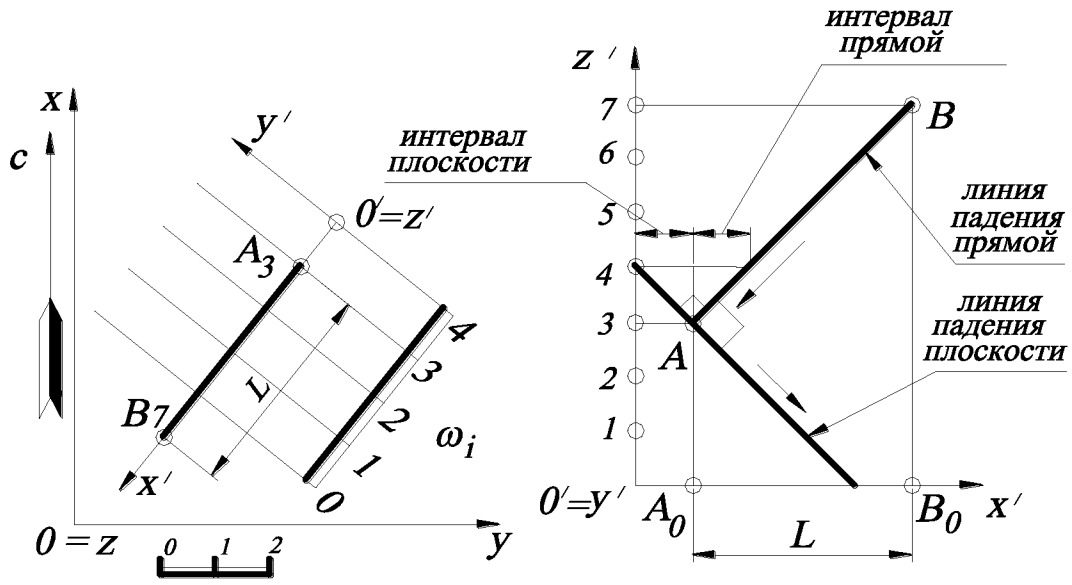


Рис. 21.

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.

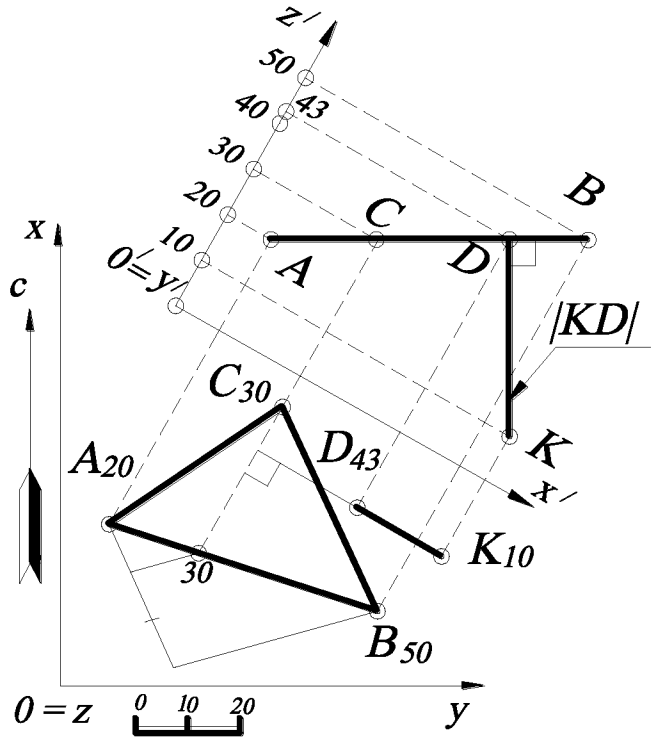


Рис. 22.

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.

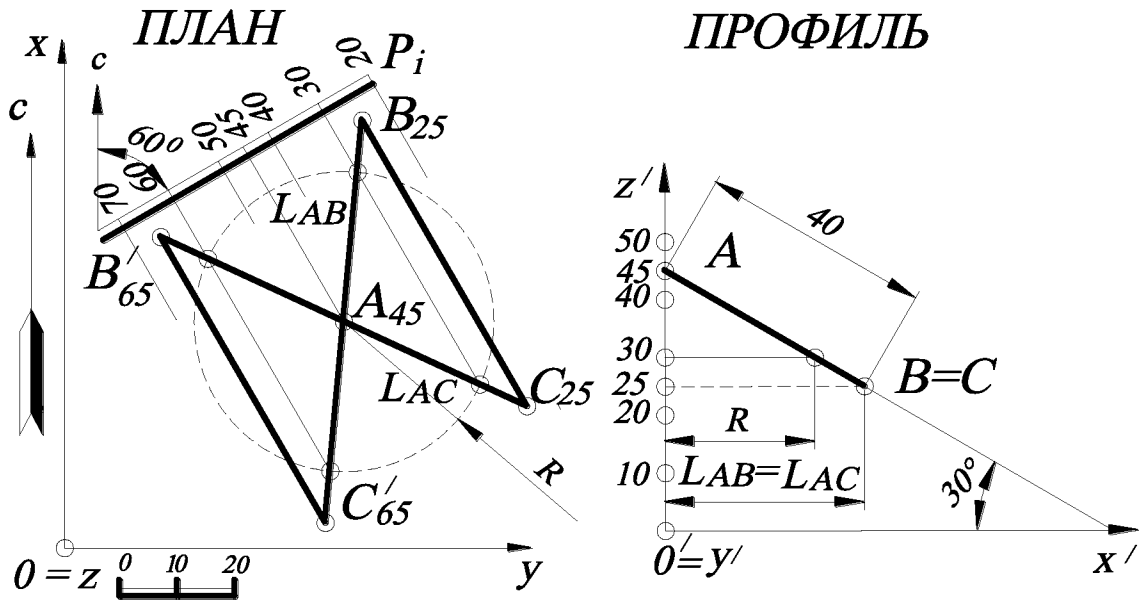


Рис. 23.

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).

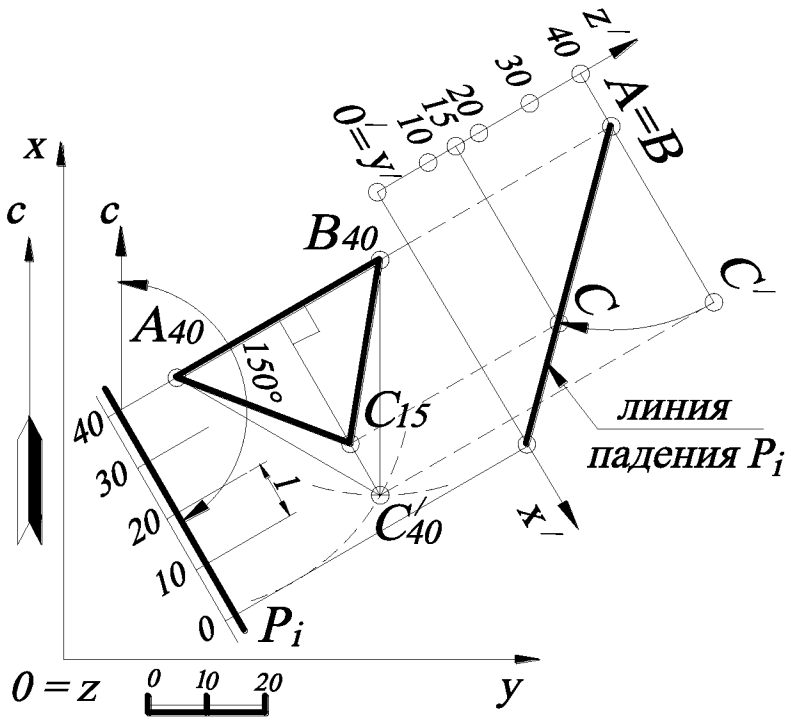


Рис. 24.

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).

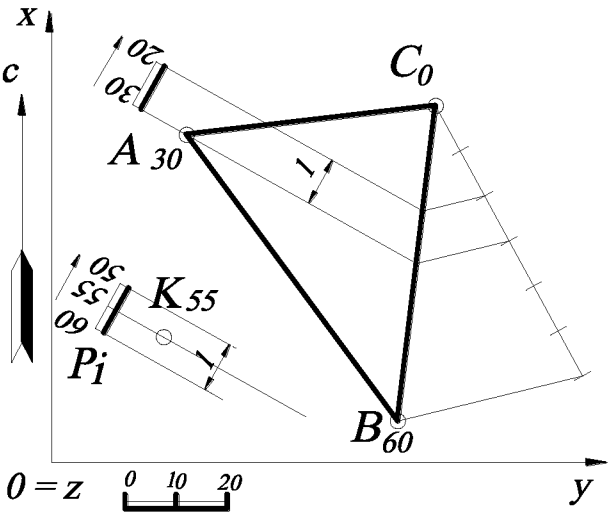


Рис. 25.

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

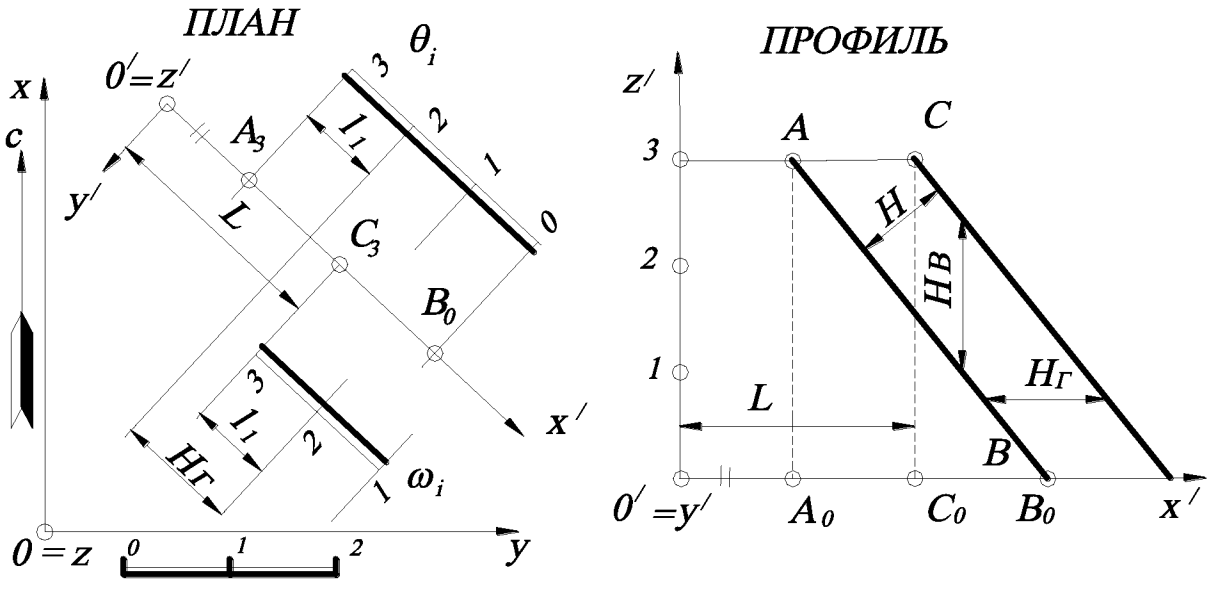


Рис. 26.

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.

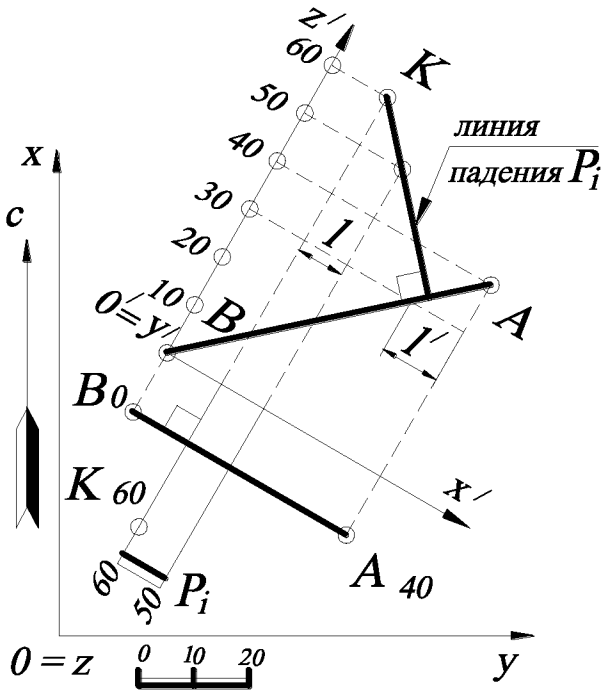


Рис. 27.

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.

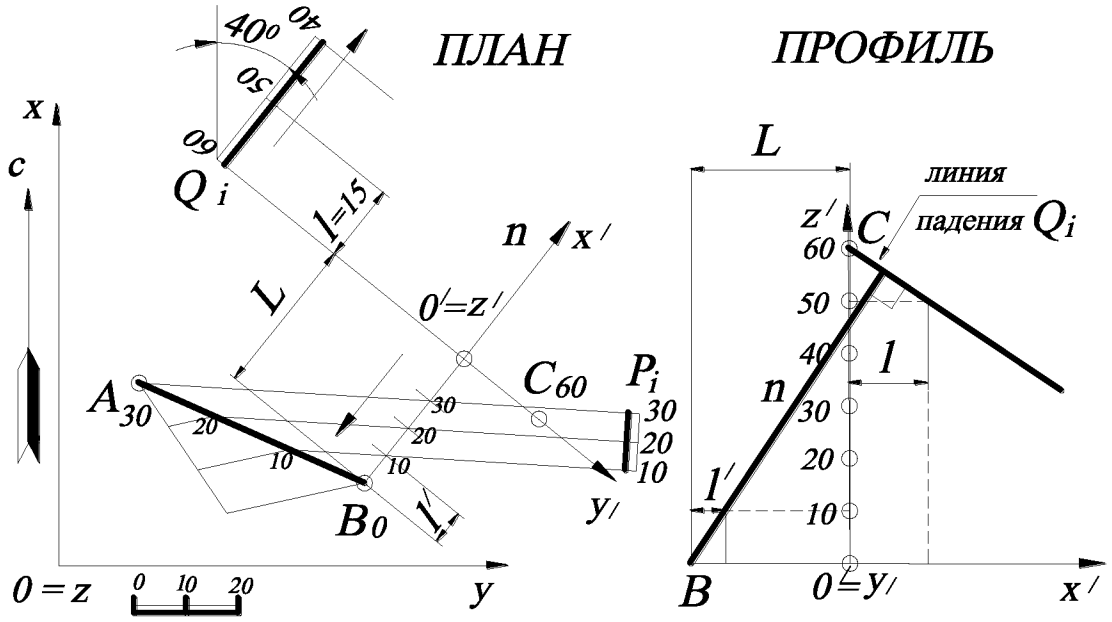


Рис. 28.

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).

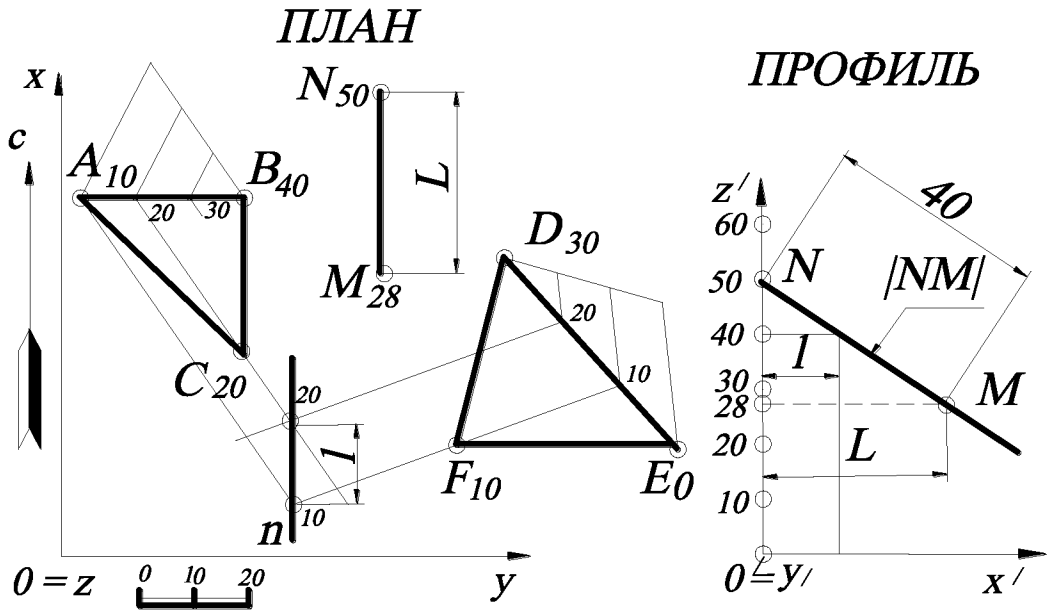


Рис. 29.

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***.

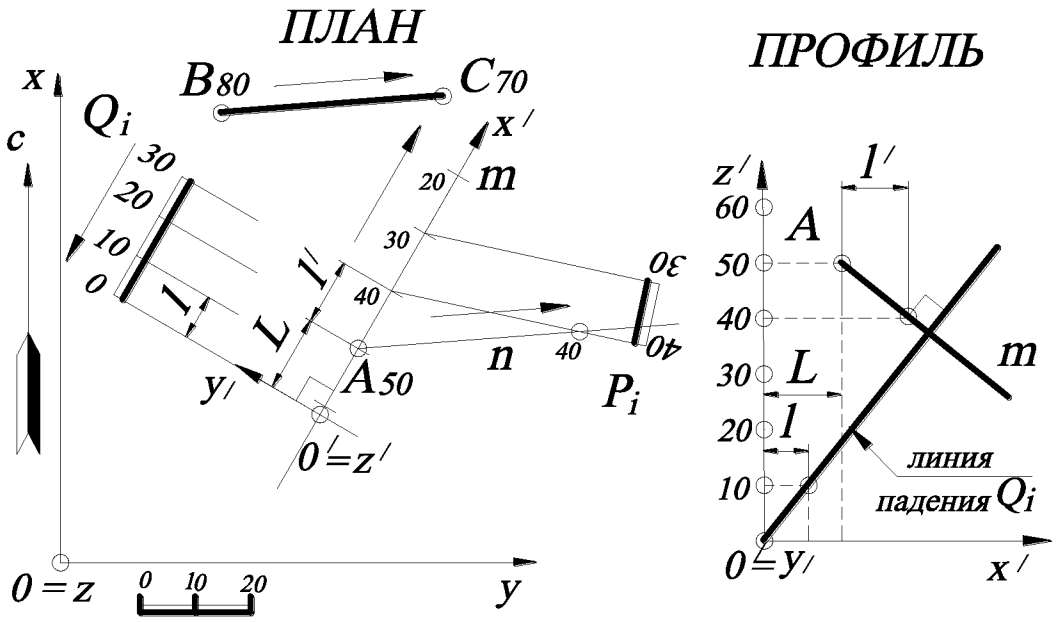


Рис. 30.

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) $0'x'z'$ 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. 31 построена горизонталь h_3 с использованием градуирования отрезка прямой B_0C_6.

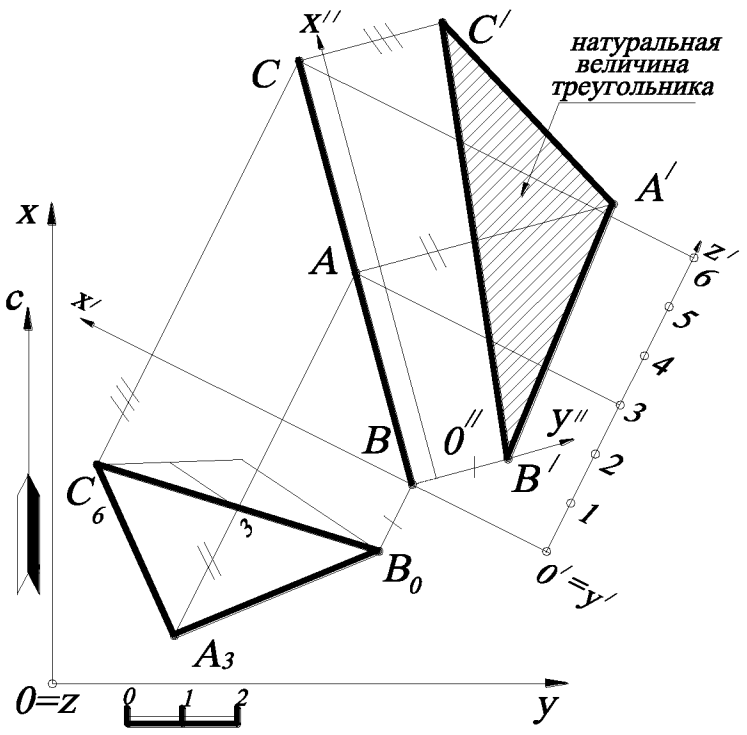


Рис. 31.

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-

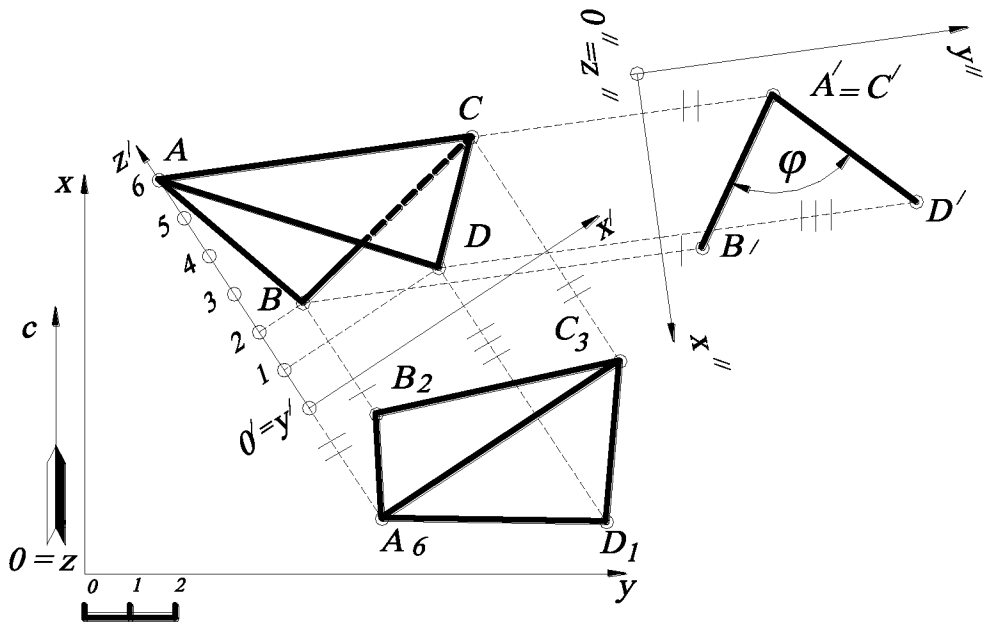


Рис. 32.

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.

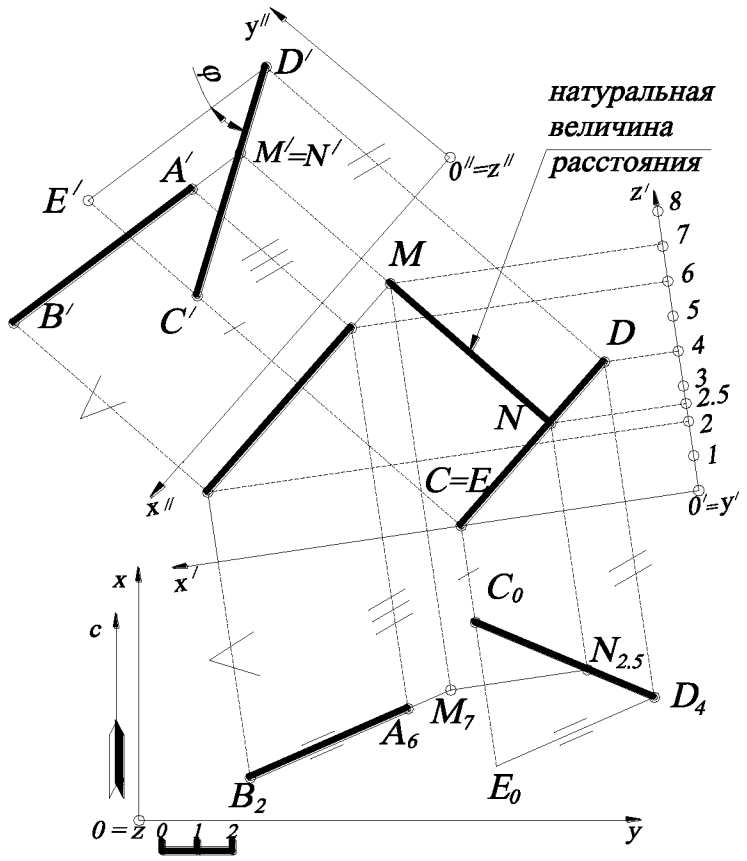


Рис. 33.

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 $C_{2-2}=C_0$.

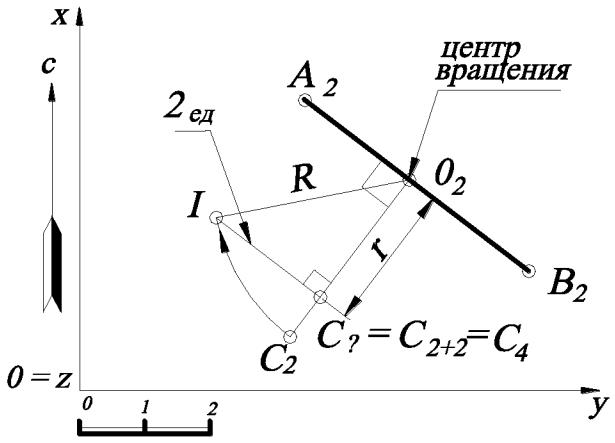


Рис. 34.

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.

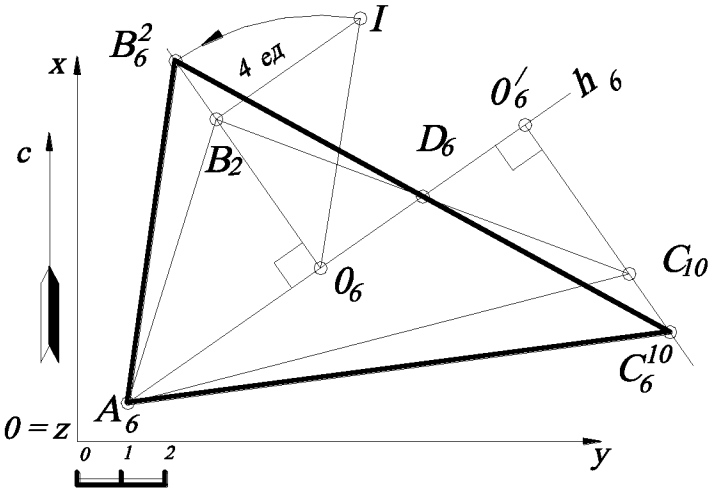


Рис. 35.

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).

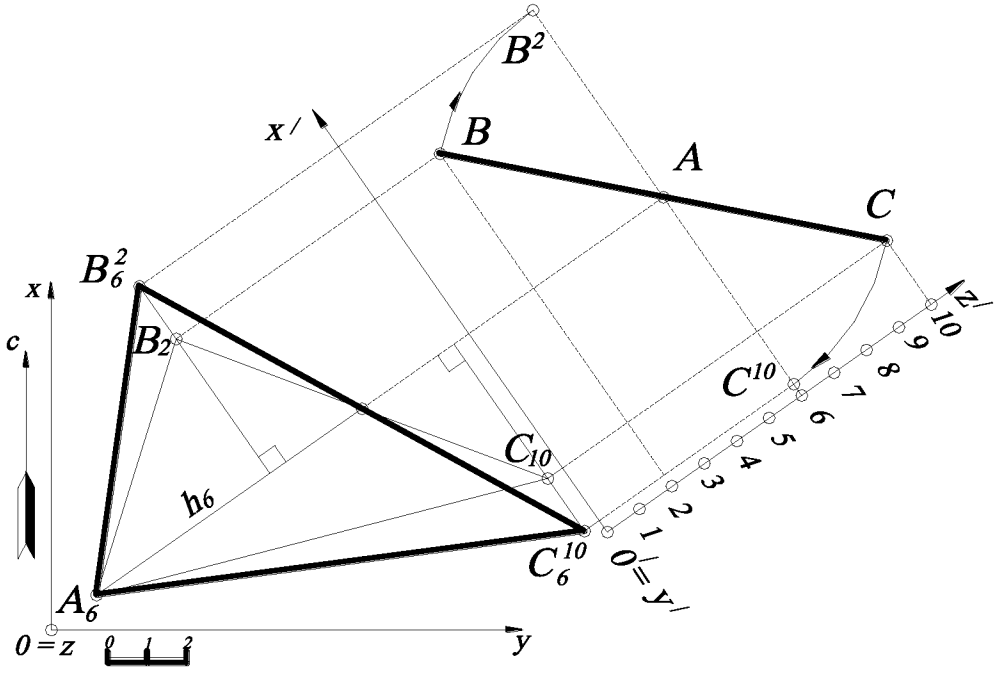


Рис. 36.

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.

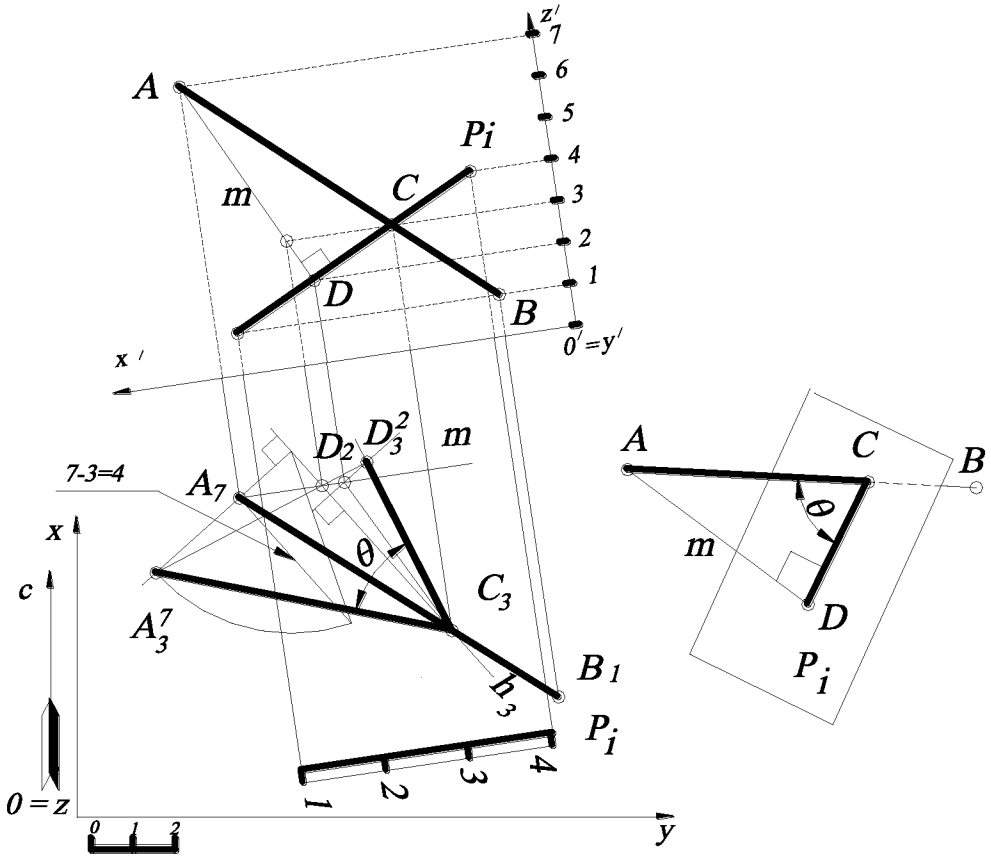


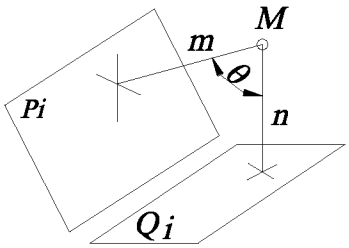
Рис. 37.

2.26. Найти двугранный угол между плоскостями P_i и Q_i. Эту задачу решим двумя способами.

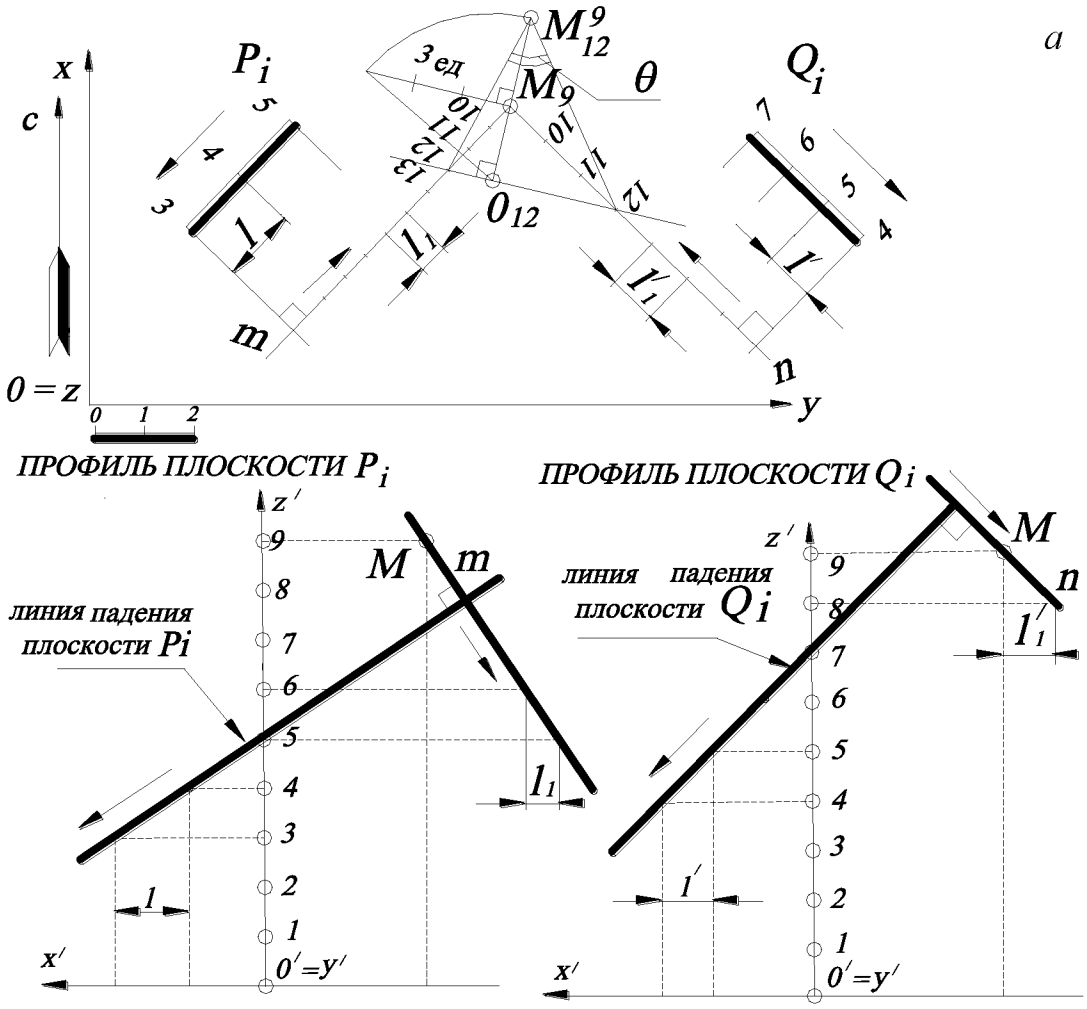
Решение 1 (рис. 38, *а*, *б*).

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 P_i и Q_i заданы масштабами заложения. В соответствии с алгоритмом выбирают произвольную точку, например M_9, из которой



а



б

Рис. 38.

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. 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*).

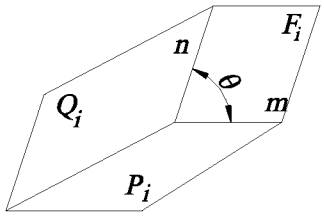
1. Находят линию пересечения a заданных плоскостей P_i и Q_i.
2. Строят плоскость F_i, перпендикулярную к линии пересечения плоскостей a.
3. Находят линии пересечения m и n заданных плоскостей P_i и Q_i с плоскостью F_i.
4. Угол между прямыми n и m является двугранным углом θ между заданными плоскостями 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.

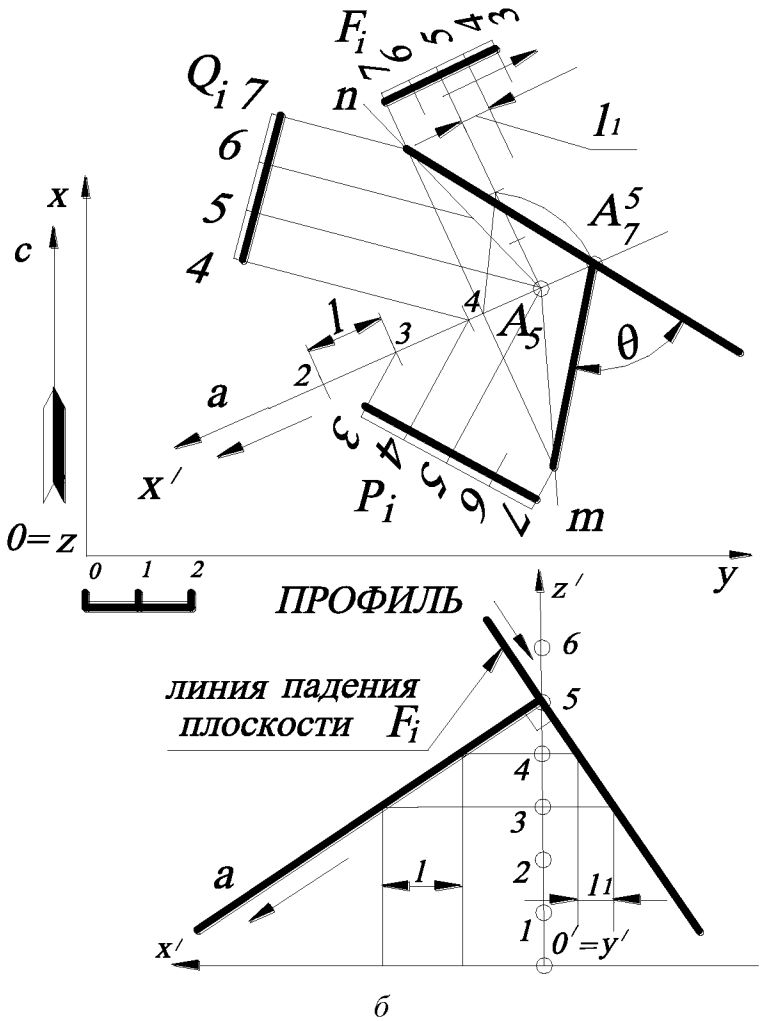
2. Через проекцию точки A_5 строят плоскость F_i, перпендикулярную прямой a. Следовательно, горизонтали этой плоскости будут перпендикулярны к заложению (проекции) прямой a (см. рис. 39, *а*), а масштаб заложения будет определяться построением профиля прямой a и перпендикулярной плоскости F_i, заданной 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).

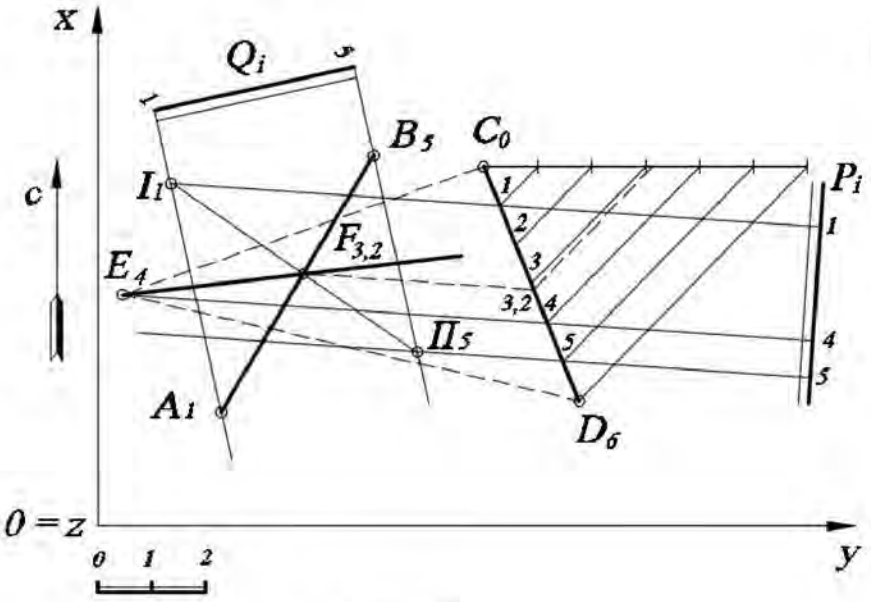


Рис. 40

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).

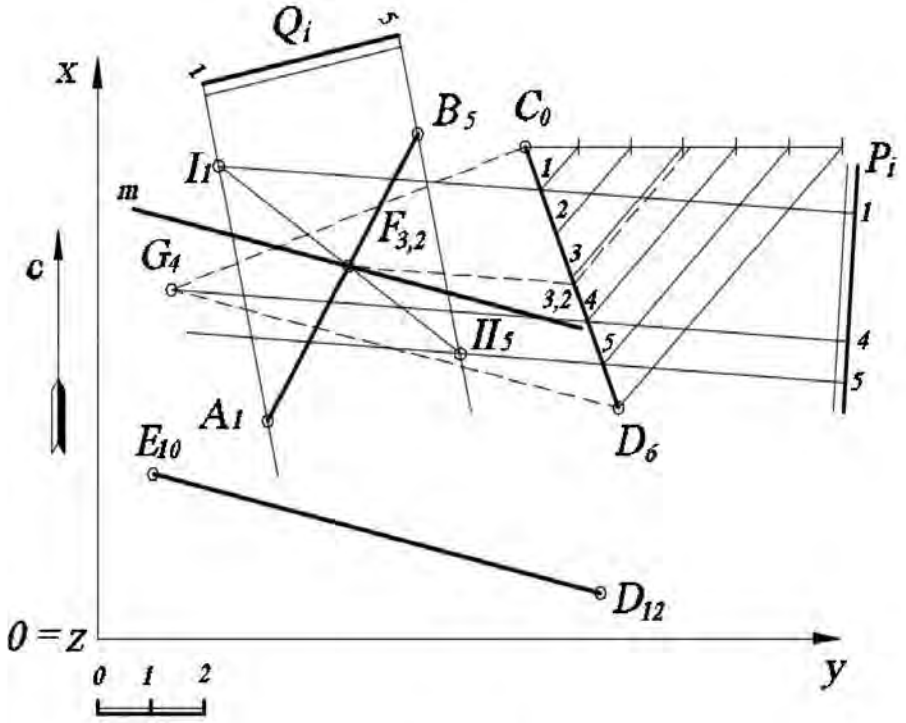


Рис. 41

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.

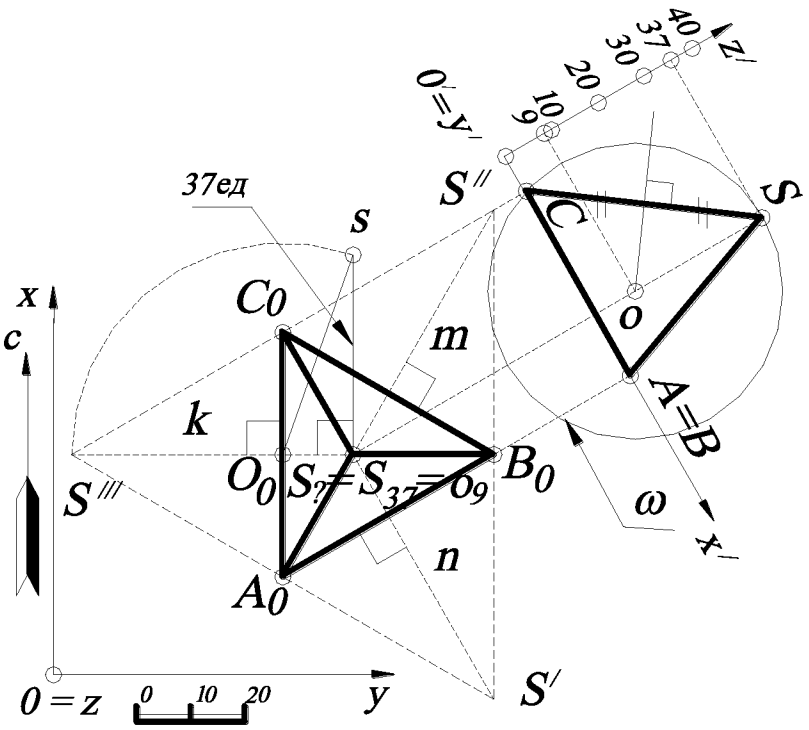


Рис. 42.

* Построения могут выполняться аналогично, если необходимо построить неправильную пирамиду по произвольным шести рёбрам.

По найденной таким образом горизонтальной проекции вершины S_2 и её совмещению (например, S''') остаётся определить числовую отметку точки S_2. 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. 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.

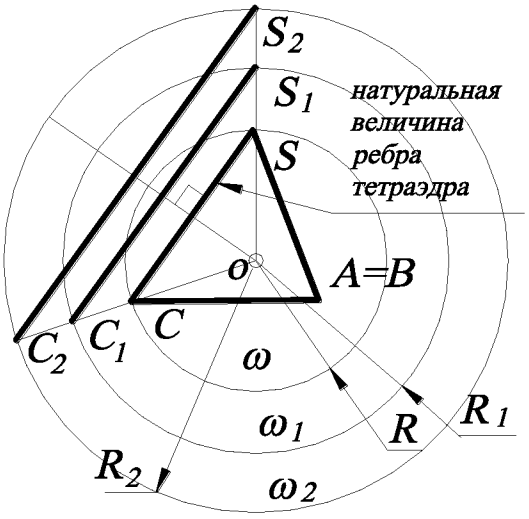


Рис. 43.

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 $A_0B_0C_0D_0$.

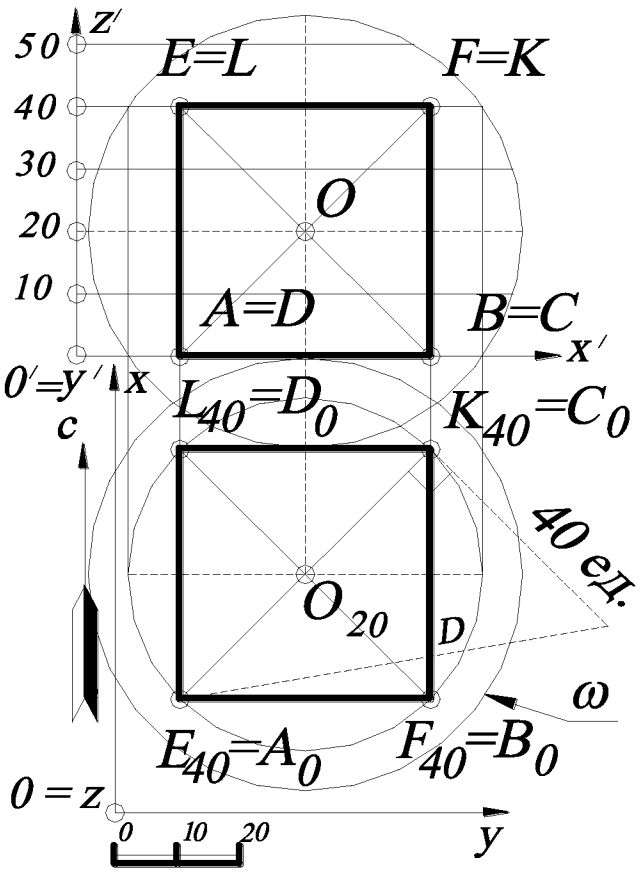


Рис. 44.

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.

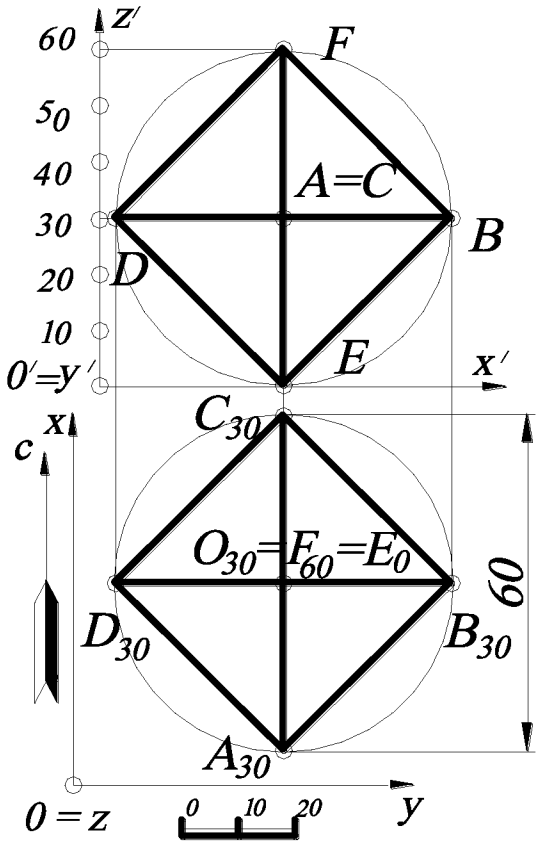


Рис. 45.

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).

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***.

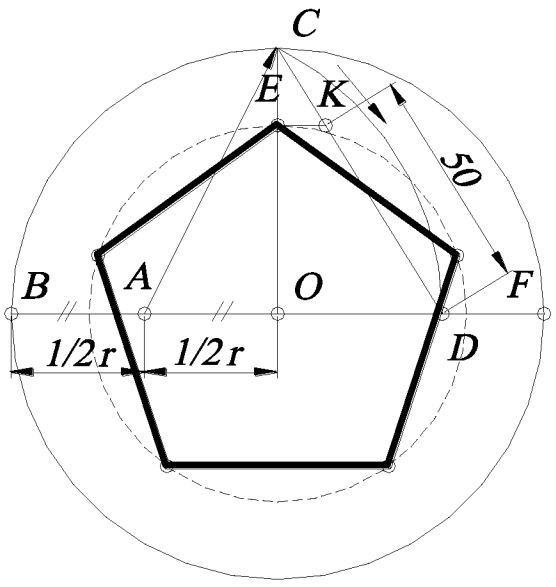


Рис. 46.

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.

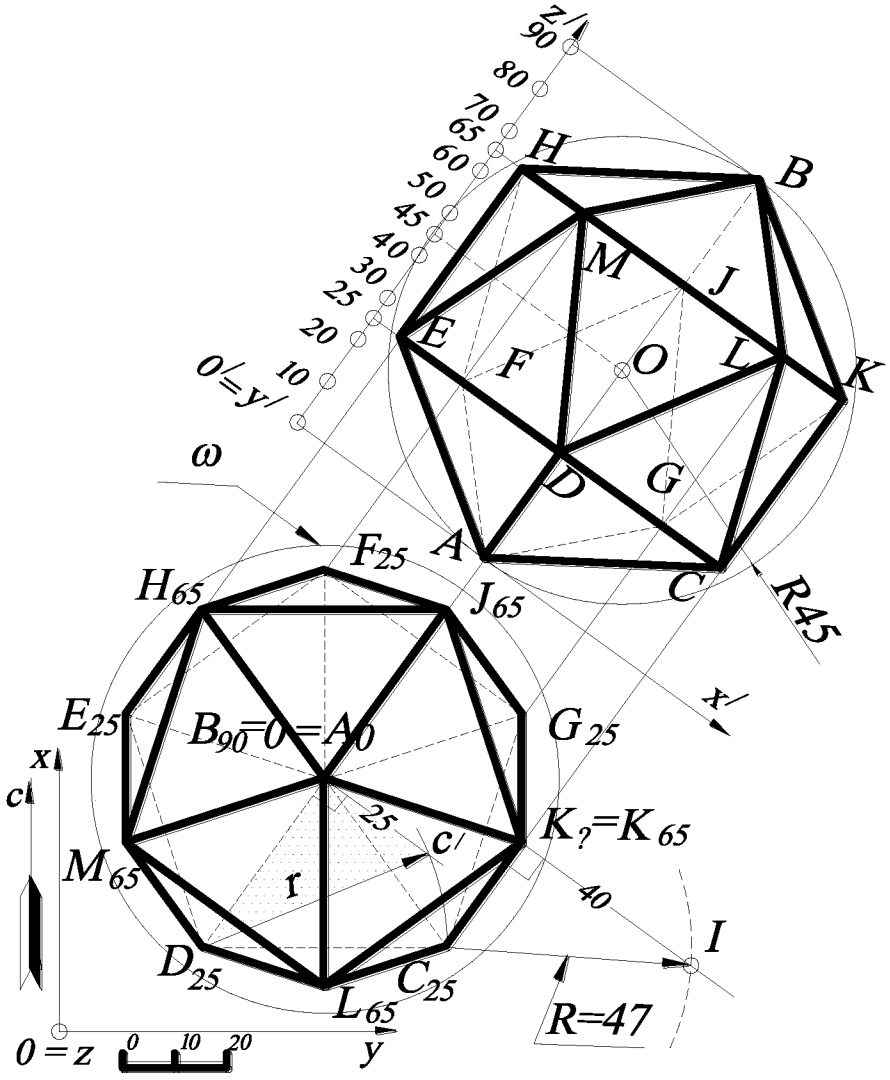


Рис. 47.

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.

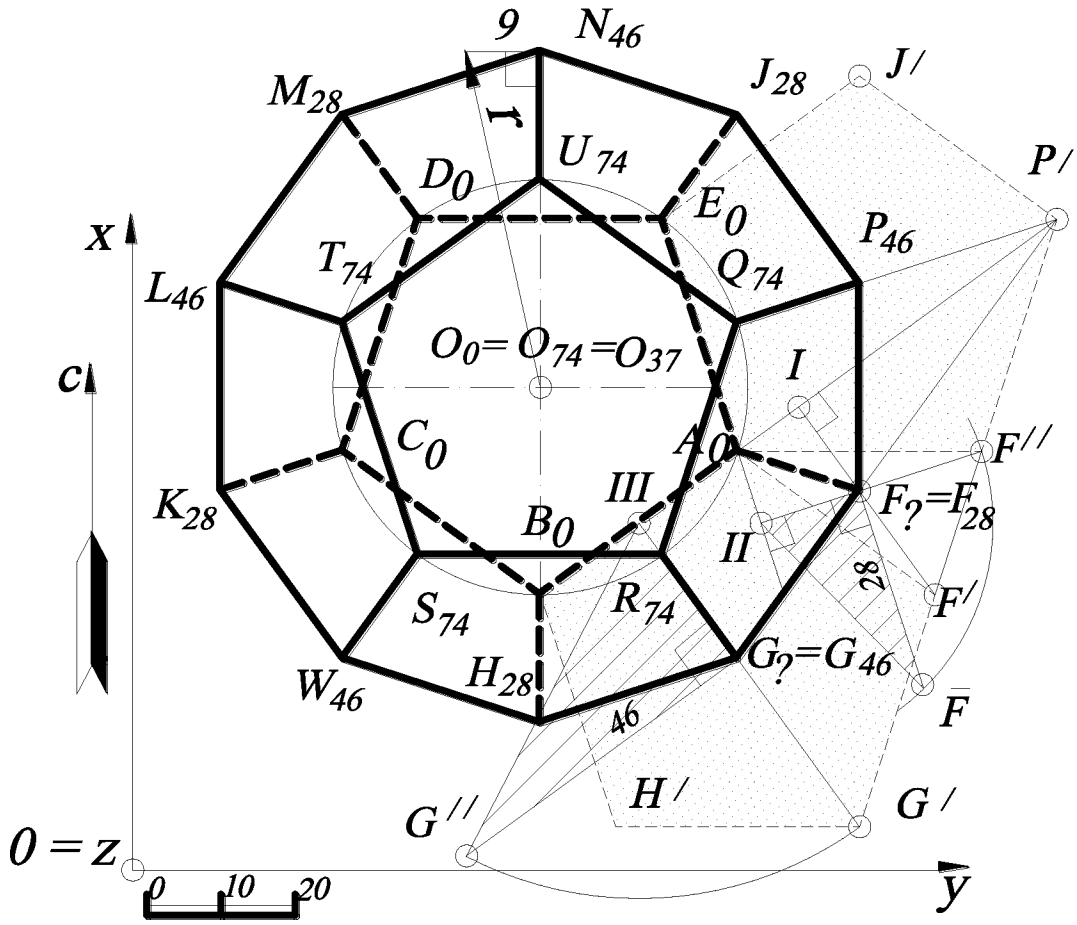


Рис. 48.

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).

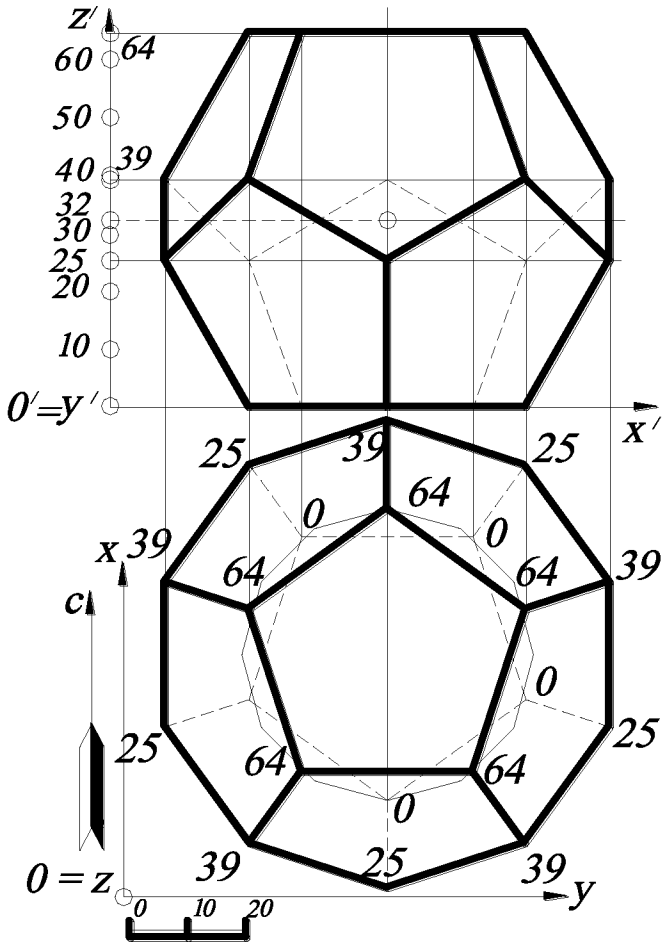


Рис. 49.

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

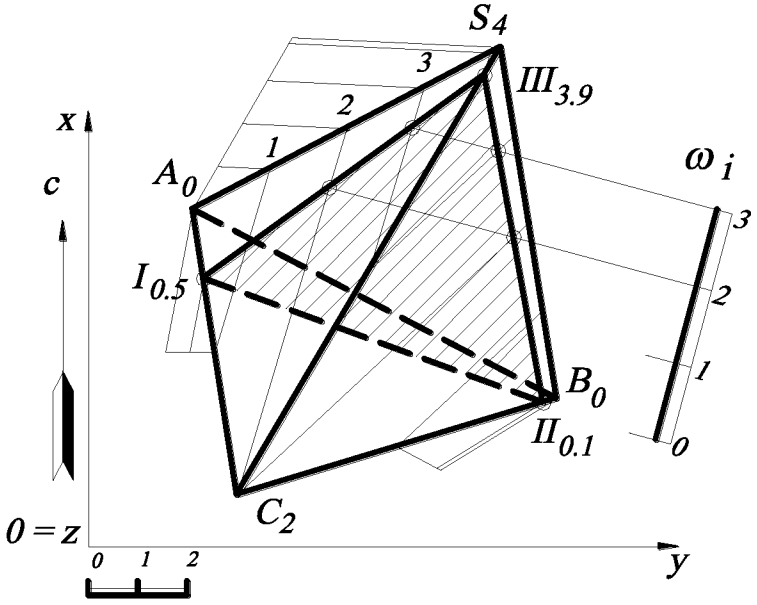


Рис. 50.

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.

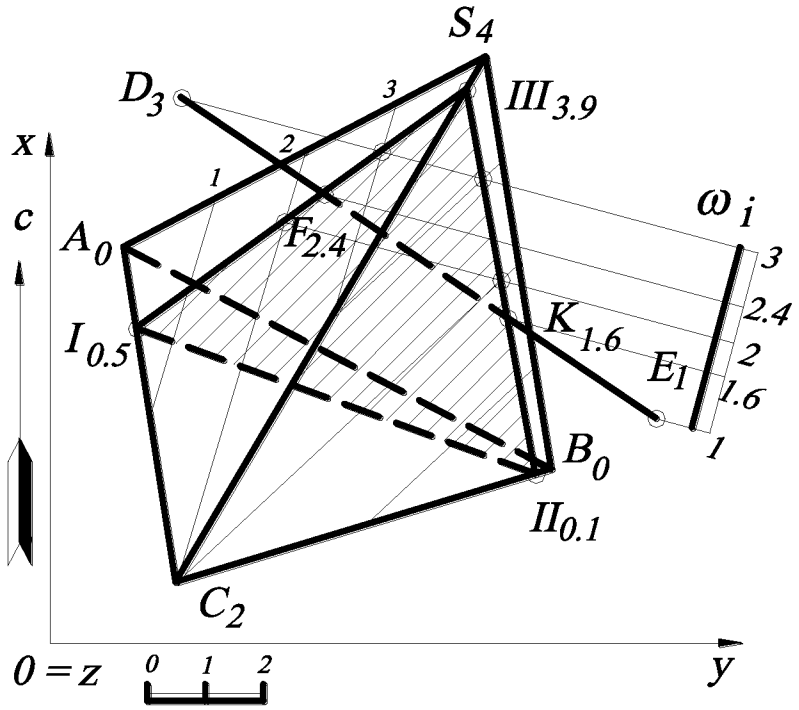


Рис. 51.

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-

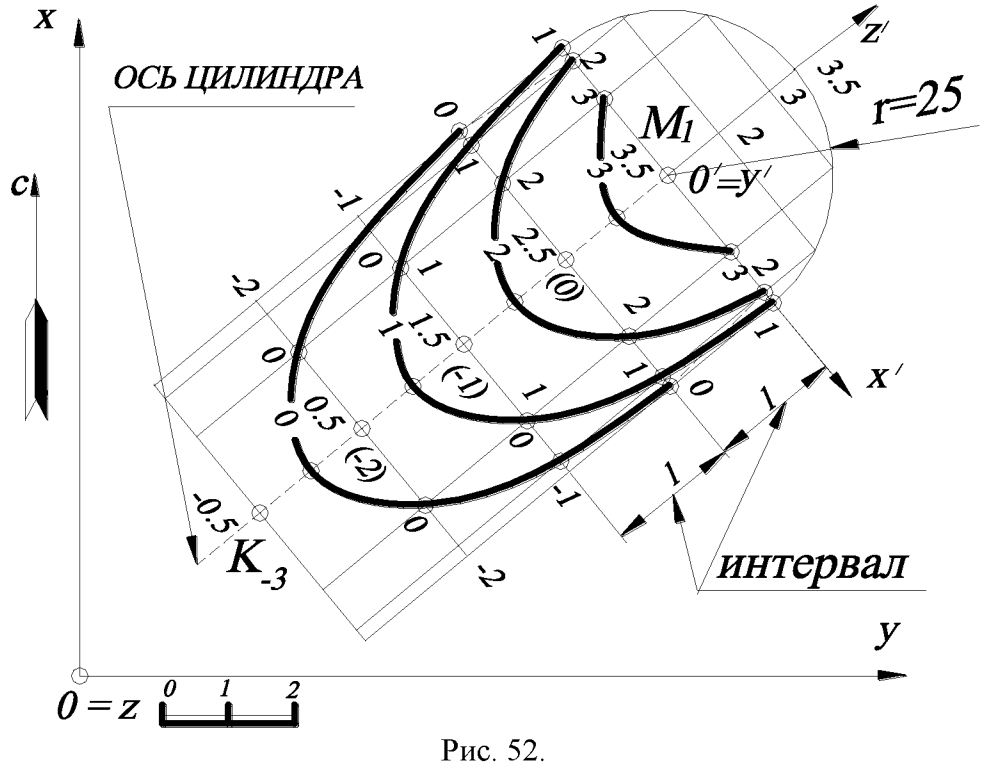


Рис. 52.

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***.

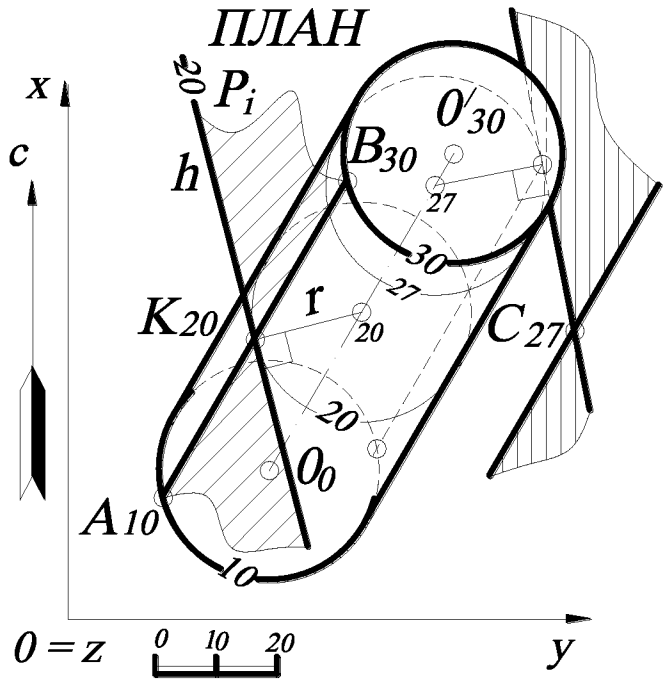


Рис. 53.

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

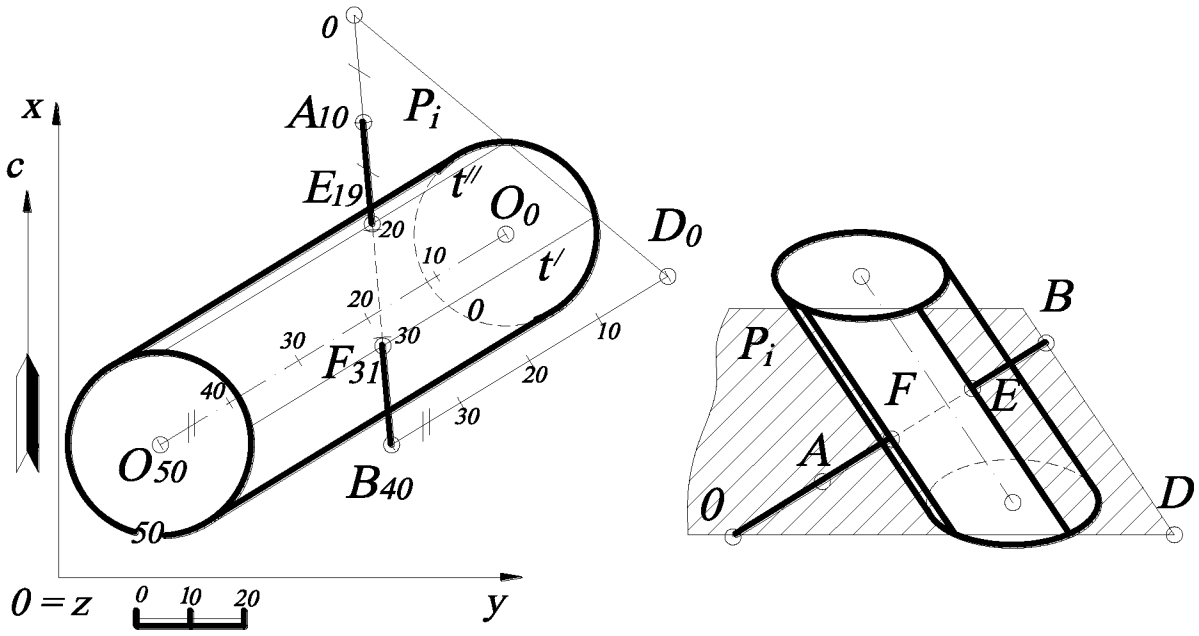


Рис. 54.

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.

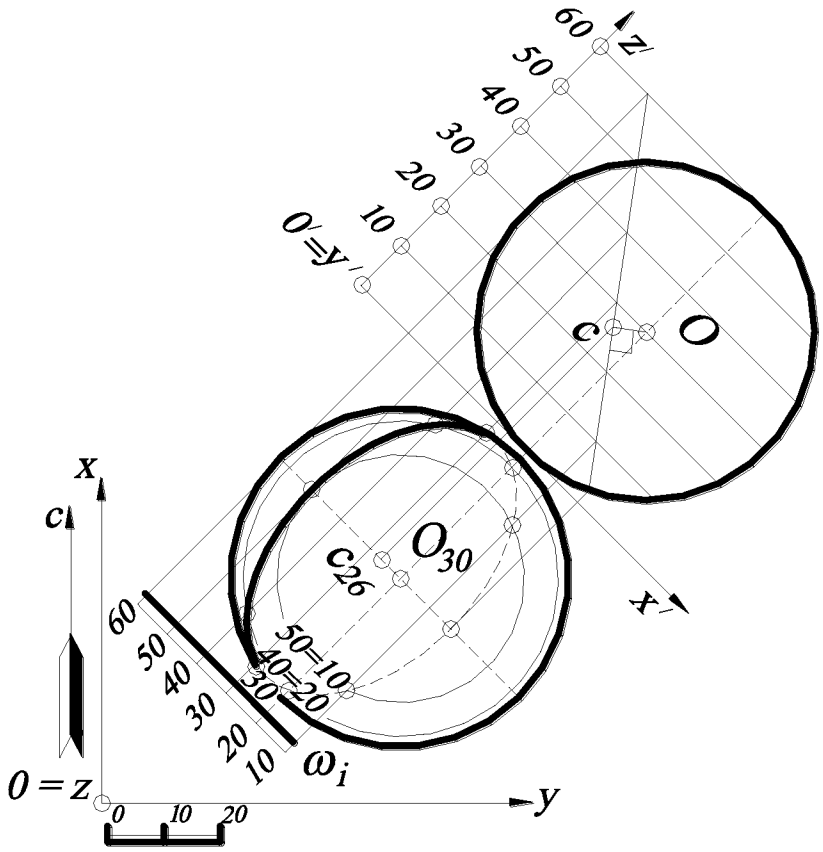


Рис. 55.

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-

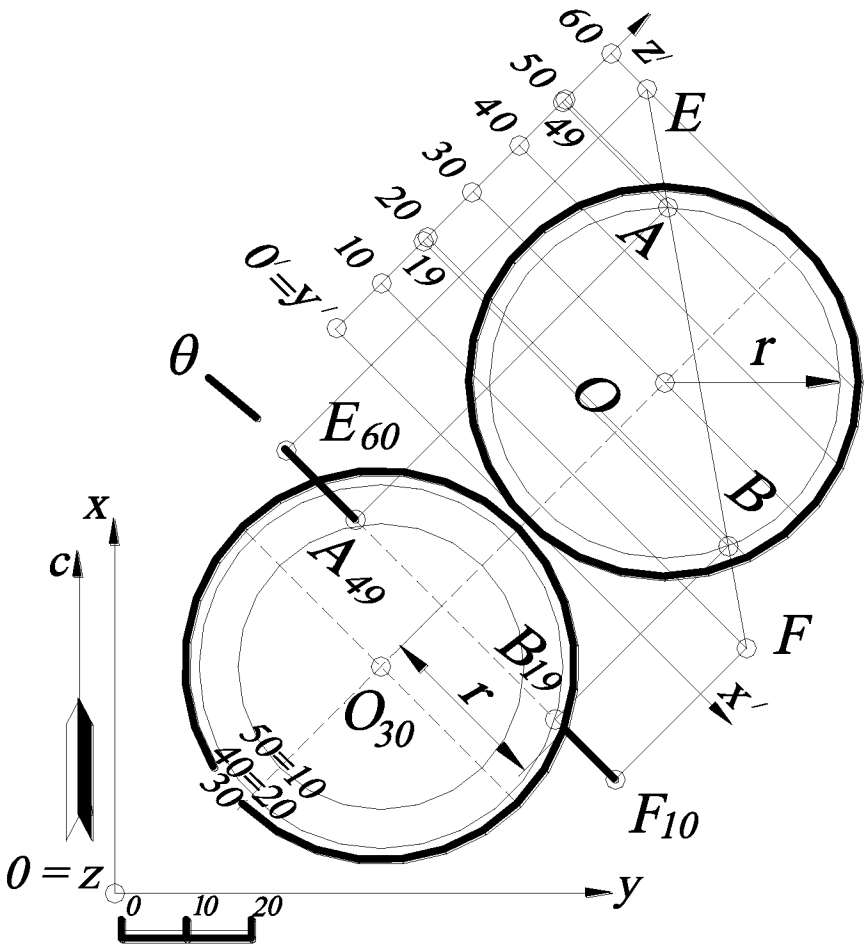


Рис. 56.

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.

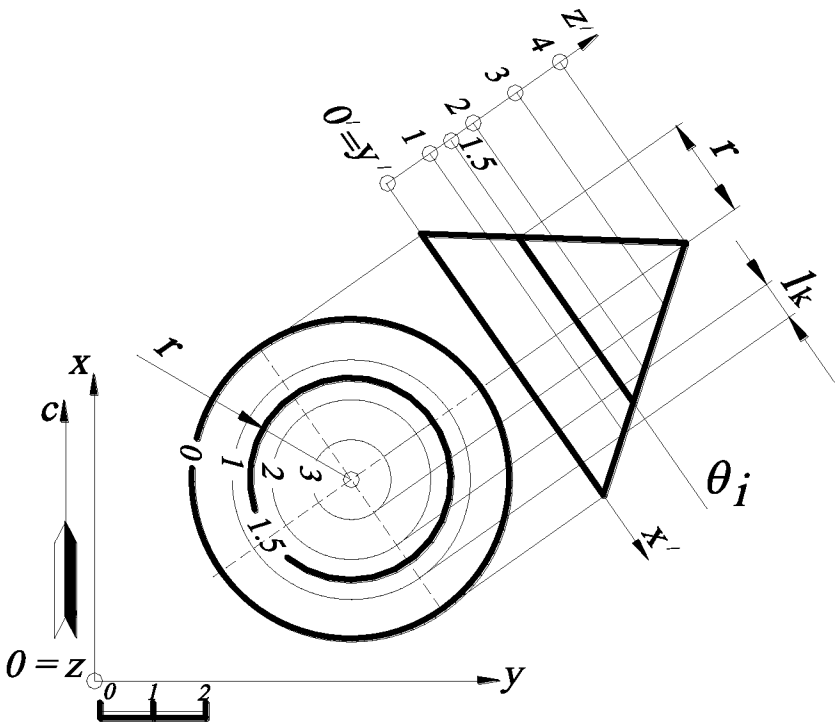


Рис. 57.

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

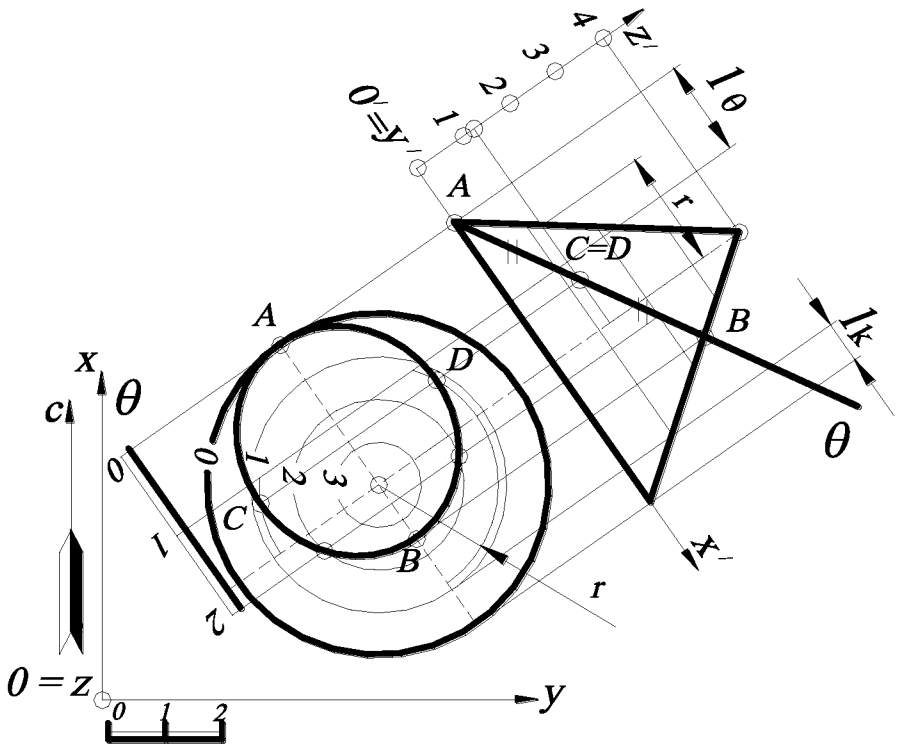


Рис. 58.

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 $l_\theta < l_k$, $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$.

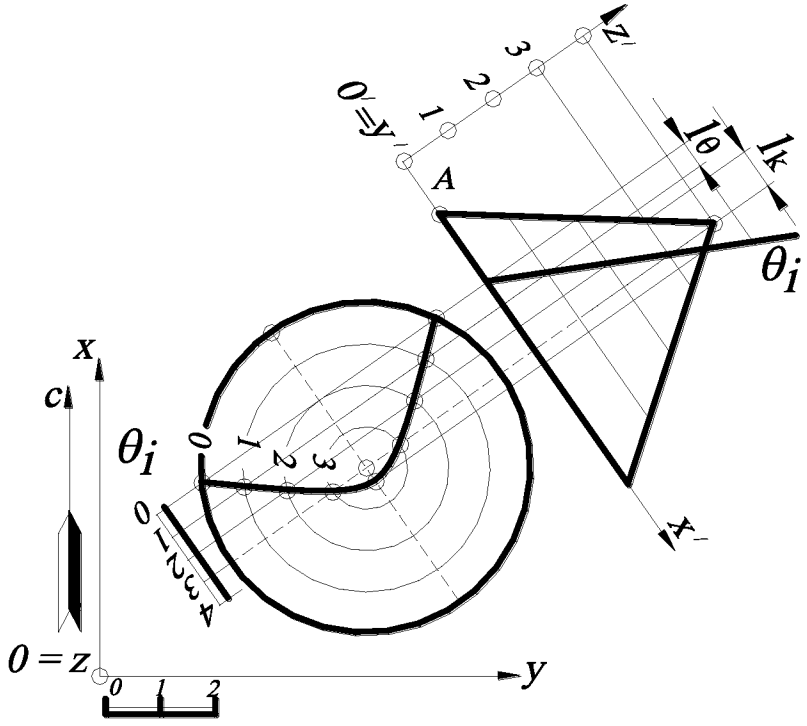


Рис. 59.

Если $l_\theta = 0$, гипербола на основную плоскость проекций H будет проецироваться в виде прямой, совпавшей с этой вертикальной плоскостью θ_i.

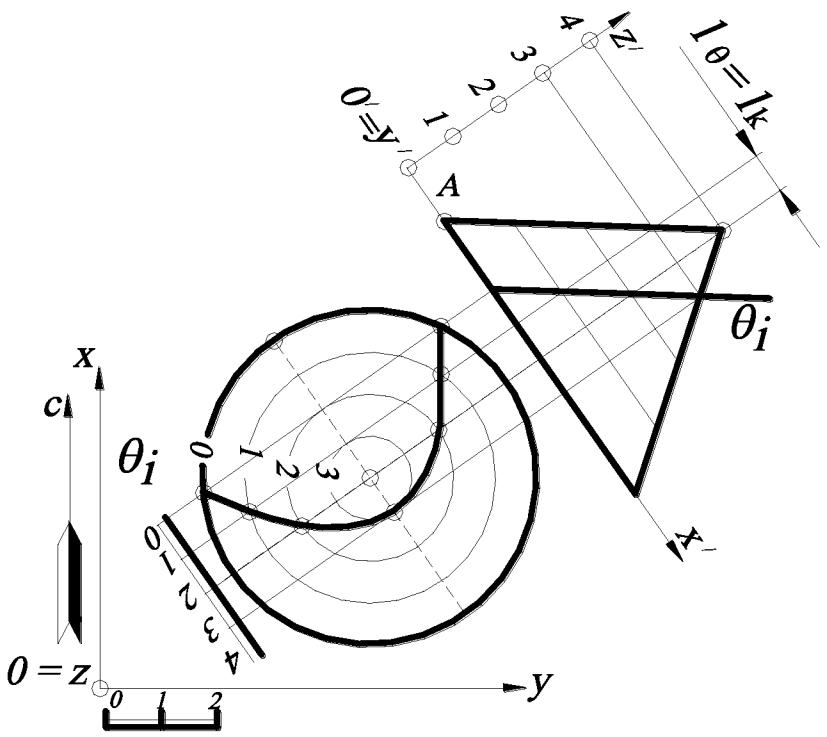


Рис. 60.

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).

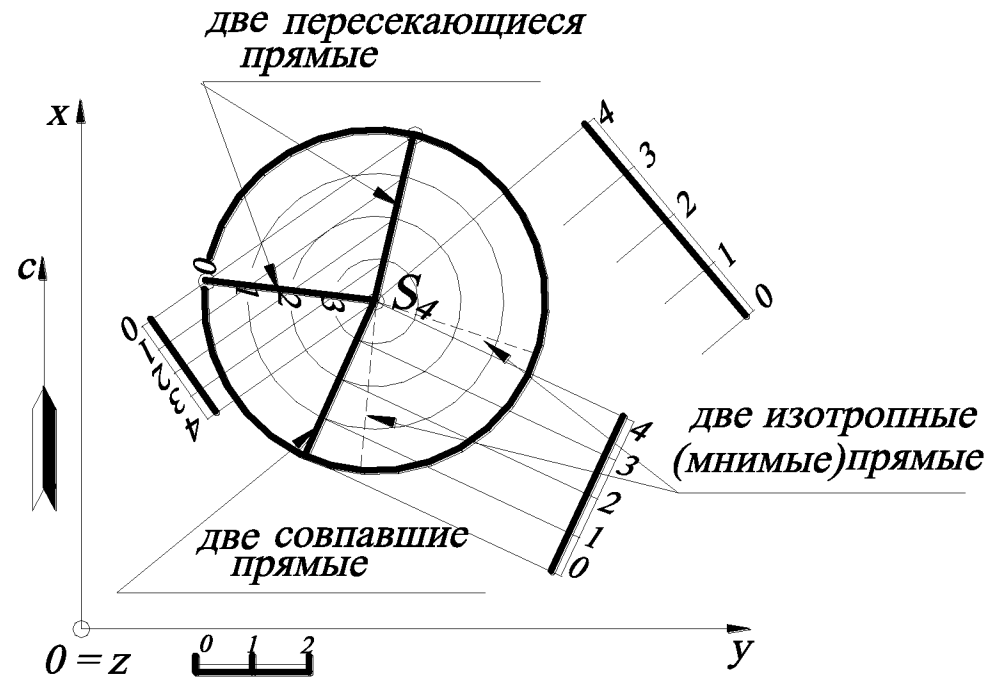


Рис. 61.

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***.

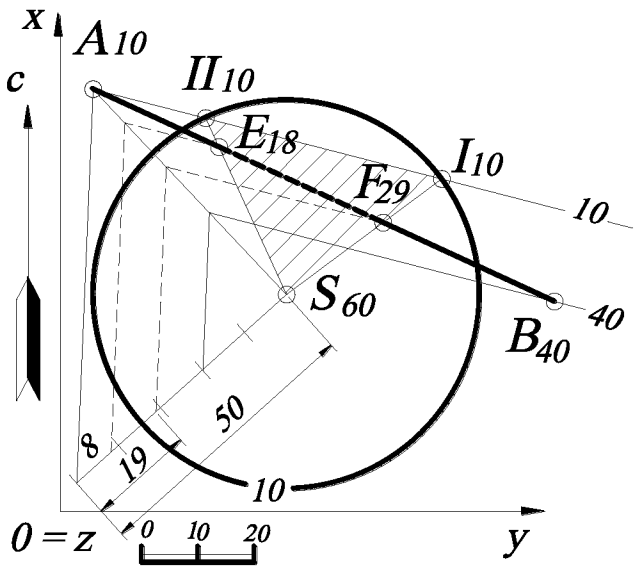


Рис. 62.

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***.

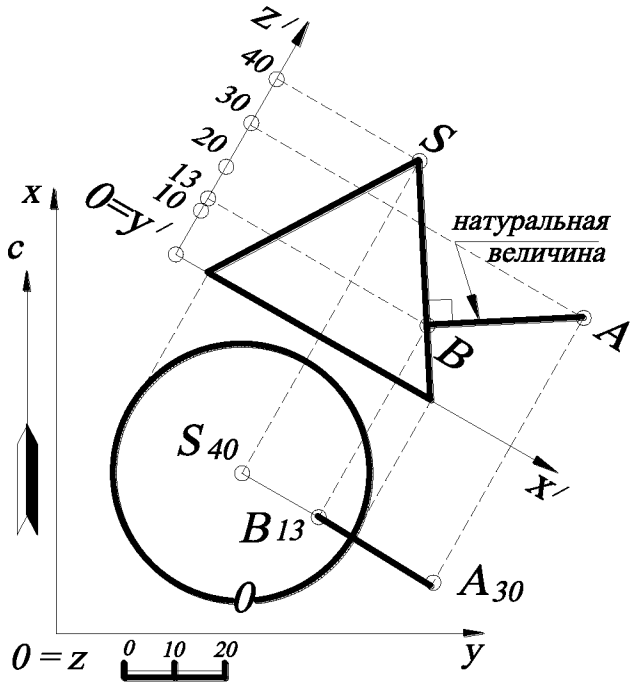


Рис. 63.

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.

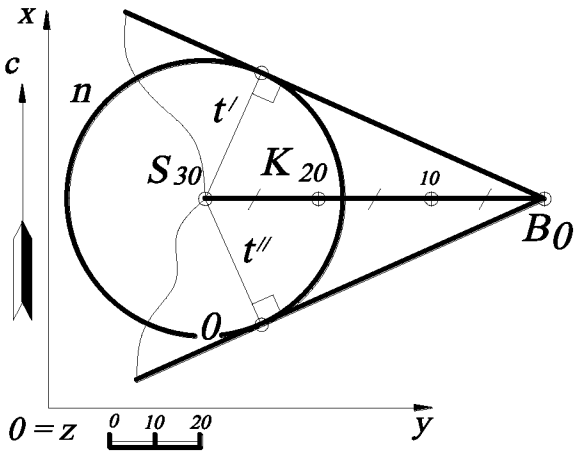


Рис. 64.

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}.

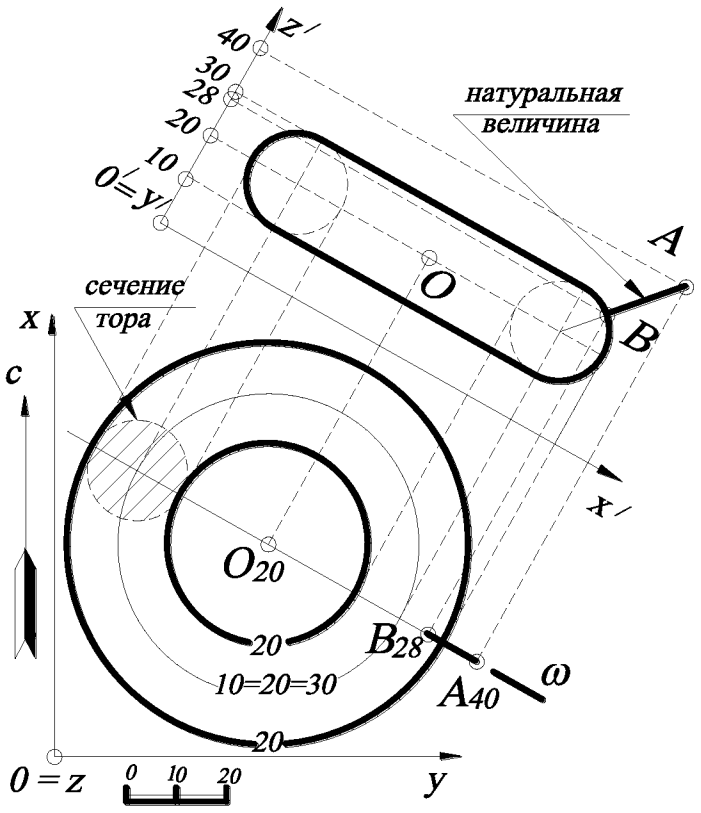


Рис. 65.

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***.

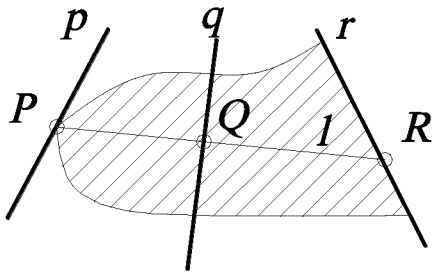


Рис. 66.

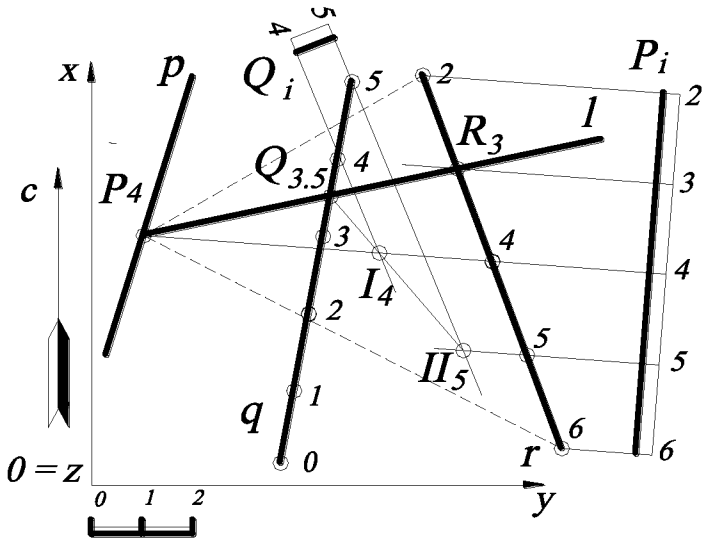


Рис. 67.

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.

Форма поверхности показана на рис. 68.

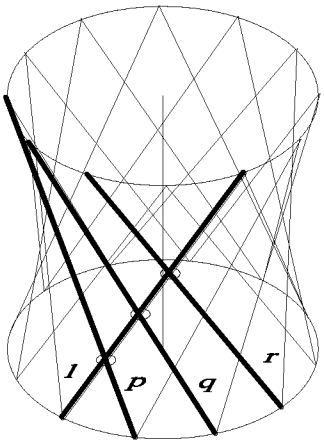


Рис. 68.

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.

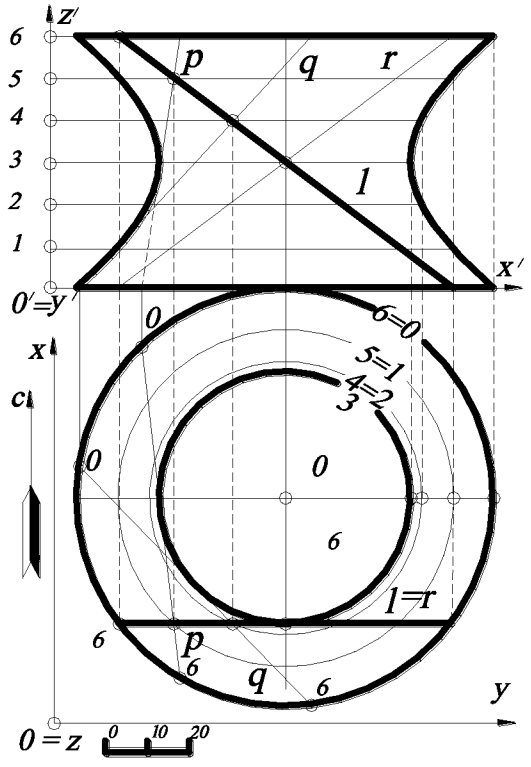


Рис. 69.

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.

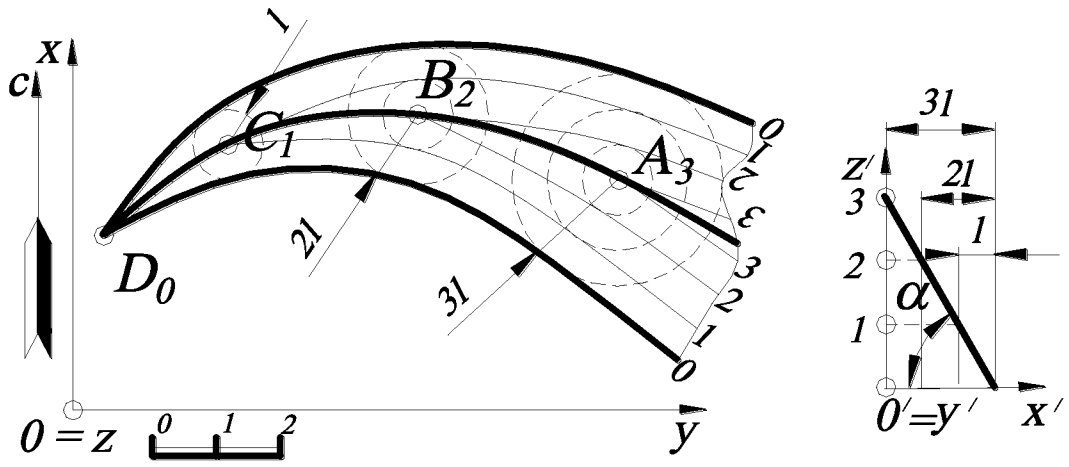


Рис. 70.

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.

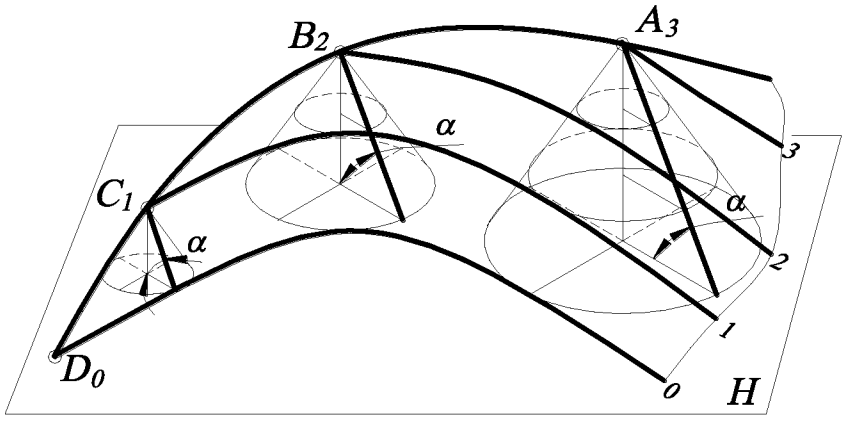
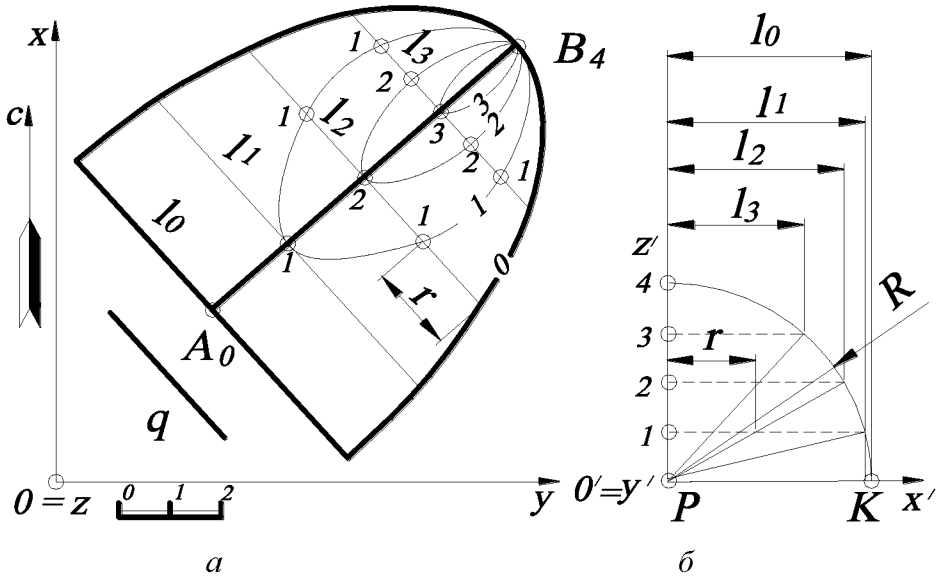


Рис. 71.

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.

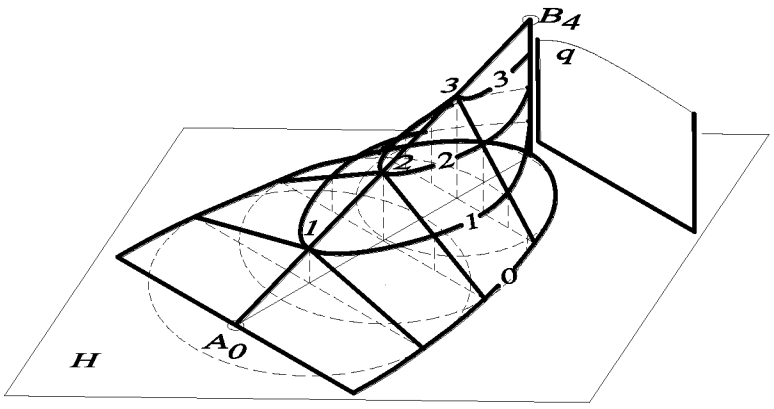


Рис. 73.

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.

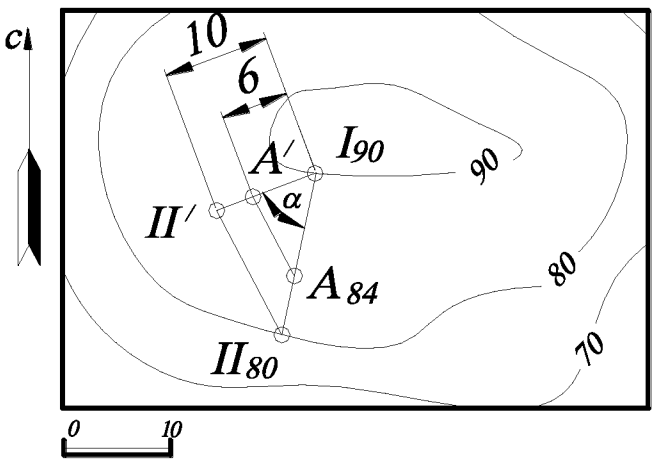


Рис. 74.

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.

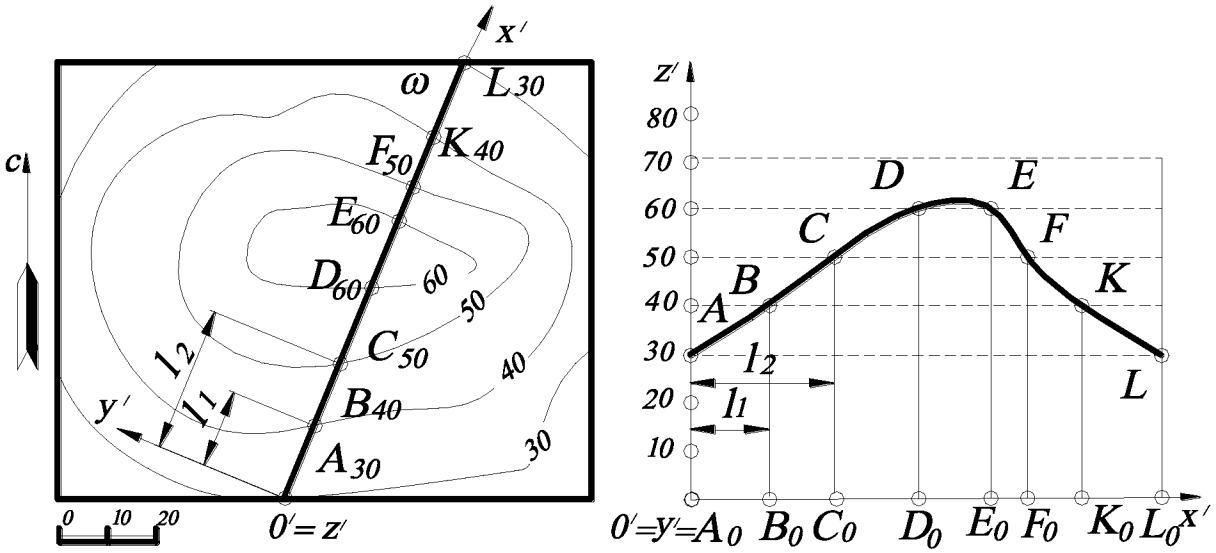


Рис. 75.

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.

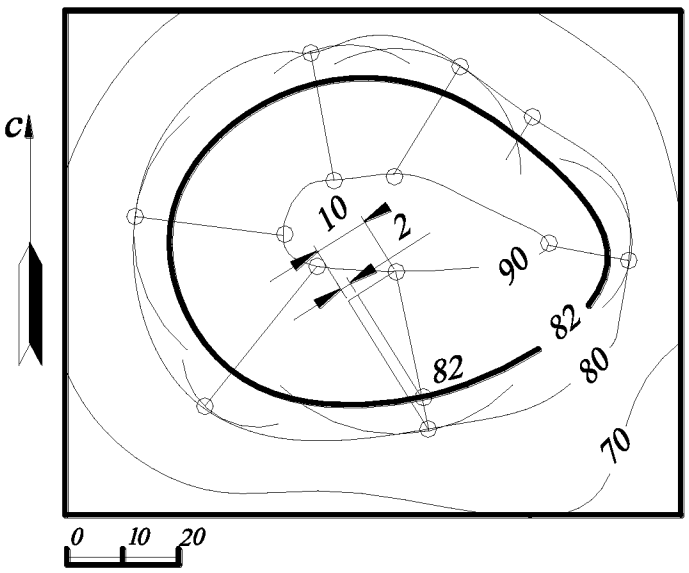


Рис. 76.

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

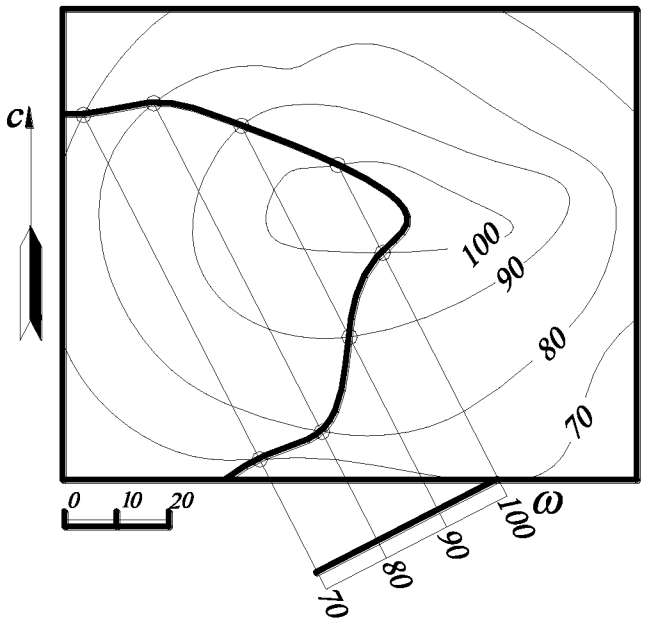


Рис. 77.

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-

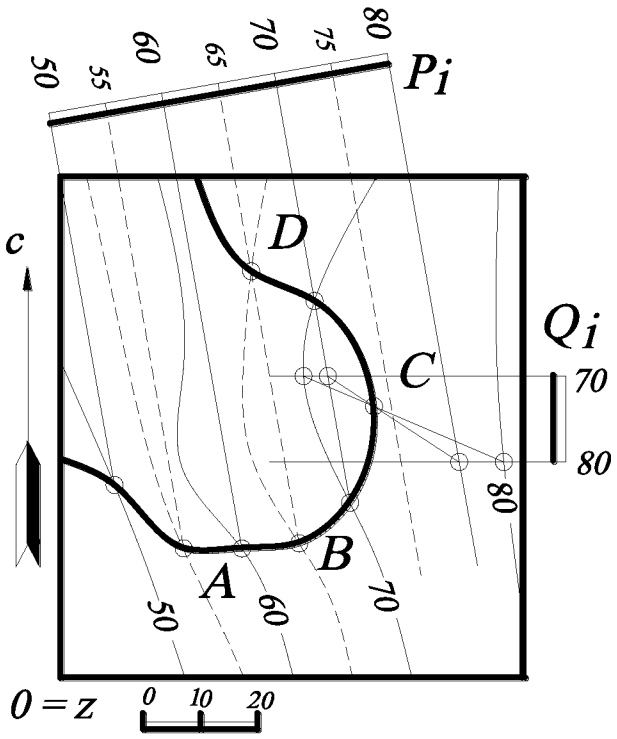


Рис. 78.

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).

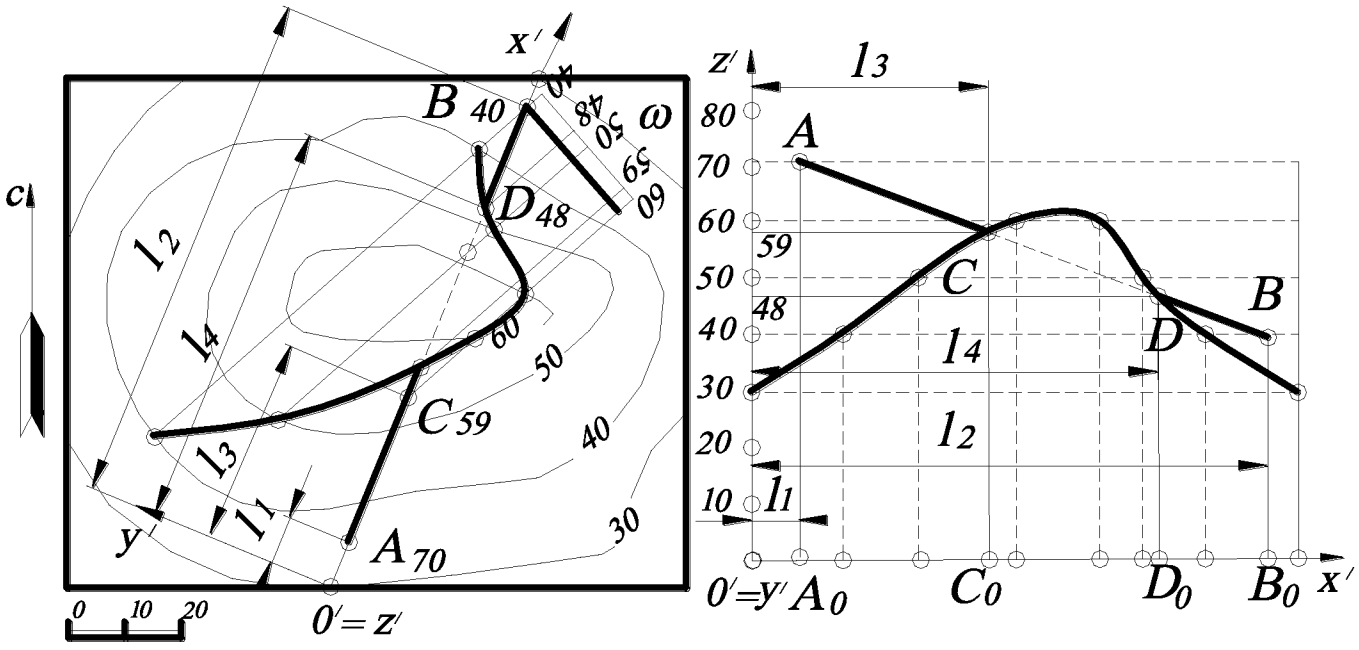


Рис. 79.

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.

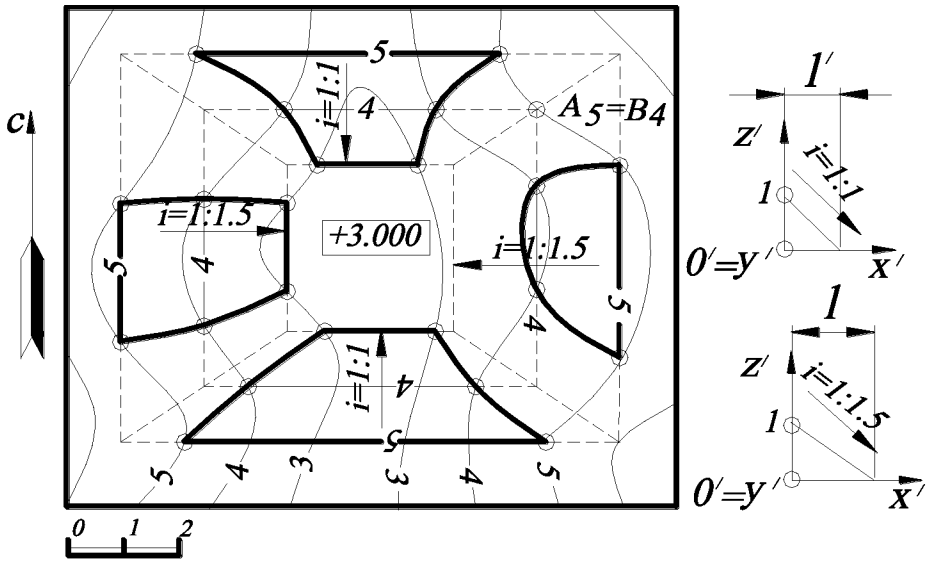


Рис. 80.

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,

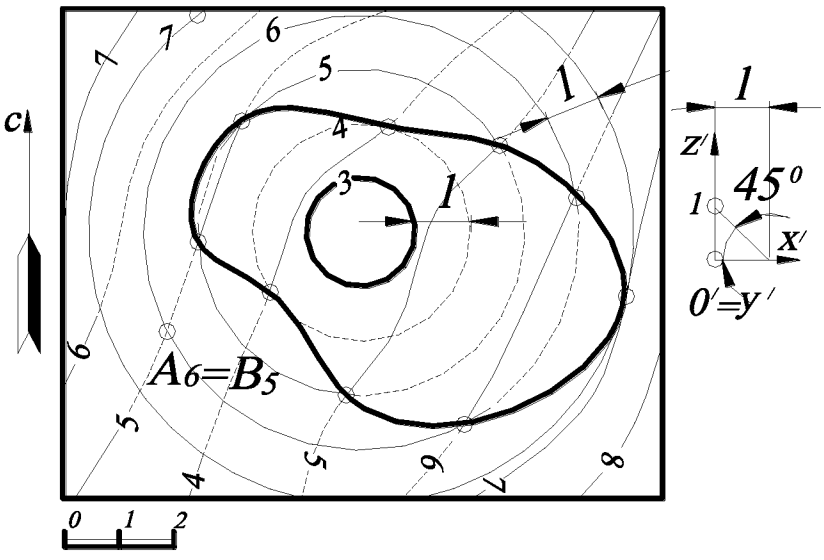
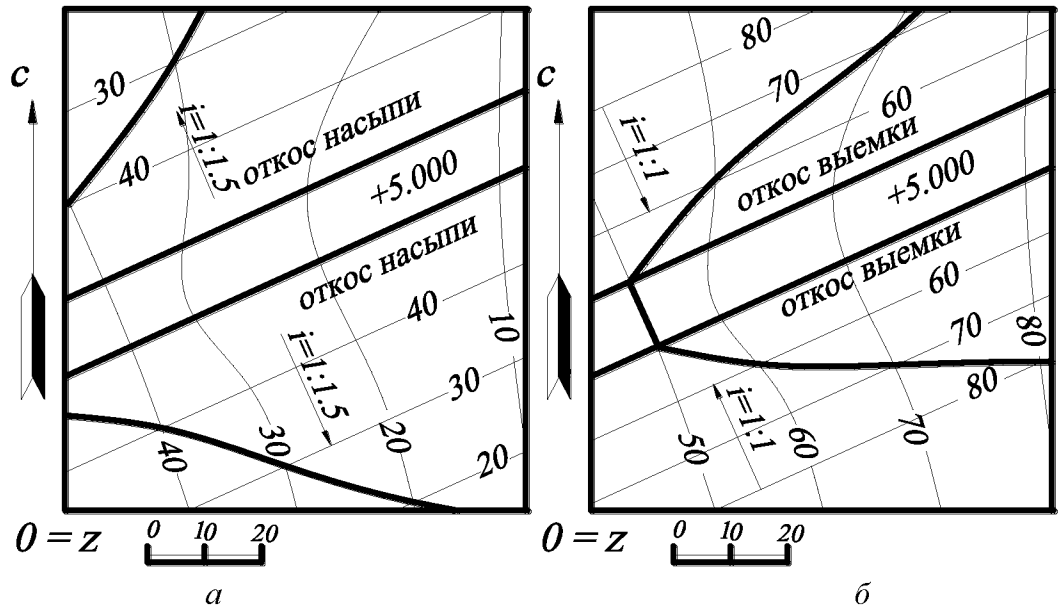


Рис. 81.

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.

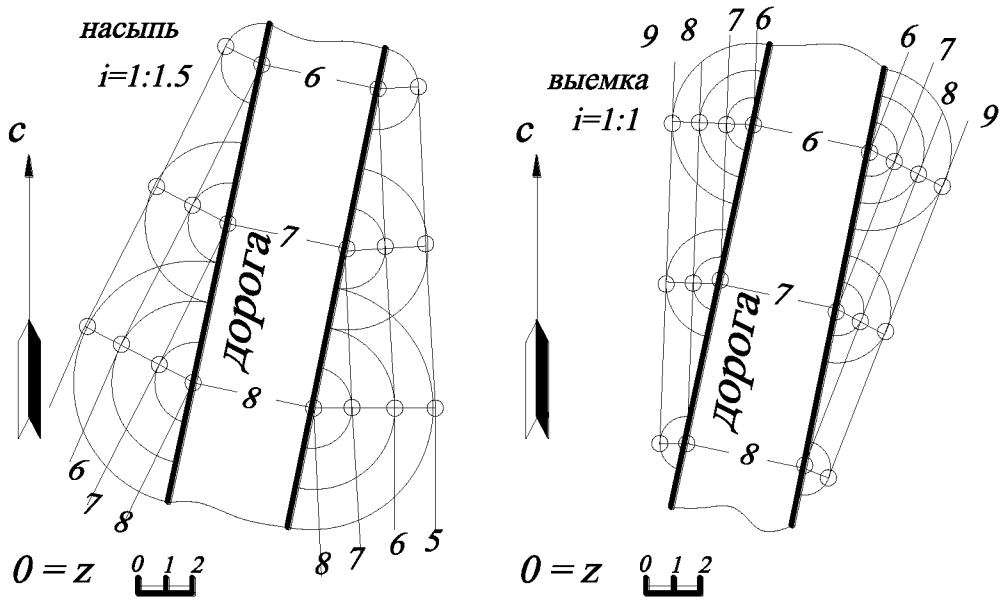


а *б*

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).



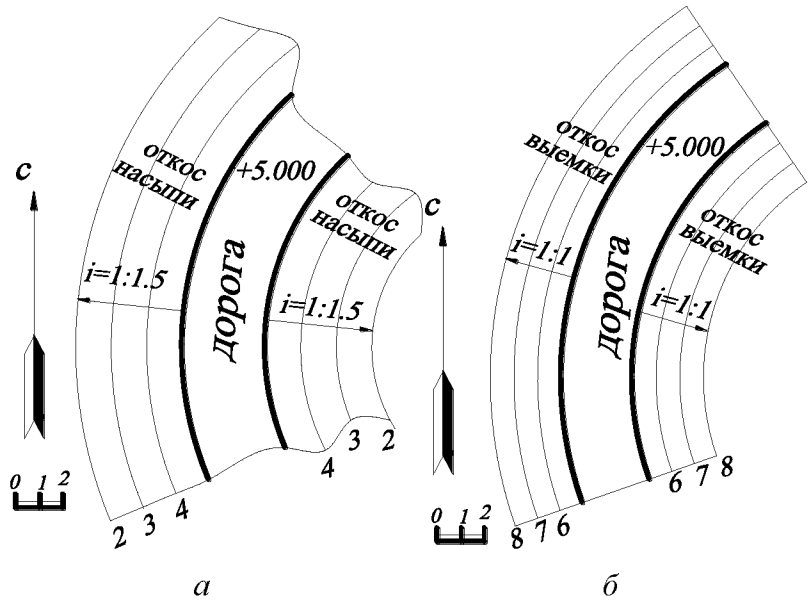
а *б*

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.



а *б*

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.

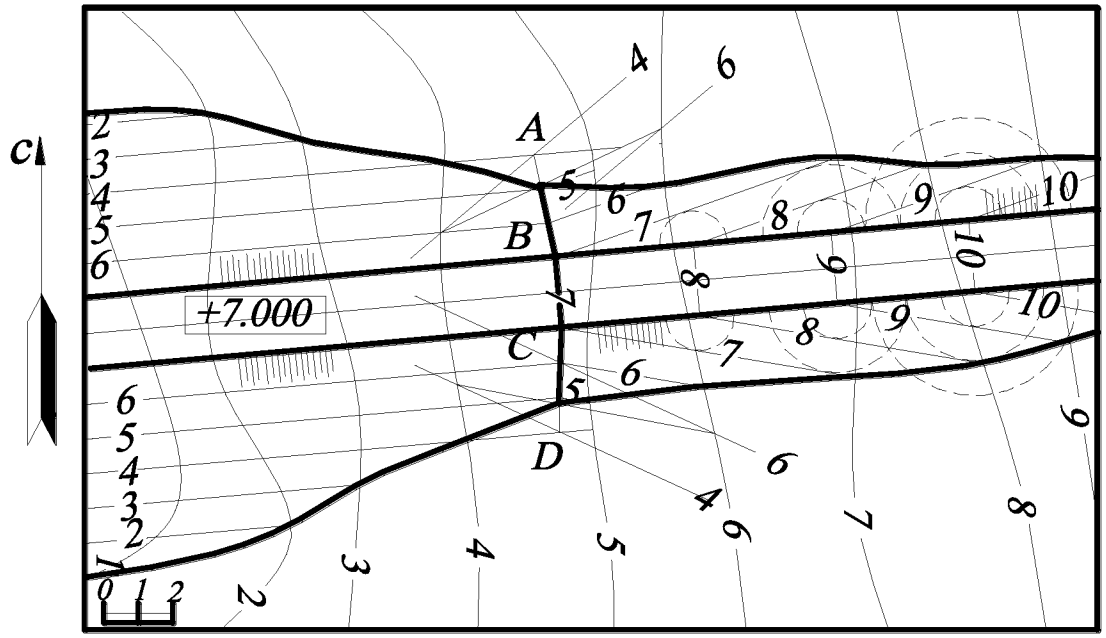


Рис. 85.

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

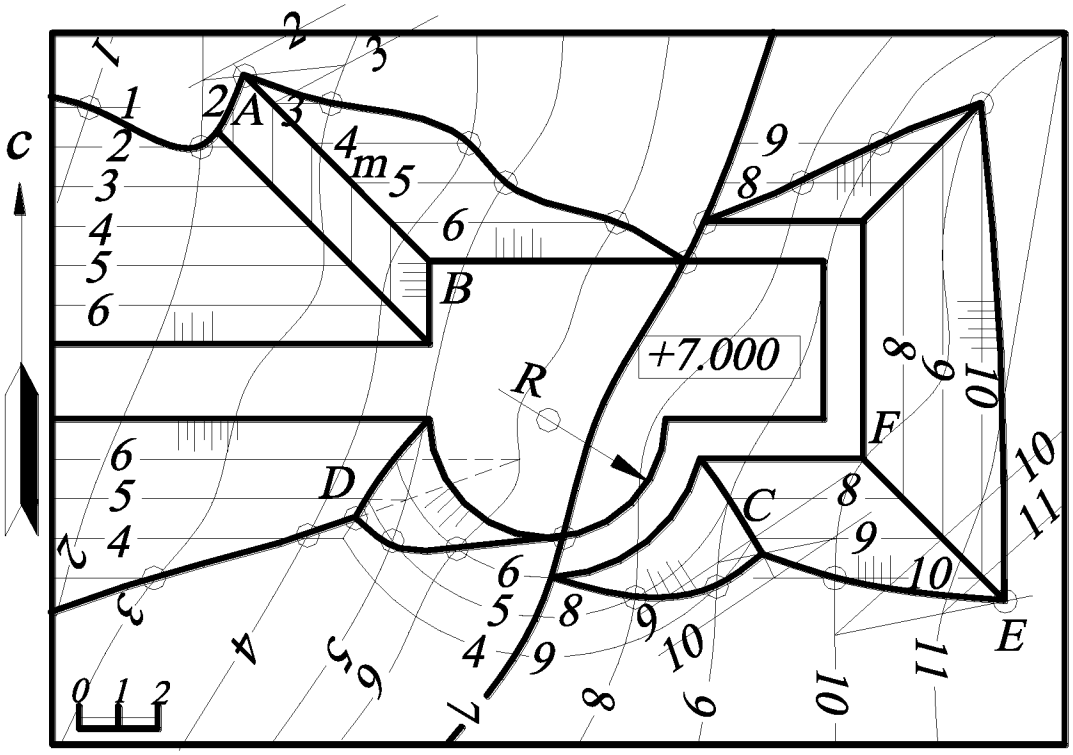


Рис. 86.

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.

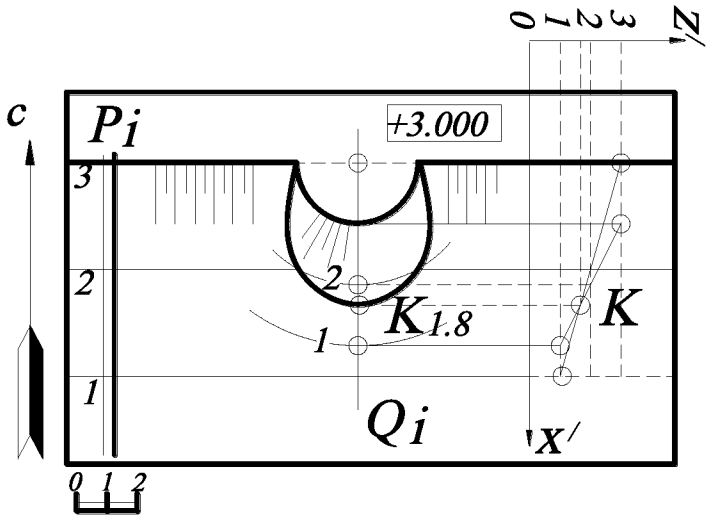


Рис. 87.

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

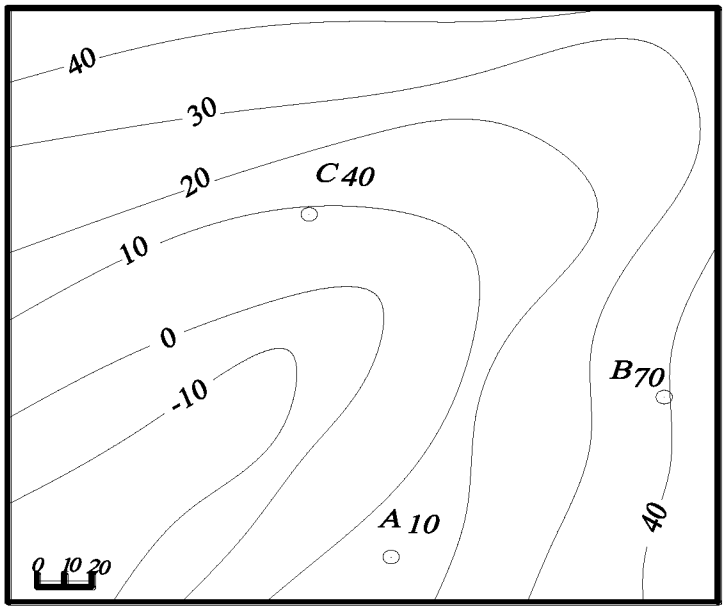


Рис. 88.

простирания, проходящий через точку C_{40}, и построить срез по горизонту ***13*** (рис. 88).

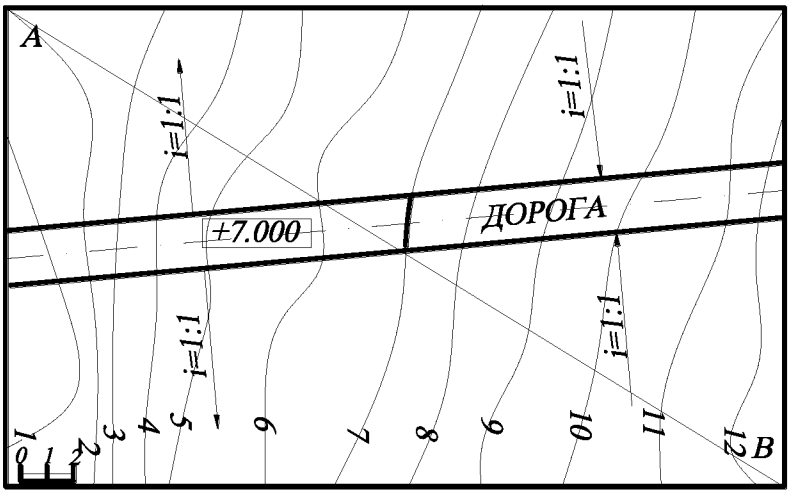


Рис. 89.

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).

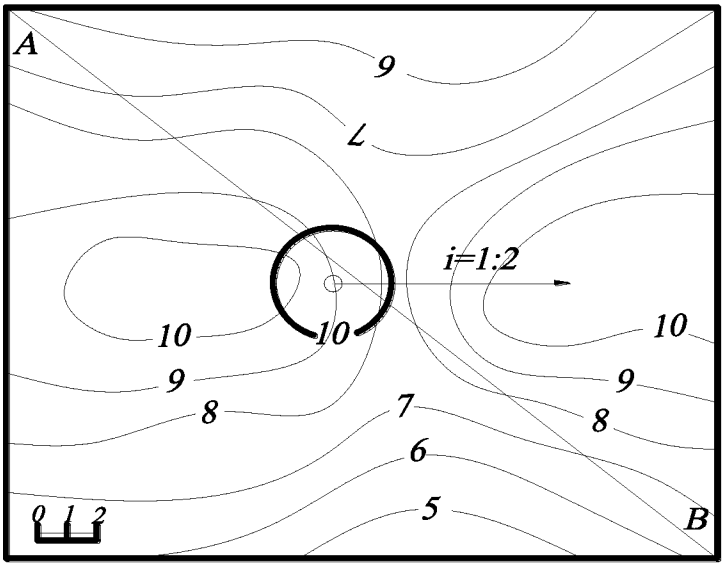
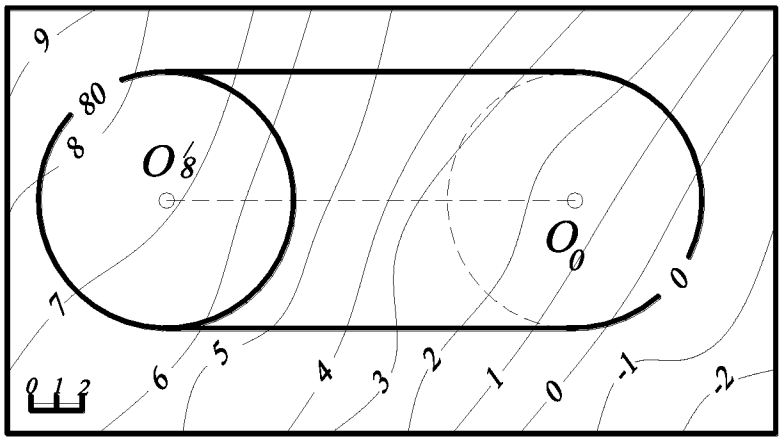


Рис. 90.

5.4. Построить линию пересечения топографической и цилиндрической поверхностей (рис. 91).



5.5. Задан план участка местности и проектируемой на этом участке горизонтальной площадки с отметкой ***8***. Построить границы откосов с заданными уклонами (рис. 92).

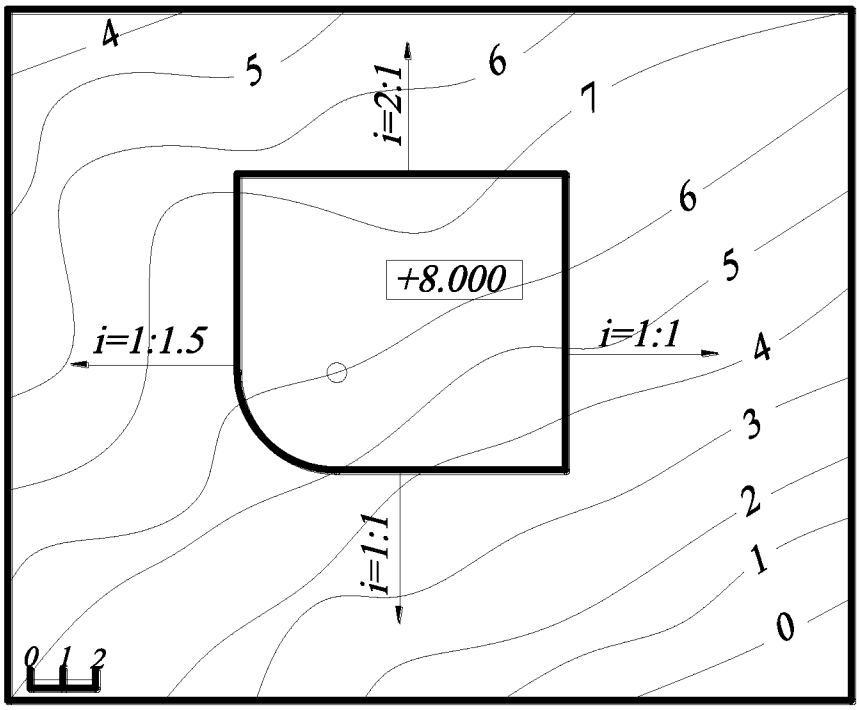


Рис. 92.

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.

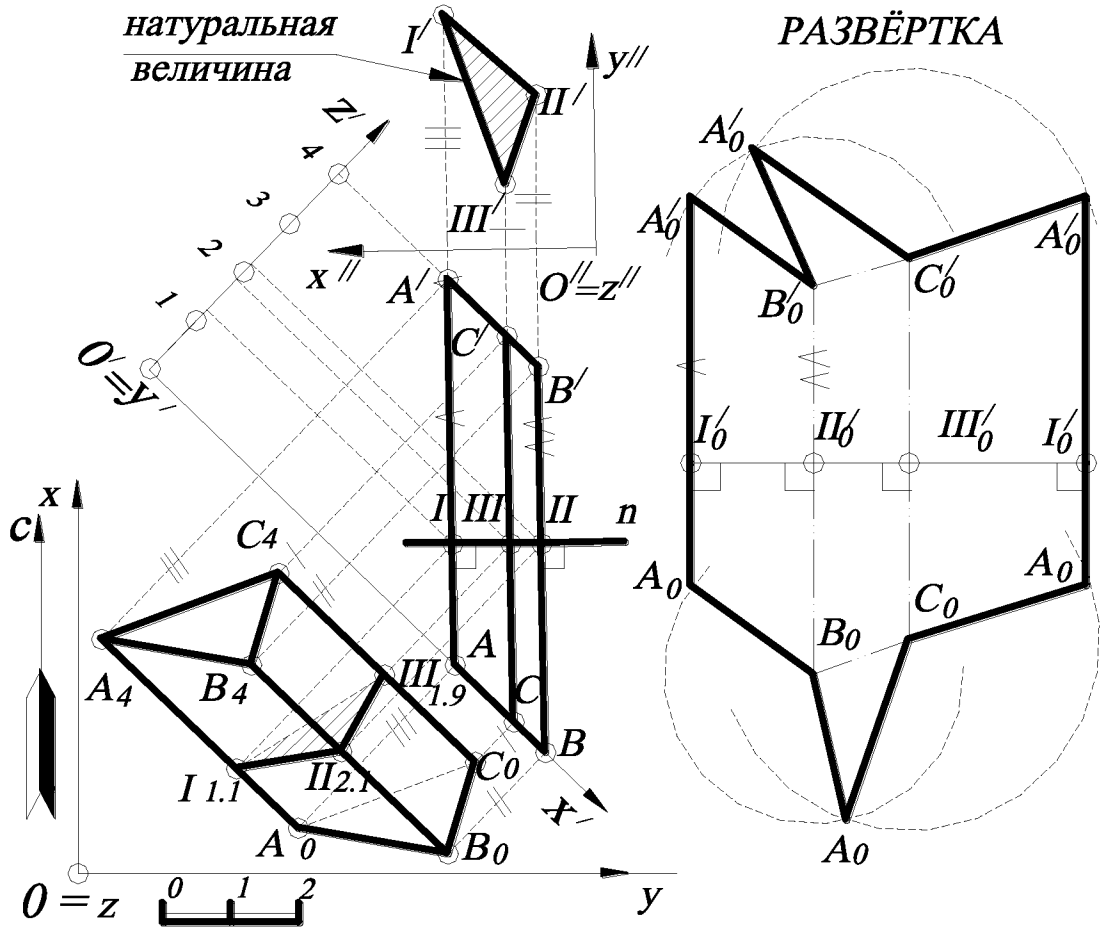


Рис. 93.

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 $K_{0.5}$.

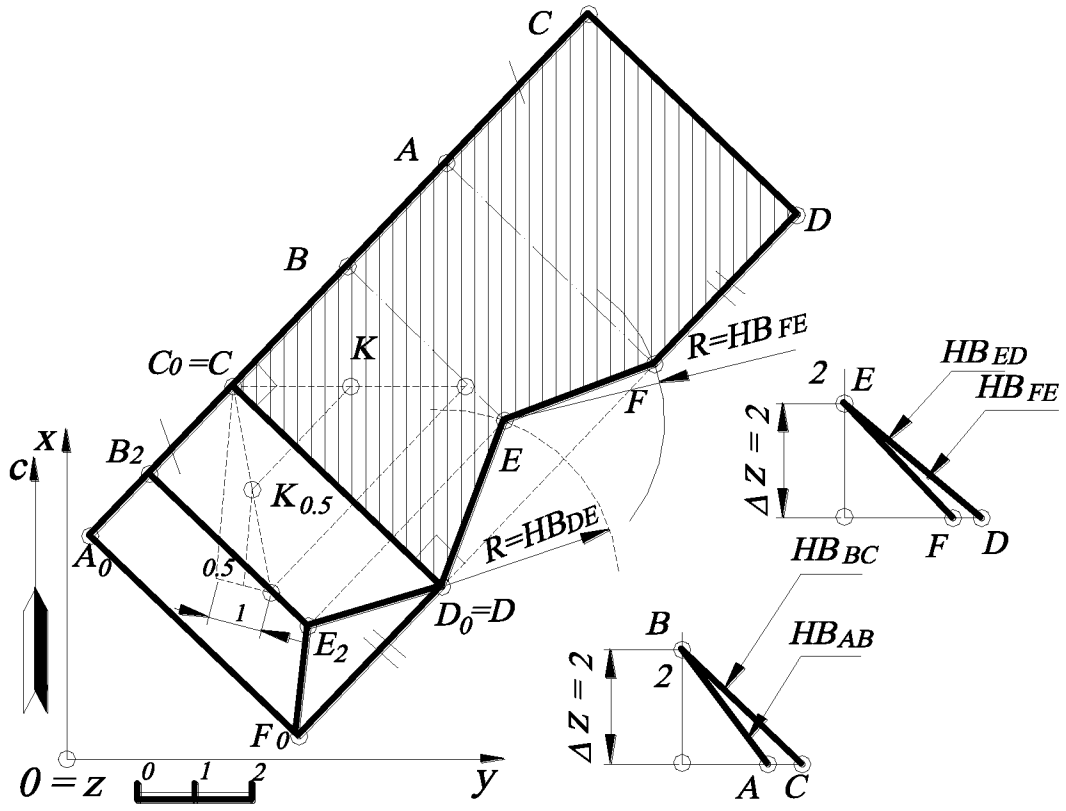


Рис. 94.

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.

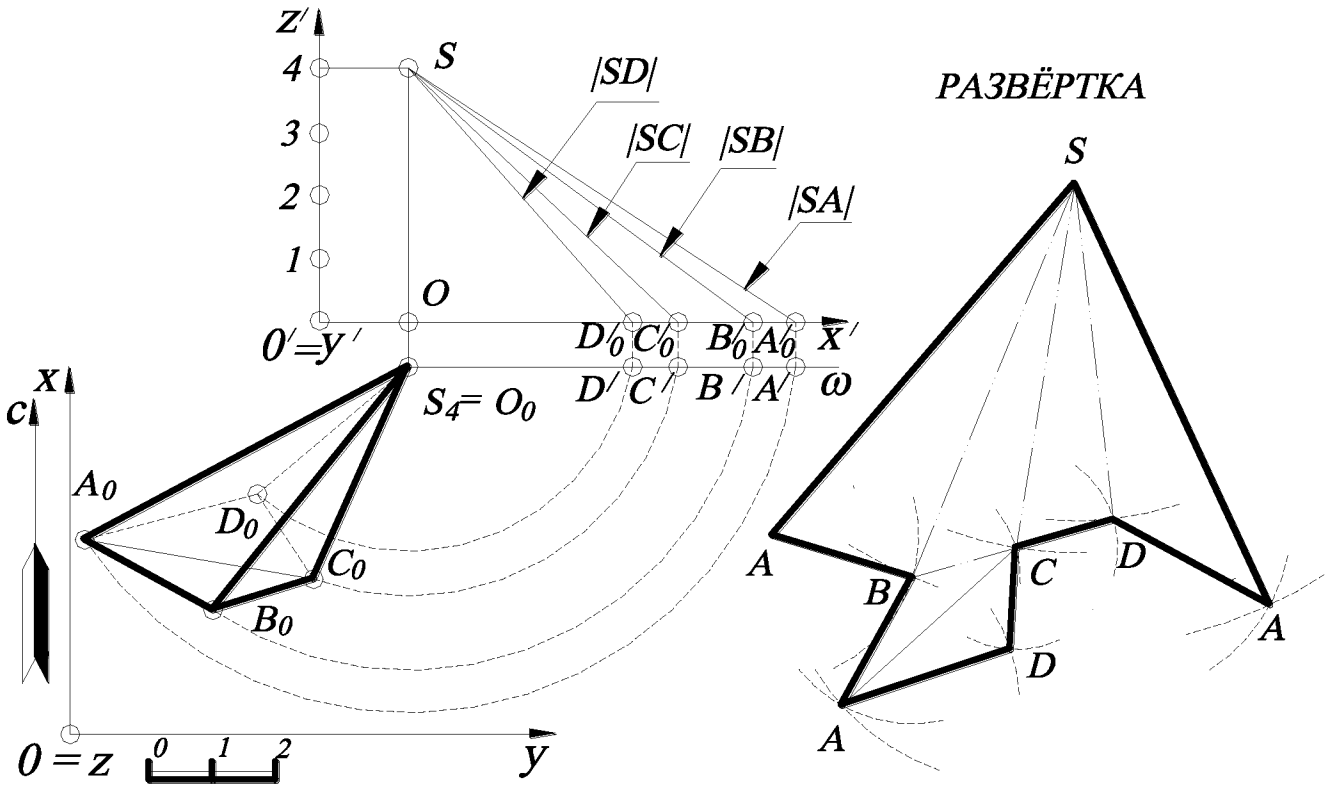


Рис. 95.

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.

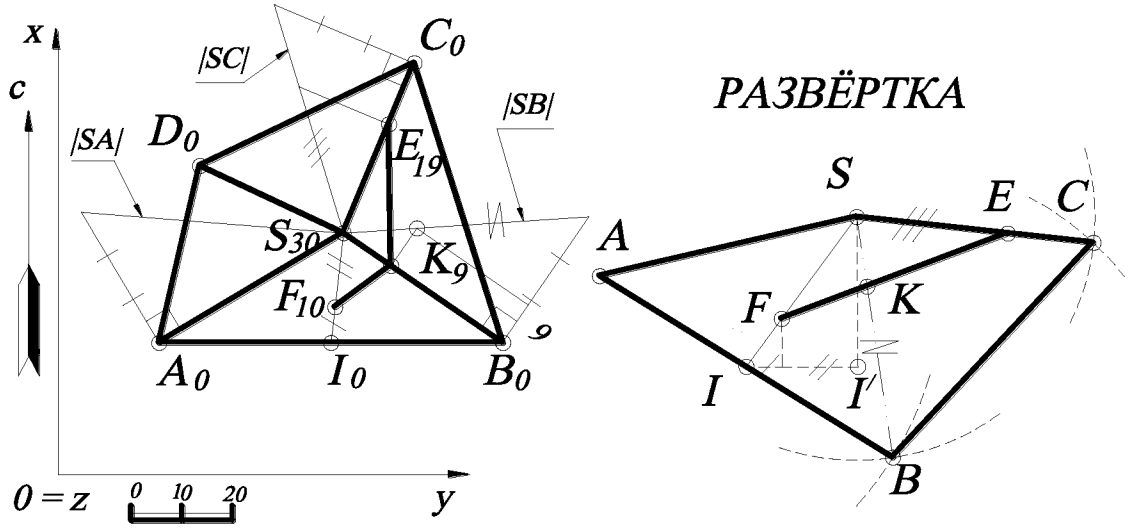


Рис. 96.

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.

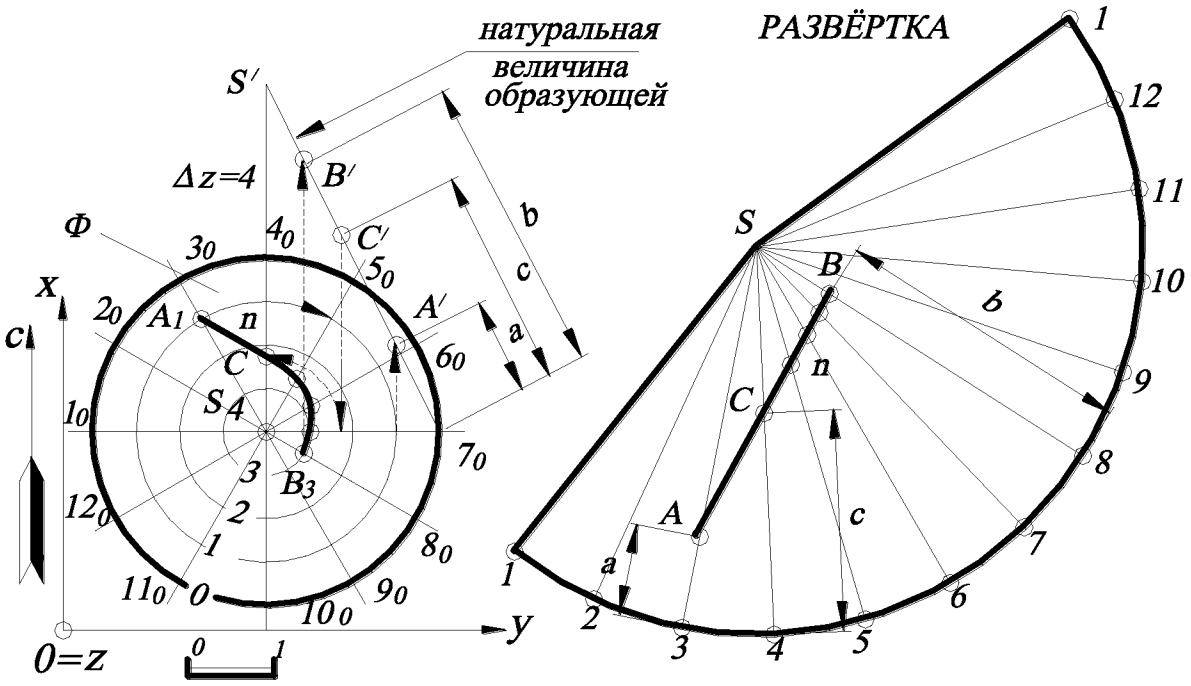


Рис. 97.

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.

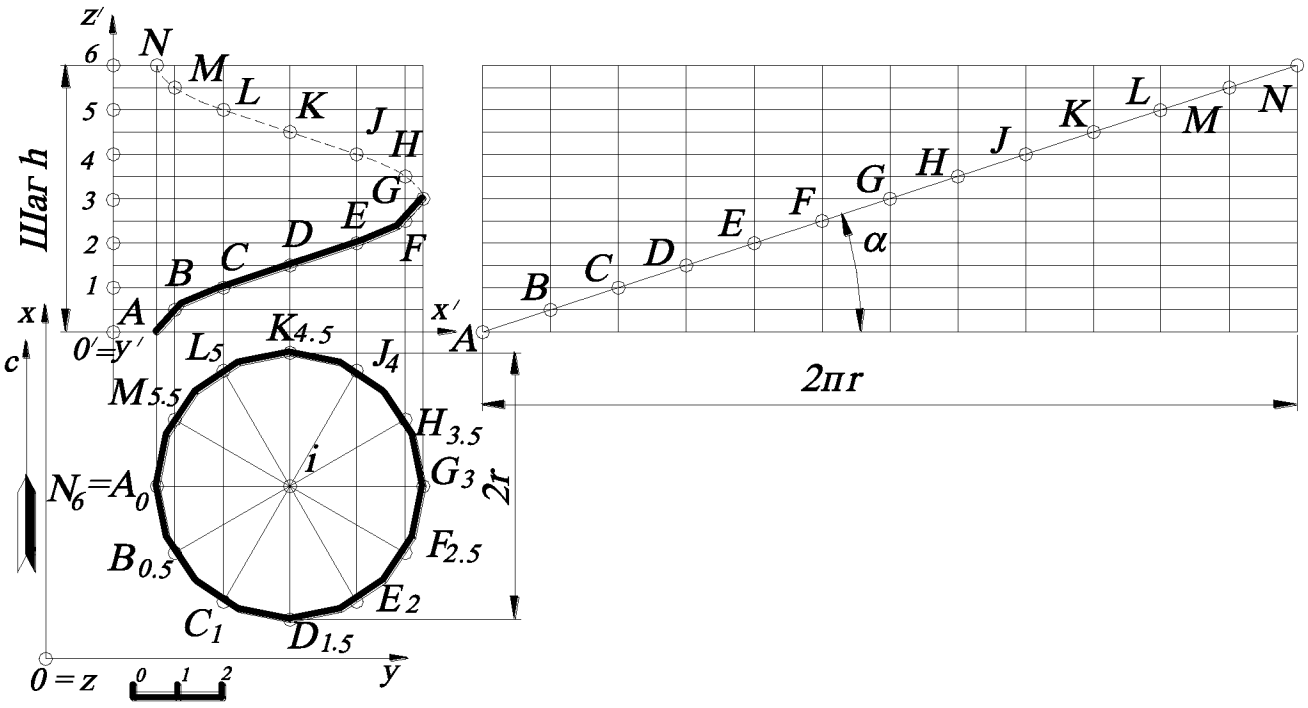


Рис. 98.

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).

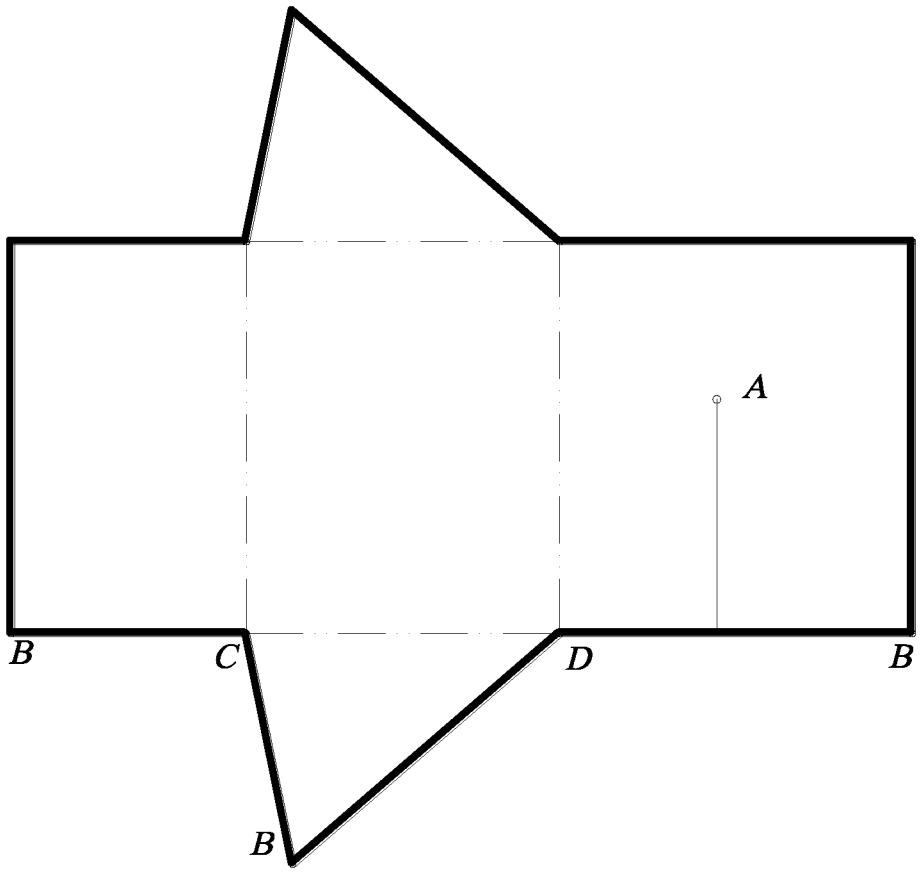


Рис. 99.

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).

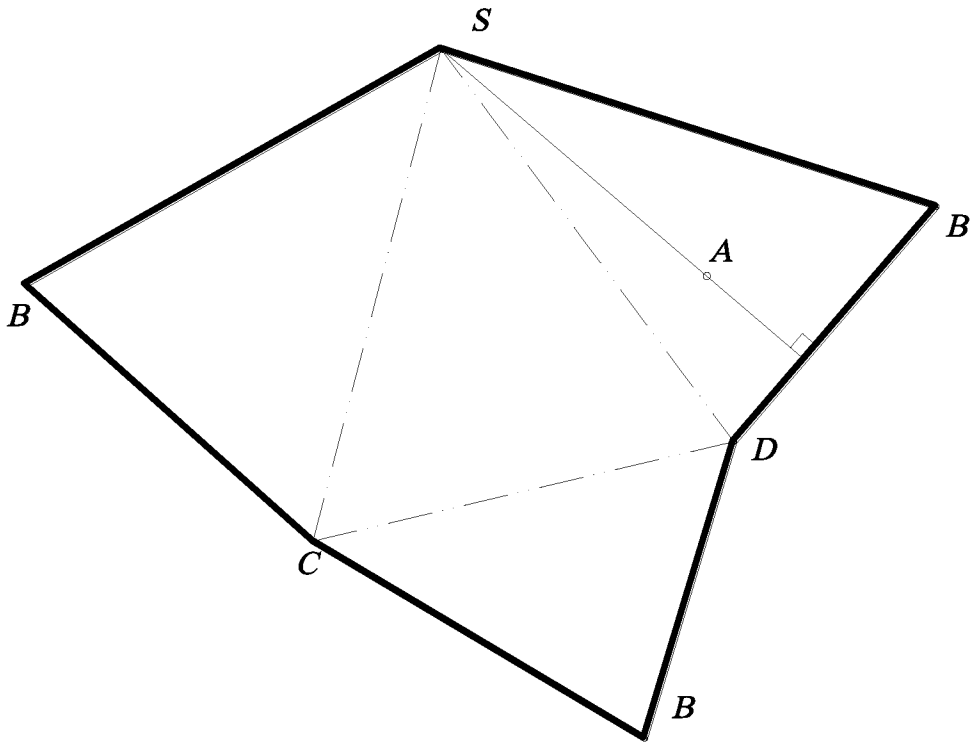


Рис. 100.

6.11. Построить полную развёртку поверхности конуса с вершиной S_{45} и радиусом основания ***R=30 мм*** (рис. 101)

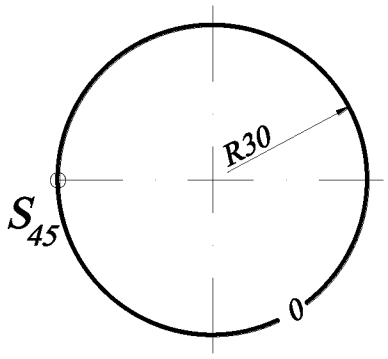


Рис. 101.

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).

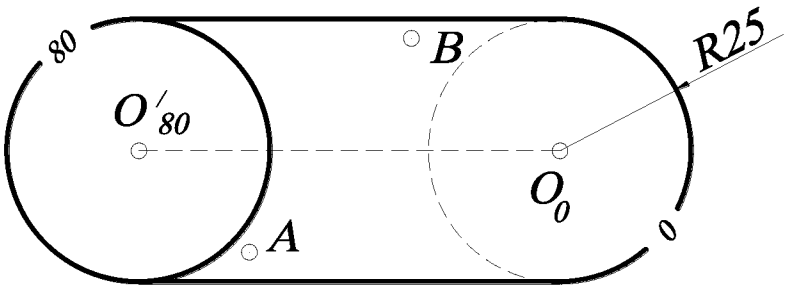


Рис. 102.

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 ($\boldsymbol{a}$).

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 ($\boldsymbol{A} \wedge \boldsymbol{a}$).

7. Геометрическое место прямых, проходящих через определенную точку на данной прямой и наклоненной к последней под заданным углом ω, есть поверхность прямого кругового конуса ($\boldsymbol{A} \wedge \boldsymbol{a}$).

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 $\boldsymbol{90^0-\omega}$. Всякая плоскость, касательная к такому конусу, будет наклонена под углом $\boldsymbol{90^0-\omega}$ к этой плоскости нормального сечения.

8. Геометрическое место точек, равноудаленных от заданной точки и плоскости, есть линия (две линии) пересечения плоскости со сферой ($\boldsymbol{A}\wedge\boldsymbol{\alpha}$).

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 ($\boldsymbol{A}\wedge\boldsymbol{\Phi}$).

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 ($a_1 \parallel a_2$).

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 ($a_1 \parallel a_2 \parallel a_3$).

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 ($a_1 \overline{-} a_2$) 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 ($a \wedge \alpha$). 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 ($\alpha \perp a$) и плоскости и пересекающей ее прямой ($\alpha \cap a$).

17. Геометрическое место точек, равноудаленных от прямой и параллельной ей плоскости, есть в общем случае прямые пересечения прямого кругового цилиндра и двух плоскостей ($a \parallel \alpha$).

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 ($a \wedge \Phi$)

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).

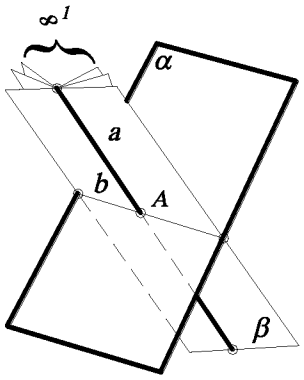
Кроме этих алгоритмов решения позиционных задач в табл. 8 представлен алгоритм основной метрической задачи.

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)

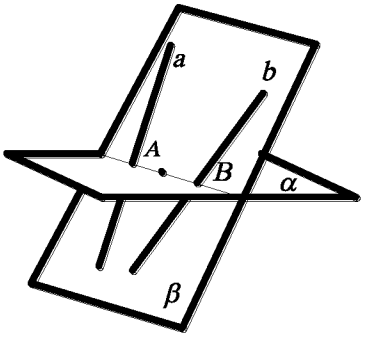
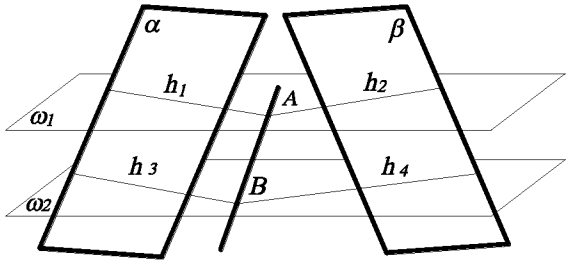
Алгоритм А 2.1	
1. Находят точку A пересечения прямой a с плоскостью α, используя алгоритм А1.	
2. Находят точку B пересечения прямой b с плоскость α, используя алгоритм А1.	
3. Строят прямую AB – линию пересечения заданных плоскостей α и β.	
4. Определяют видимость плоскостей методом конкурирующих точек.	
Примечание. В проекциях с числовыми отметками линию пересечения плоскостей строят как пересечение двух прямых-горизонталей с одинаковыми числовыми отметками.	

Таблица 3

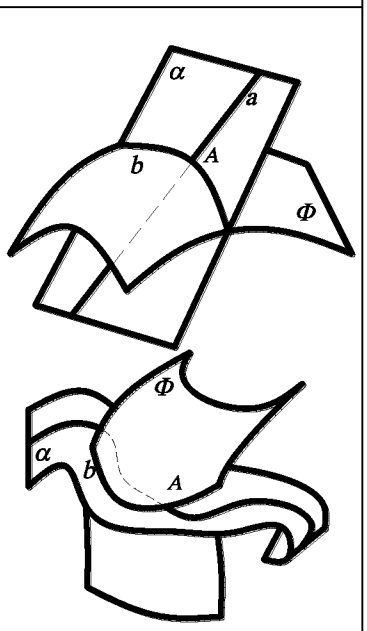
Построение линии пересечения двух плоскостей

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

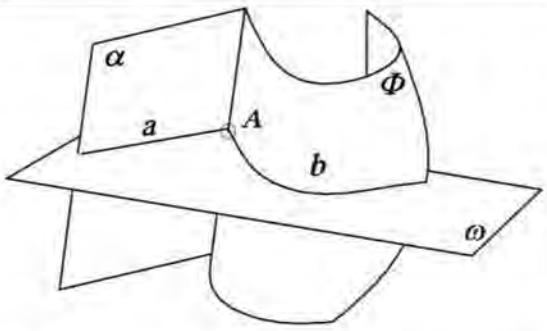
<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 4</td></tr>
<tr><td>1. Выбирают вспомогательную плоскость-посредник ω.</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Строят посредник ω (построение обычно начинают с нахождения опорных (характерных) точек, к которым относятся экстремальные точки (низшие или высшие), 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

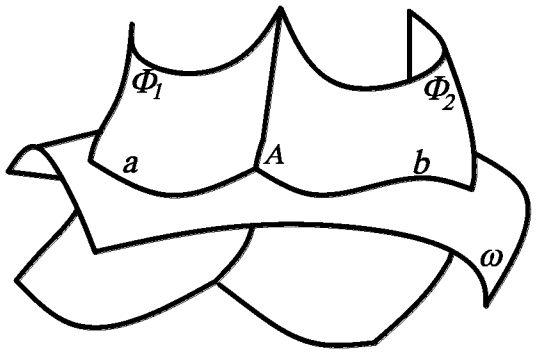
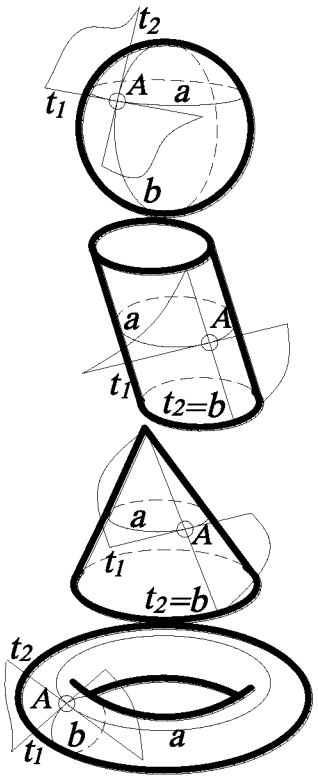
<table>
<tr><td colspan="2">Алгоритм А 5</td></tr>
<tr><td>1. Выбирают вспомогательную поверхность-посредник ω так, чтобы ее пересечение с заданными поверхностями осуществлялось по простым линиям.</td><td rowspan="7"> 
</td></tr>
<tr><td>2. Строят посредник ω (построение обычно начинают с нахождения опорных (характерных) точек, к которым относятся экстремальные точки (низшие или высшие), точки видимости относительно плоскостей проекций).</td></tr>
<tr><td>3. Находят линии a и b, по которым посредник ω пересекает заданные поверхности Φ_1 и Φ_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.	

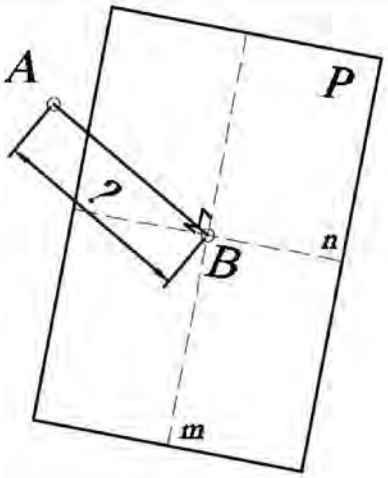
Кроме позиционных задач в начертательной геометрии имеются метрические задачи. Метрическими называют задачи, в которых необходимо определить натуральные значения геометрических величин – длин отрезков, размеры углов, расстояния между геометрическими многообразиями, а также площадь, объём и т. п. Причем 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.

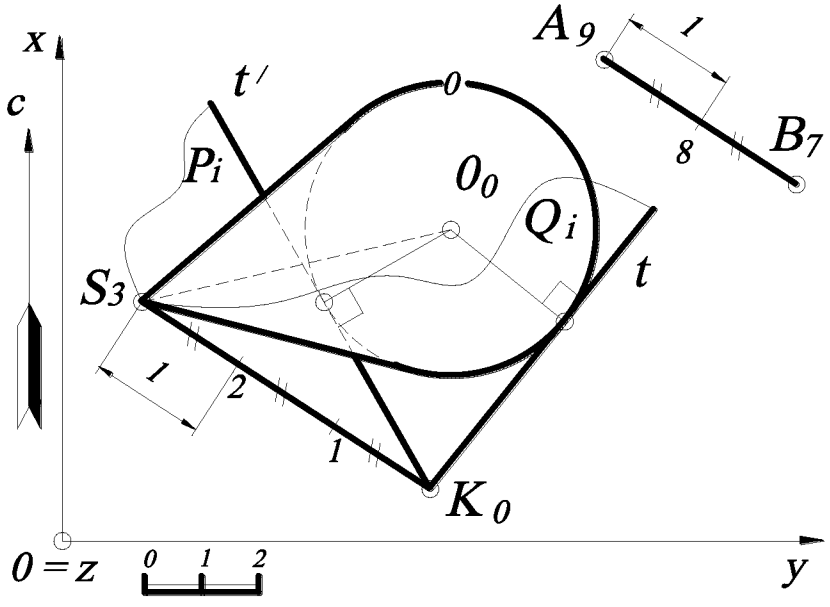


Рис. 103.

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.

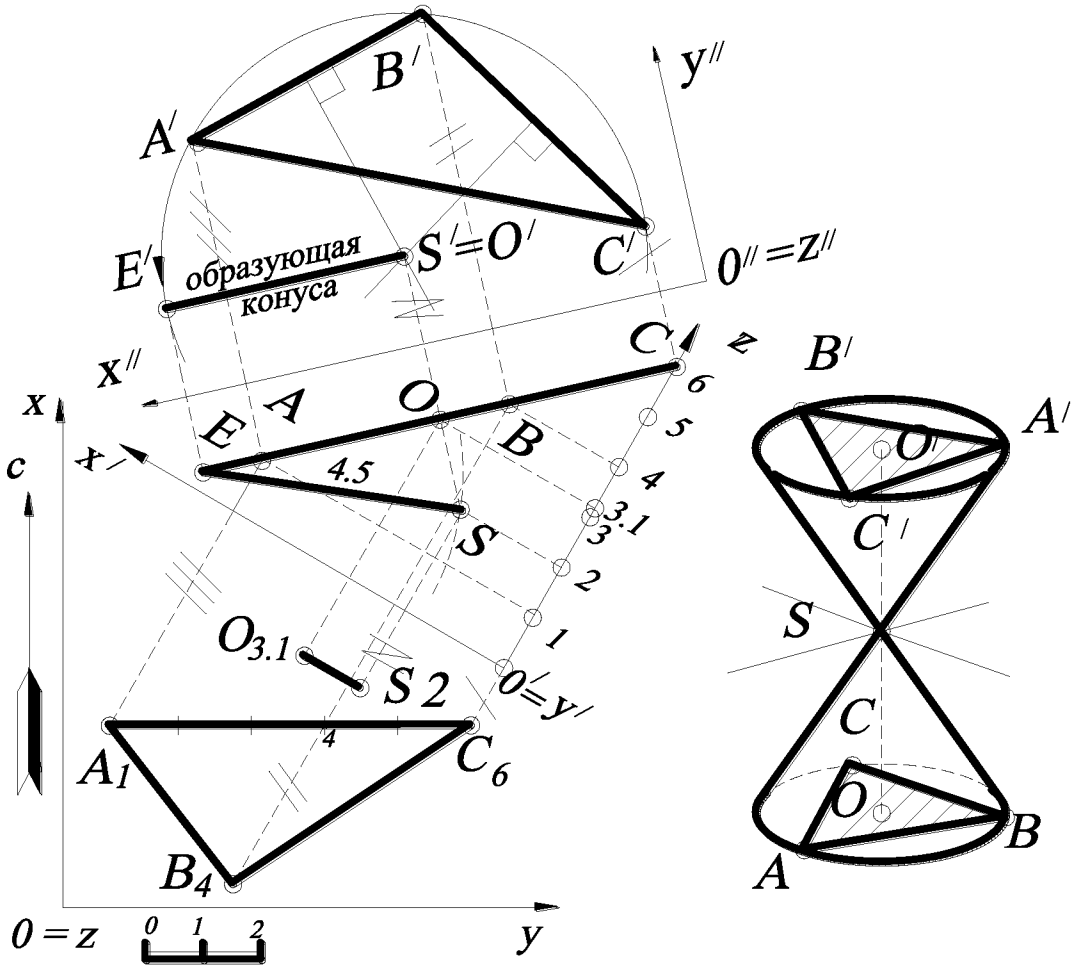


Рис. 104.

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.

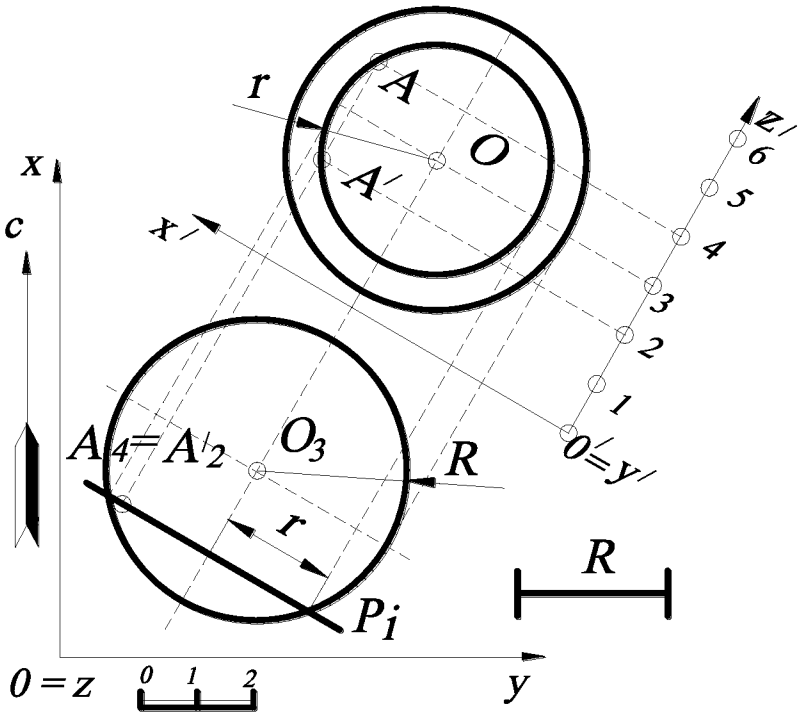


Рис. 105.

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.

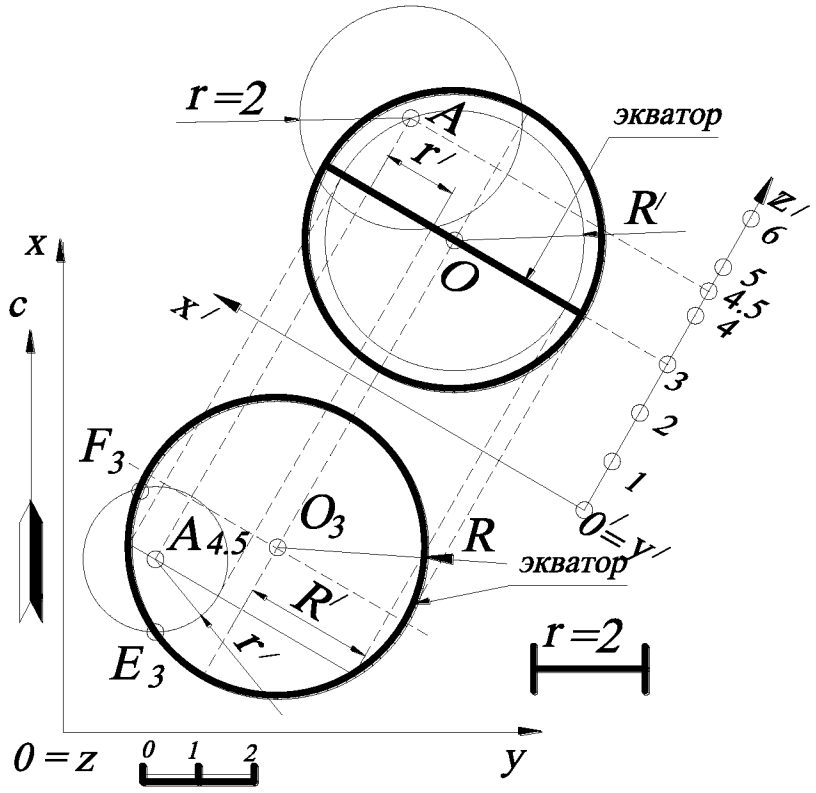


Рис. 106.

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.

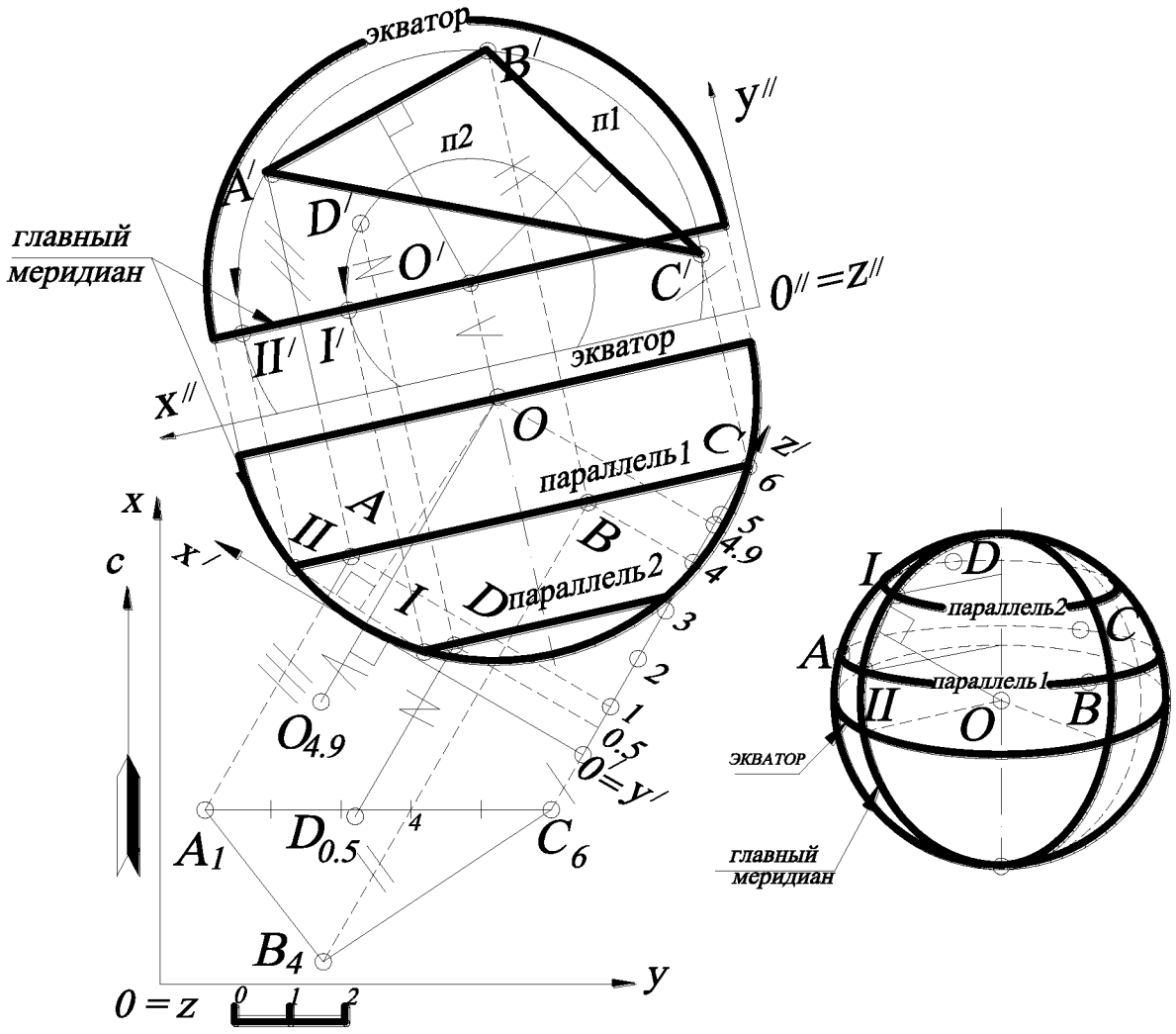


Рис. 107.

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

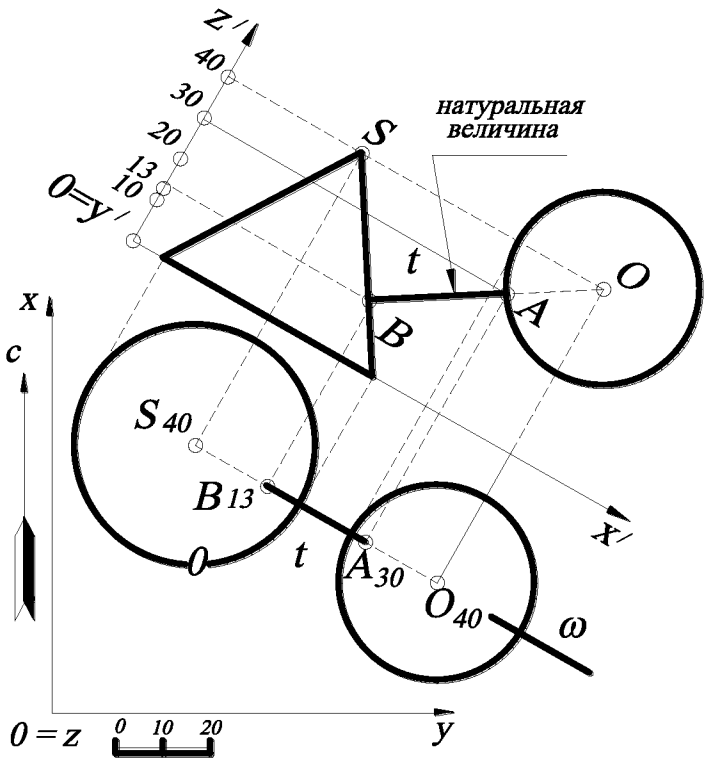


Рис. 108.

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.

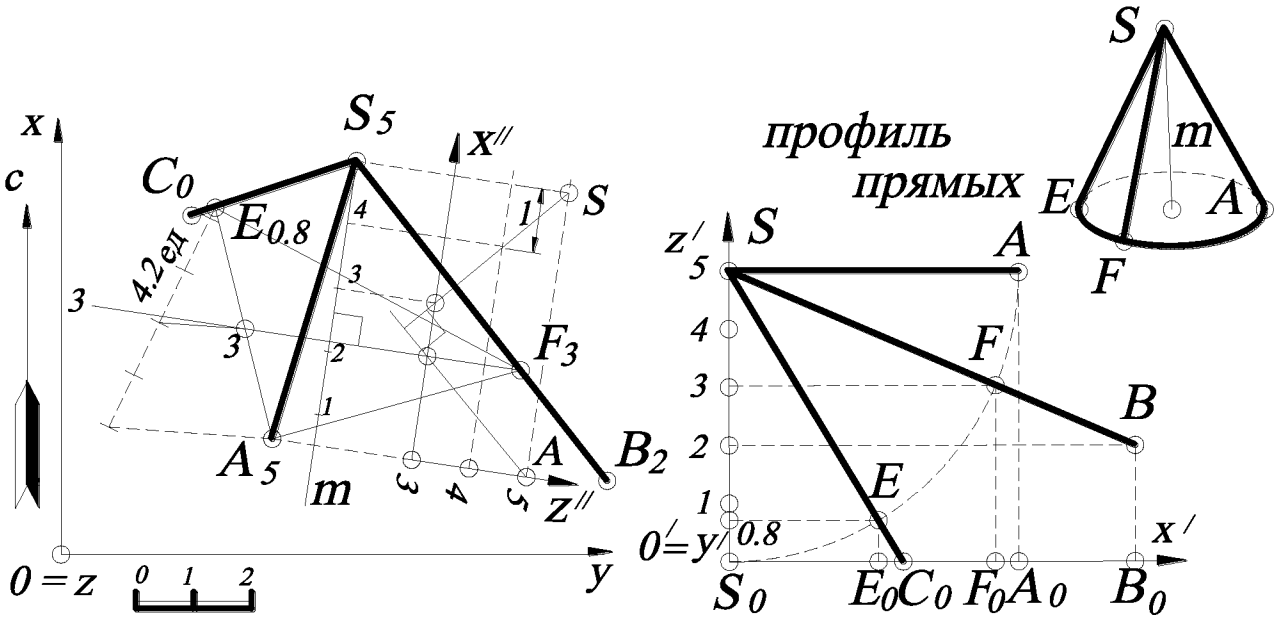


Рис. 109.

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.

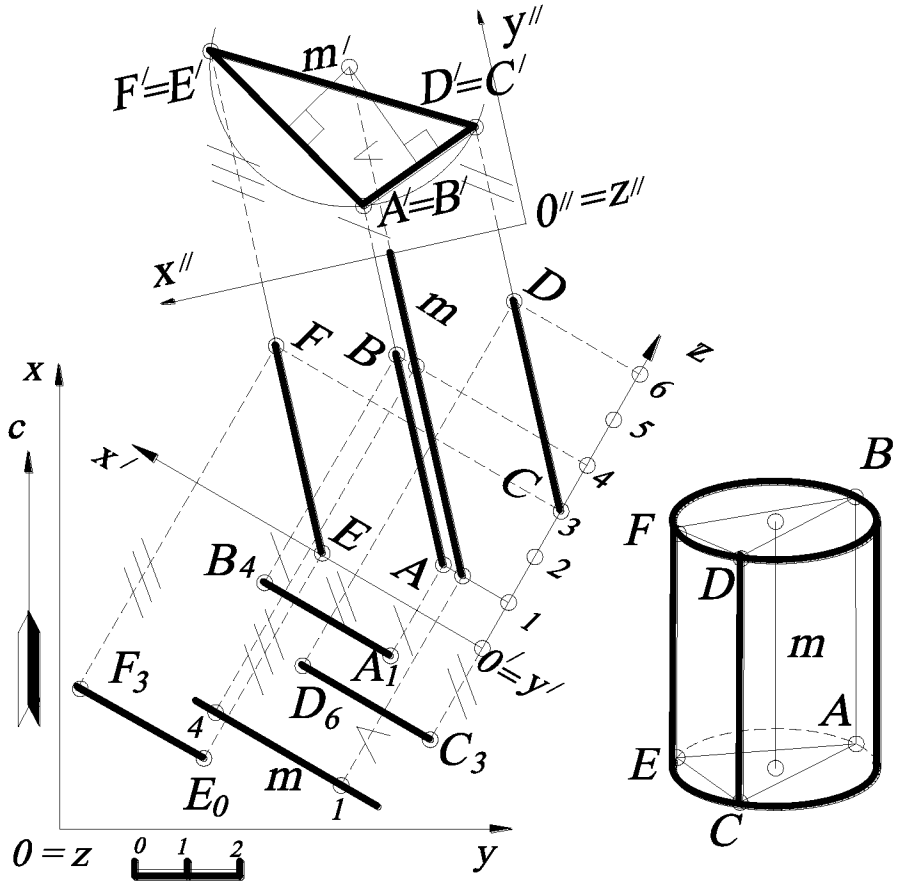


Рис. 110.

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.

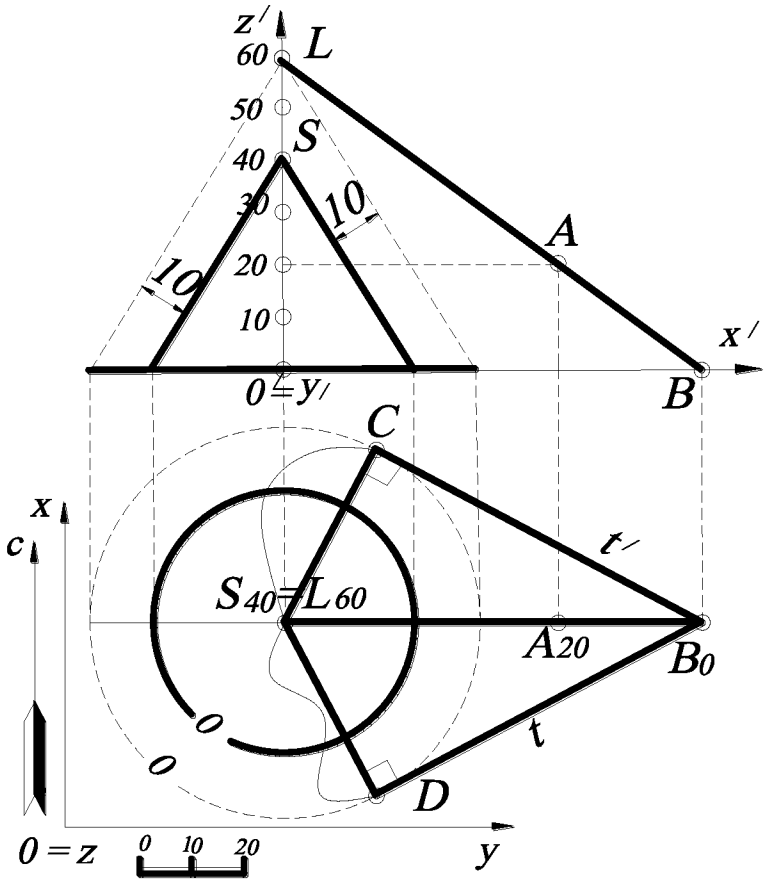


Рис. 111.

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

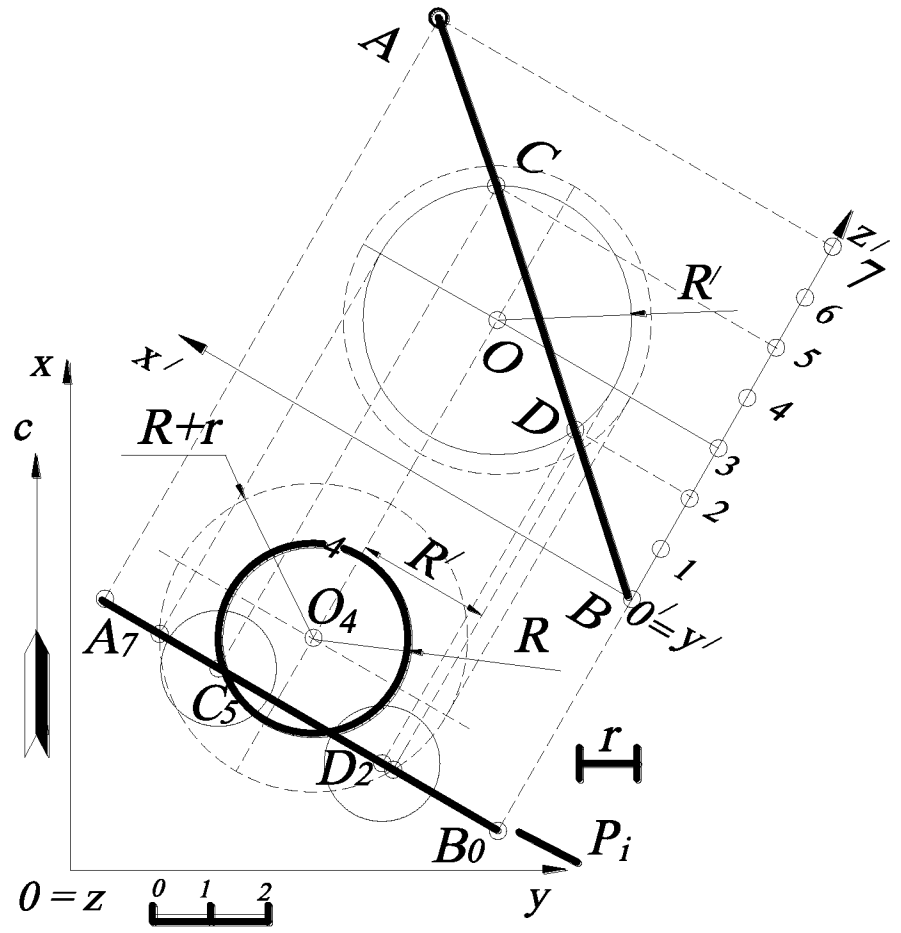


Рис. 112.

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).

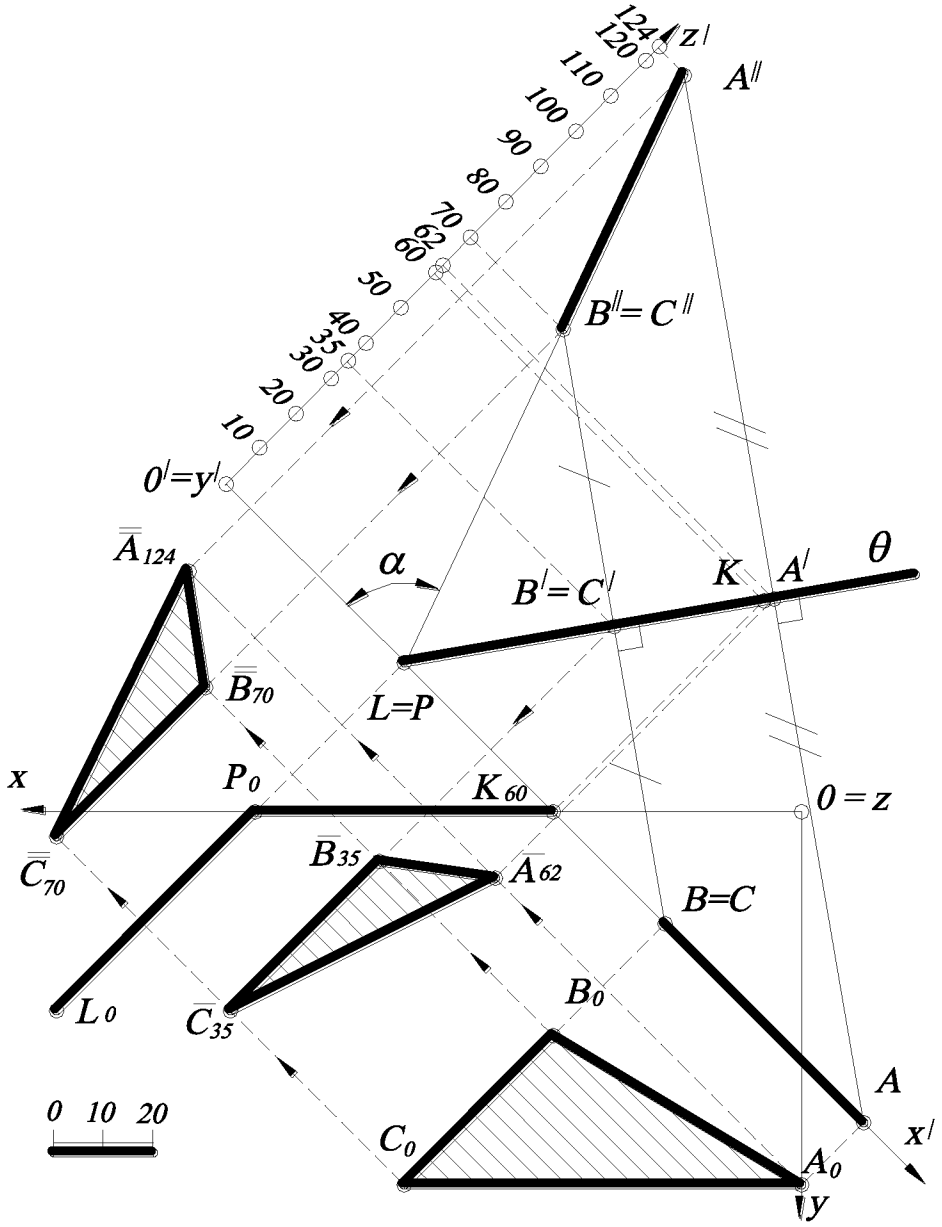


Рис. 113.

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 $x^{/}$ 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 $x^{/}$ 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.

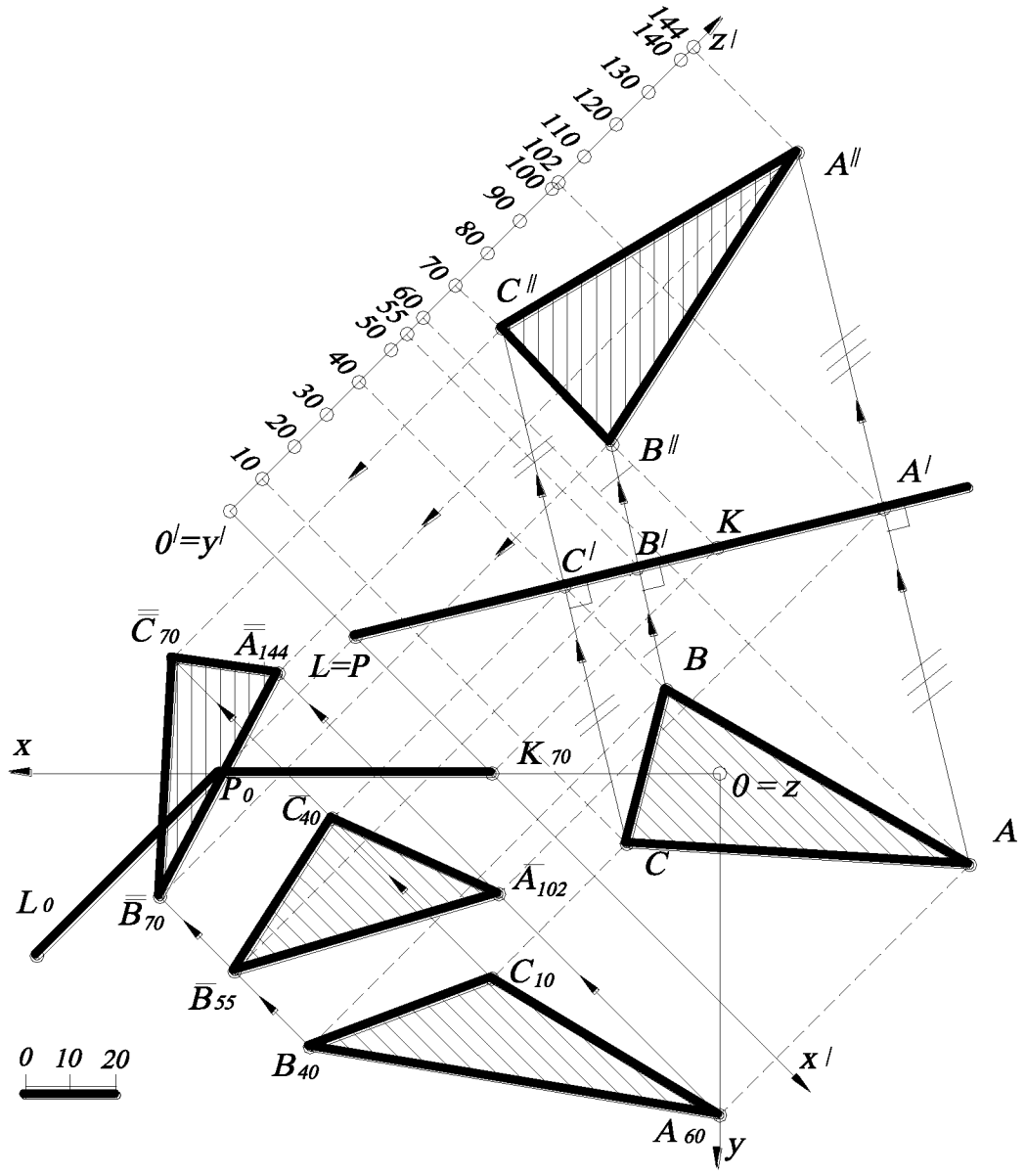


Рис. 114.

Для определения угла между плоскостями $A_{60}B_{40}C_{10}$ и $\bar{\bar{A}}_{144}\bar{\bar{B}}_{70}\bar{\bar{C}}_{70}$ 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).

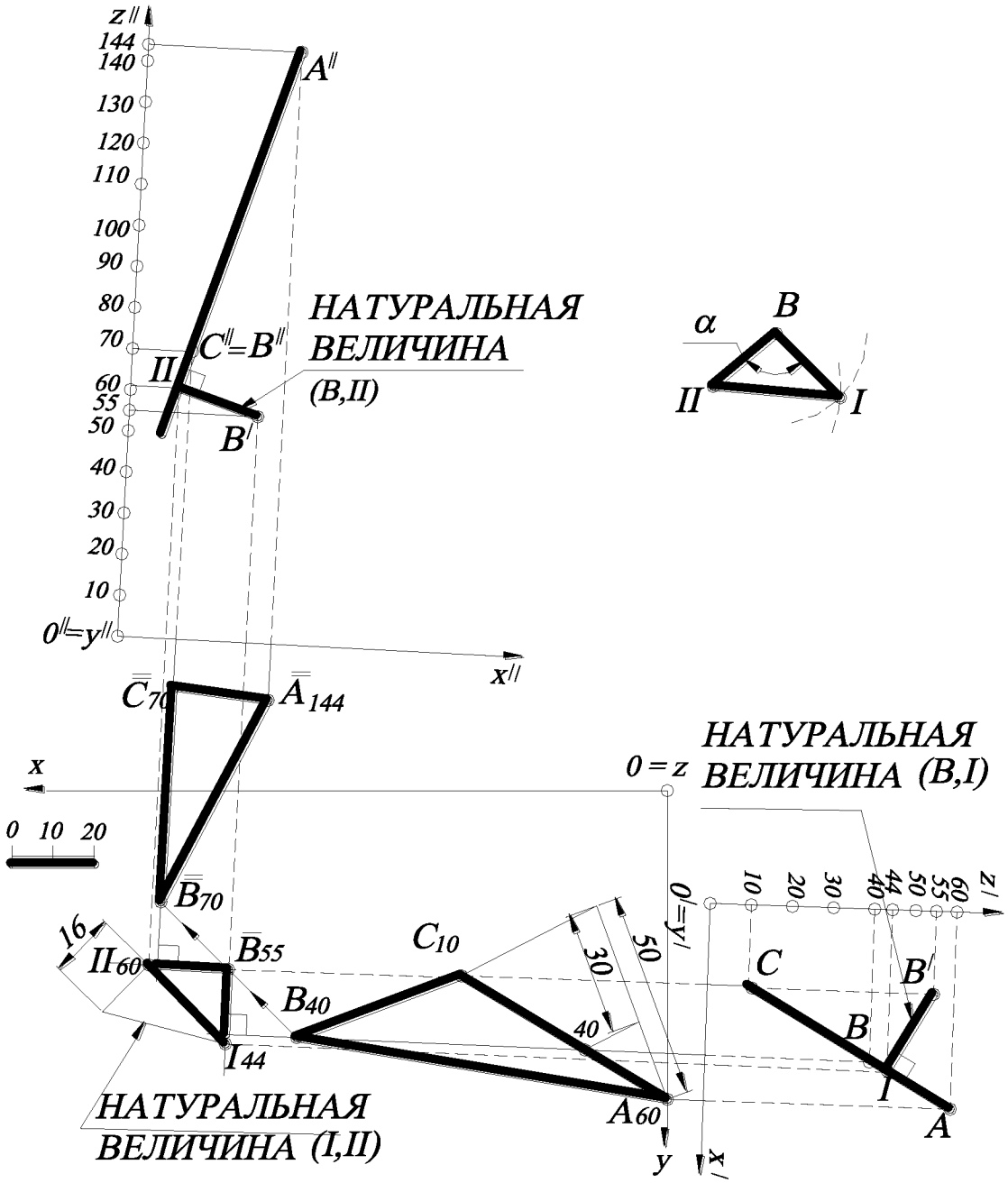


Рис.115.

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 60x84 $^{1}/_{16}$. 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

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.

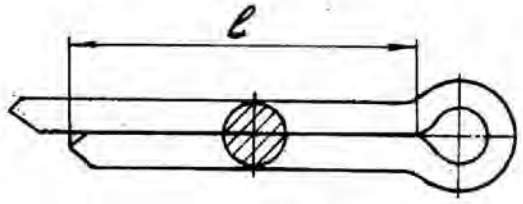


Рис. 1. Шплинт

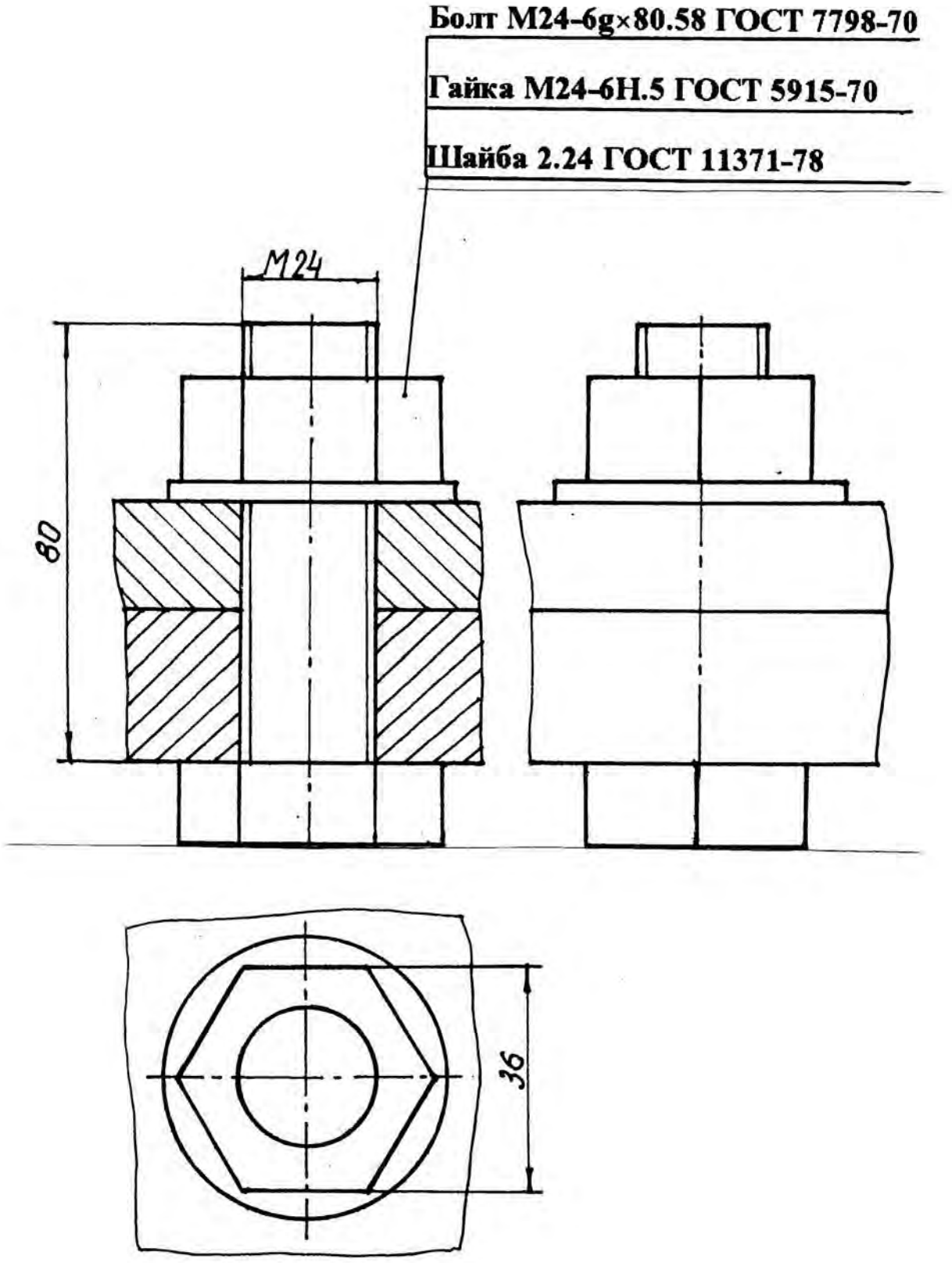


Рис. 2. Чертеж болтового соединения

Исходные данные

Таблица 1

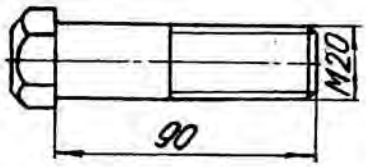
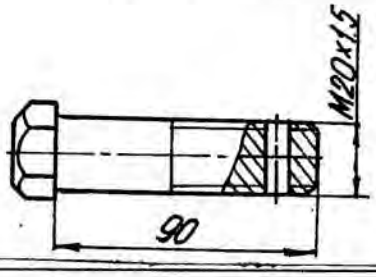
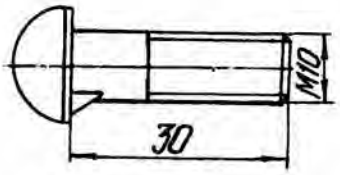
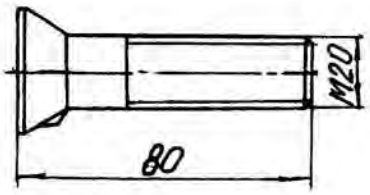
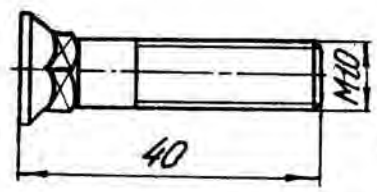
Номер варианта	БОЛТ					ГАЙКА		ШАЙБА
	Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм	Исполнение	Толщина деталей	Номер ГОСТ	Исполнение	Номер ГОСТ	Номер ГОСТ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20	2,5	1	40 40	7796-70	2	5915-70	11371-78
2	10	1,5	1	30 30	7783-81	1	5916-70	11371-78
3	10	1,25	4	10 20	7798-70	2	5918-73	6958-78
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

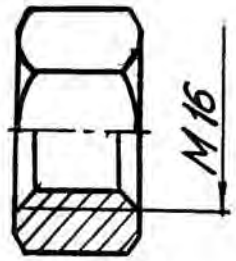
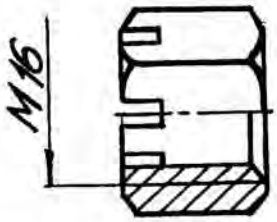
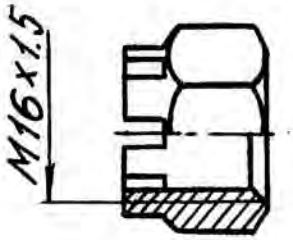
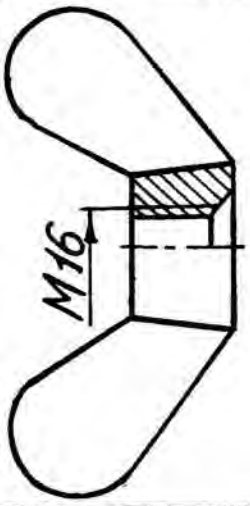
Изображение	Условные обозначения	Расшифровка обозначения
	**Гайка М16-6Н.5 ГОСТ 5915-70**	**Гайка исполнения 1, с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса прочности 5, без покрытия.**
	**Гайка М16-6Н.5 ГОСТ 5918-73**	**Гайка класса точности В, исполнения 1, с диаметром 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.

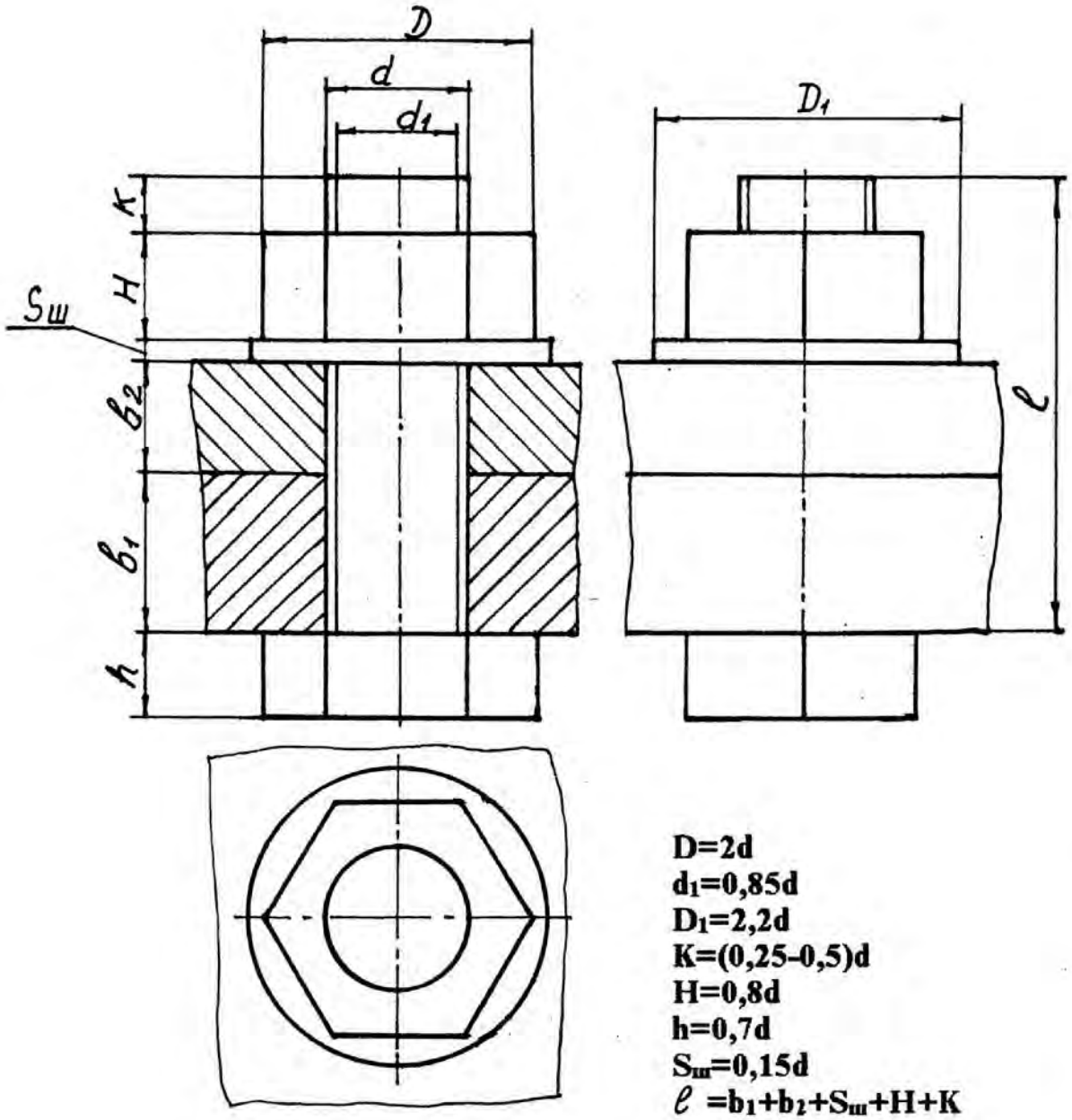


Рис. 3. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

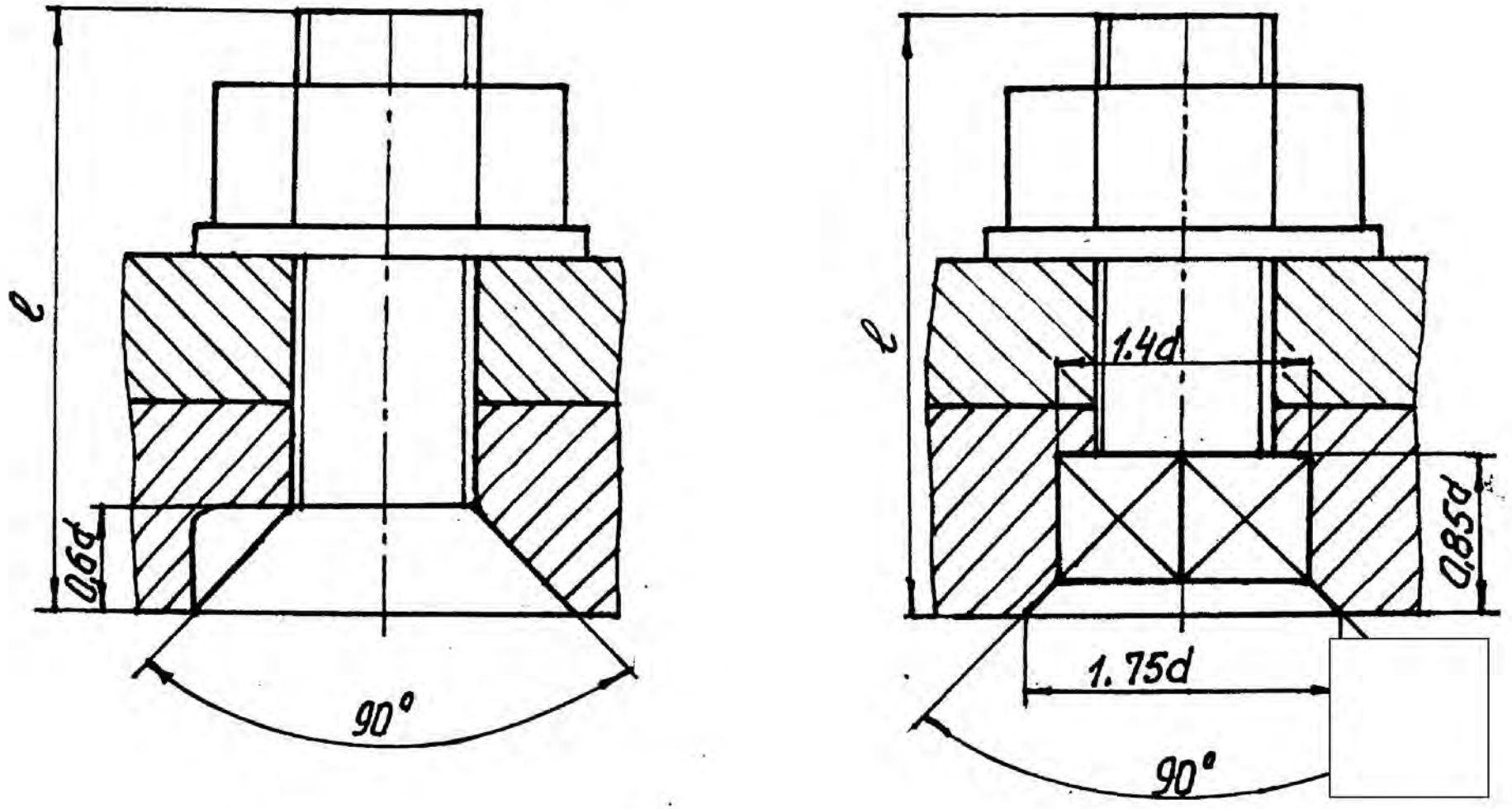


Рис. 4. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

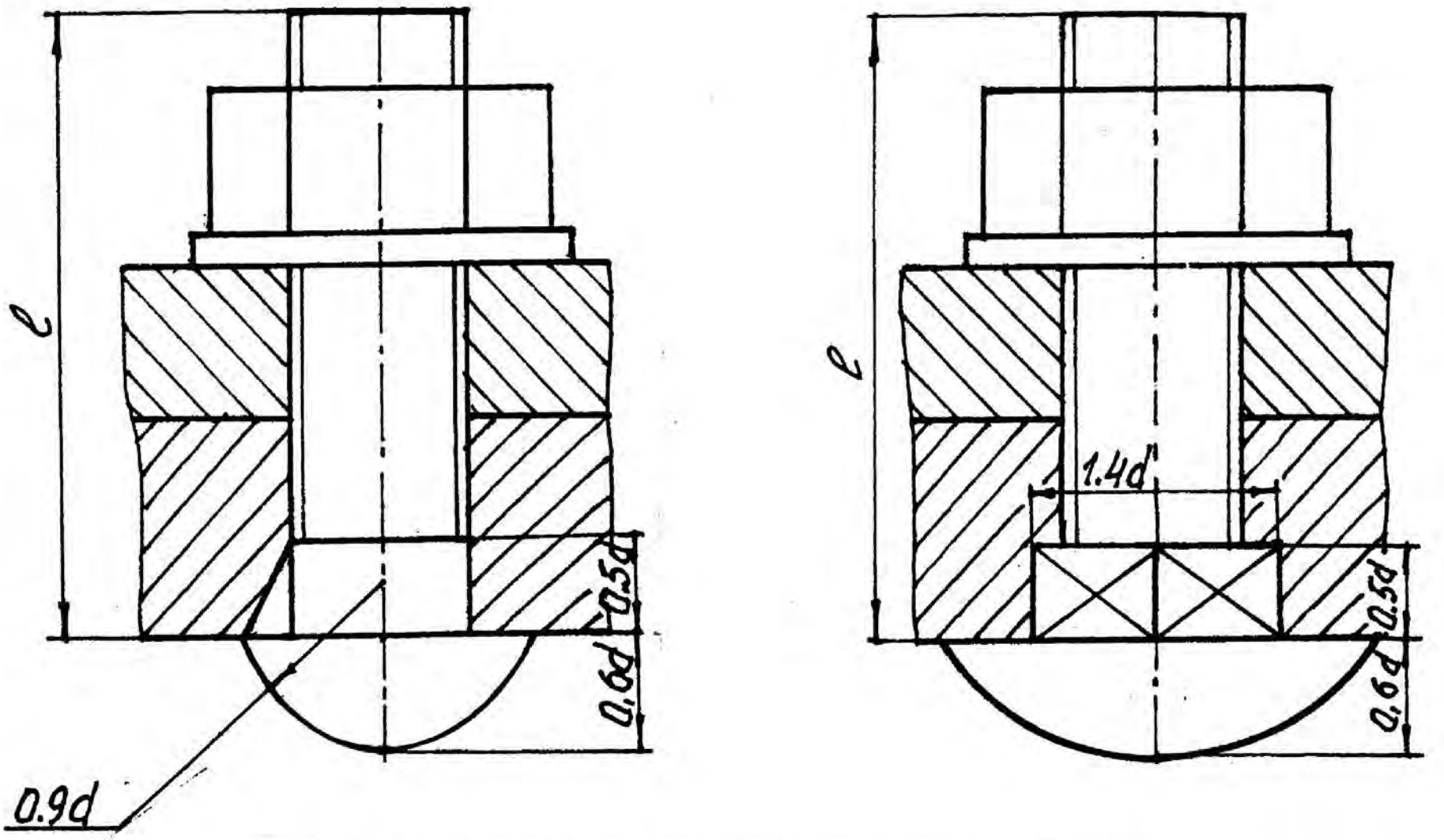


Рис. 5. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

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.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «ЭПЮР №2»

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Специальность – ***21.05.04 Горное дело***

Специализация № 3 – ***Открытые горные работы***

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Авторы: Шангина Е.И., проф., д. пед. н., к. т. н., зав. кафедрой ИГр

Екатеринбург

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 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 $A_{80}B_{20}$ 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 A_{80} и B_{20}, т.е. **60**. Затем на этой же прямой от точки **А** откладываем отрезок, равный разности координат $A_{80}O_{60}$, т.е. **20**. С помощью подобных треугольников на заложении $A_{80}B_{20}$ находим точку C_{60}. Соединив точки C_{60} и 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 $\bar{O}\bar{x}\bar{y}\bar{z}$, где ось $\bar{x}$ проходит через точку O_{60} и перпендикулярна горизонтали плоскости $O_{60}C_{60}$. Ось $\bar{y}$ перпендикулярна оси $\bar{x}$ (проводится в удобном месте). Ось $\bar{z}$ совпадает с $\bar{O}$.

На свободном поле чертежа строим профиль (рис. 2), проходящий через $\bar{z}\bar{x}$, а ось $\bar{y}$ проецируется в точку и совпадает с $\bar{O}$. На профиле строим точки A_{80}, O_{60} и B_{20}, которые должны находиться на прямой (коллинейны). Они определяют след плоскости основания пирамиды.

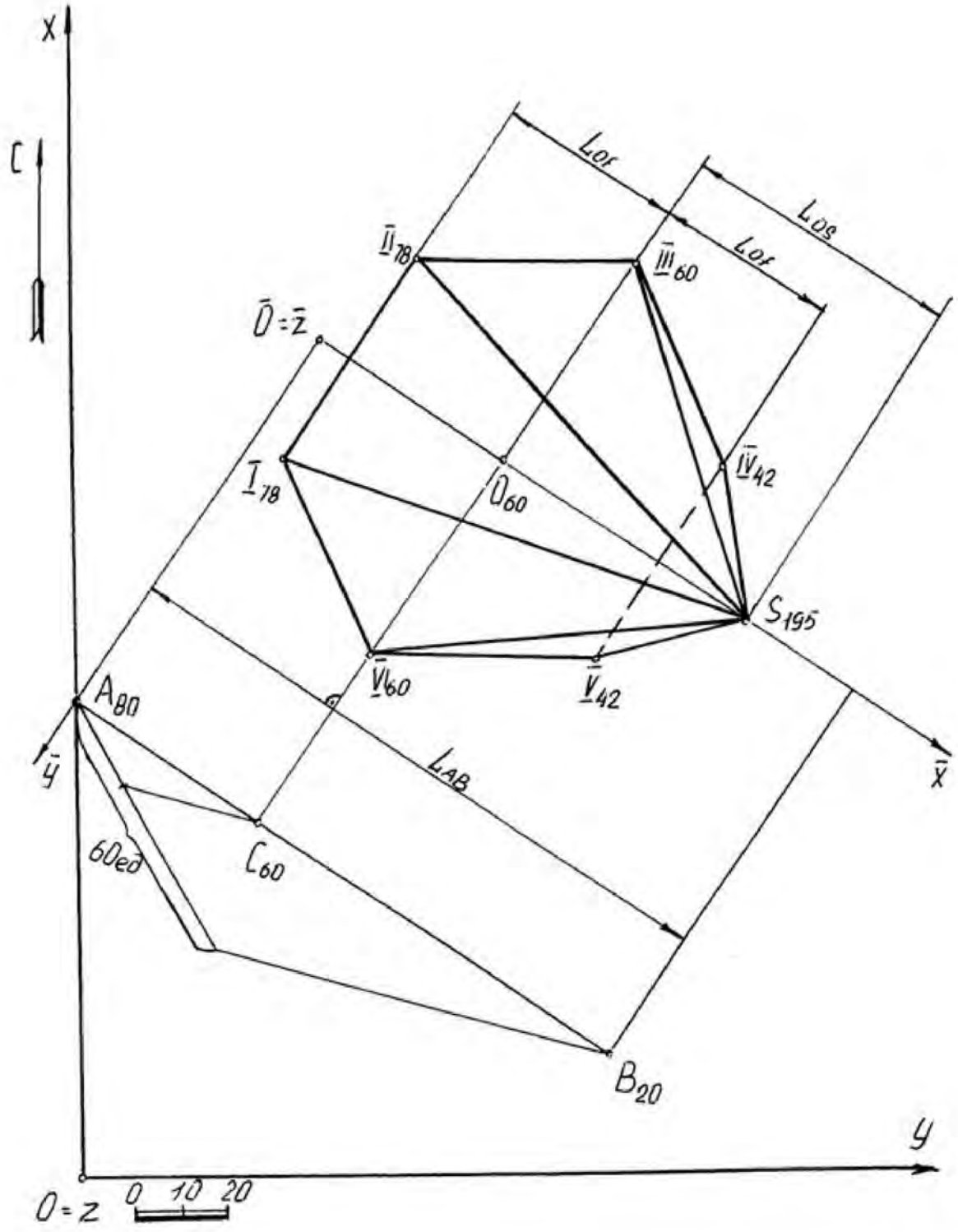

X
C
Lof
Los
Lof
II 78
III 60
O = Z
I 78
O 60
IV 42
S 195
V 60
V 42
A 80
Y
LAB
X
60ed
C 60
B 20
Y
O = Z
0 10 20

Рис. 1

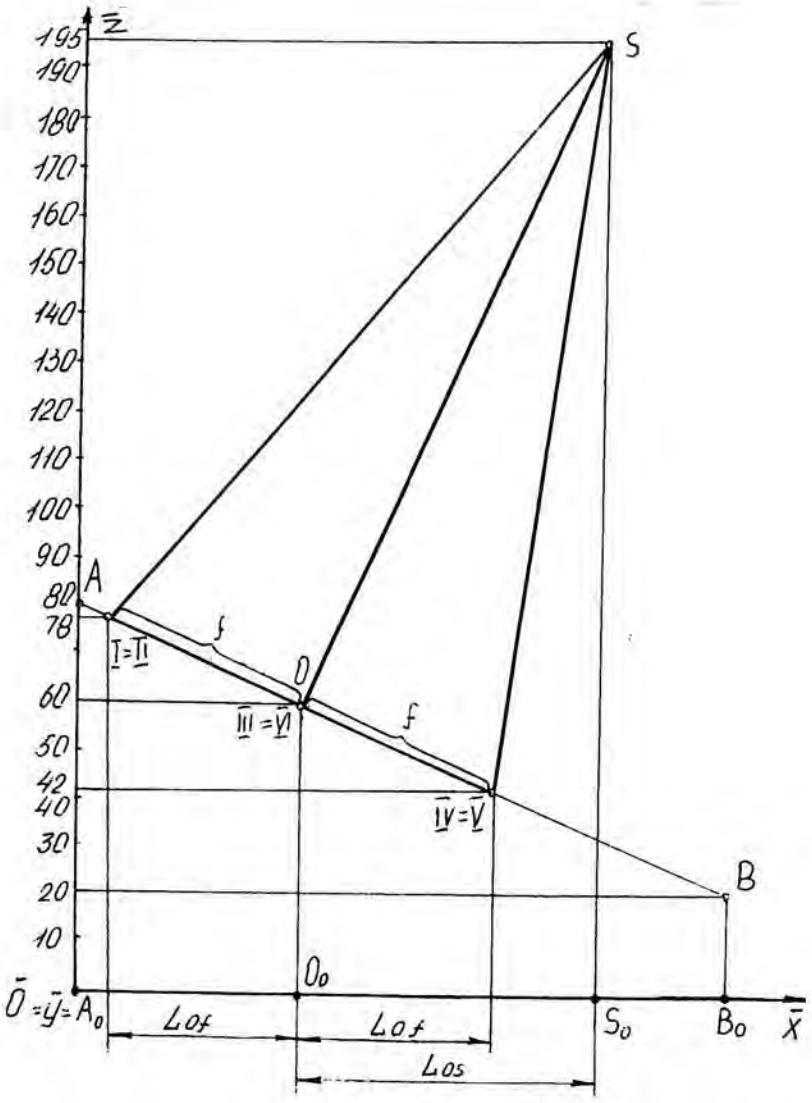


Рис. 2

На свободном месте чертежа строим правильный шестиугольник, являющийся основанием пирамиды (рис. 3).

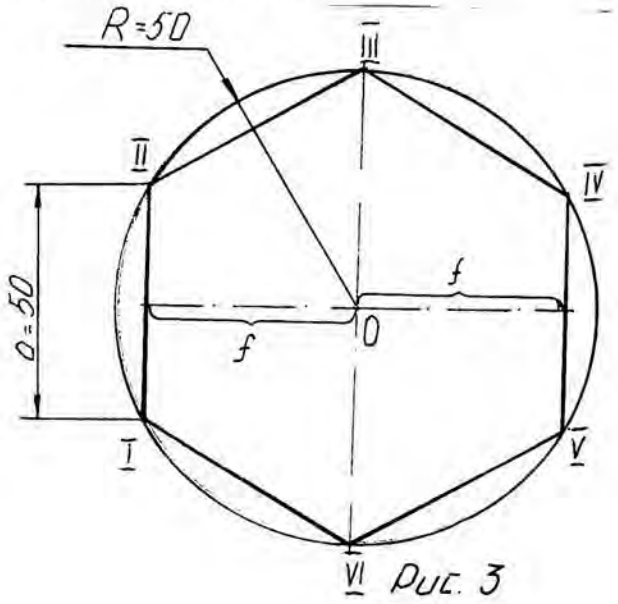


Рис. 3

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)).

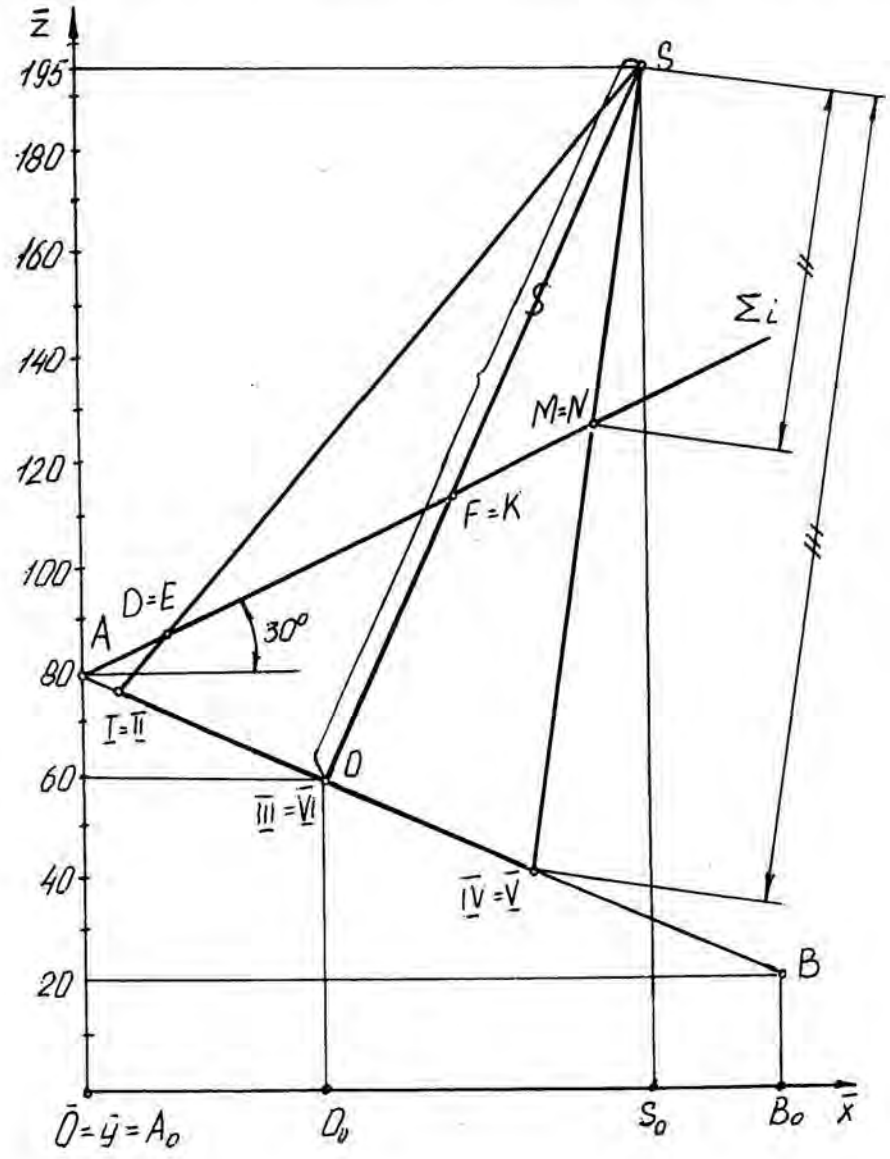


Рис. 4

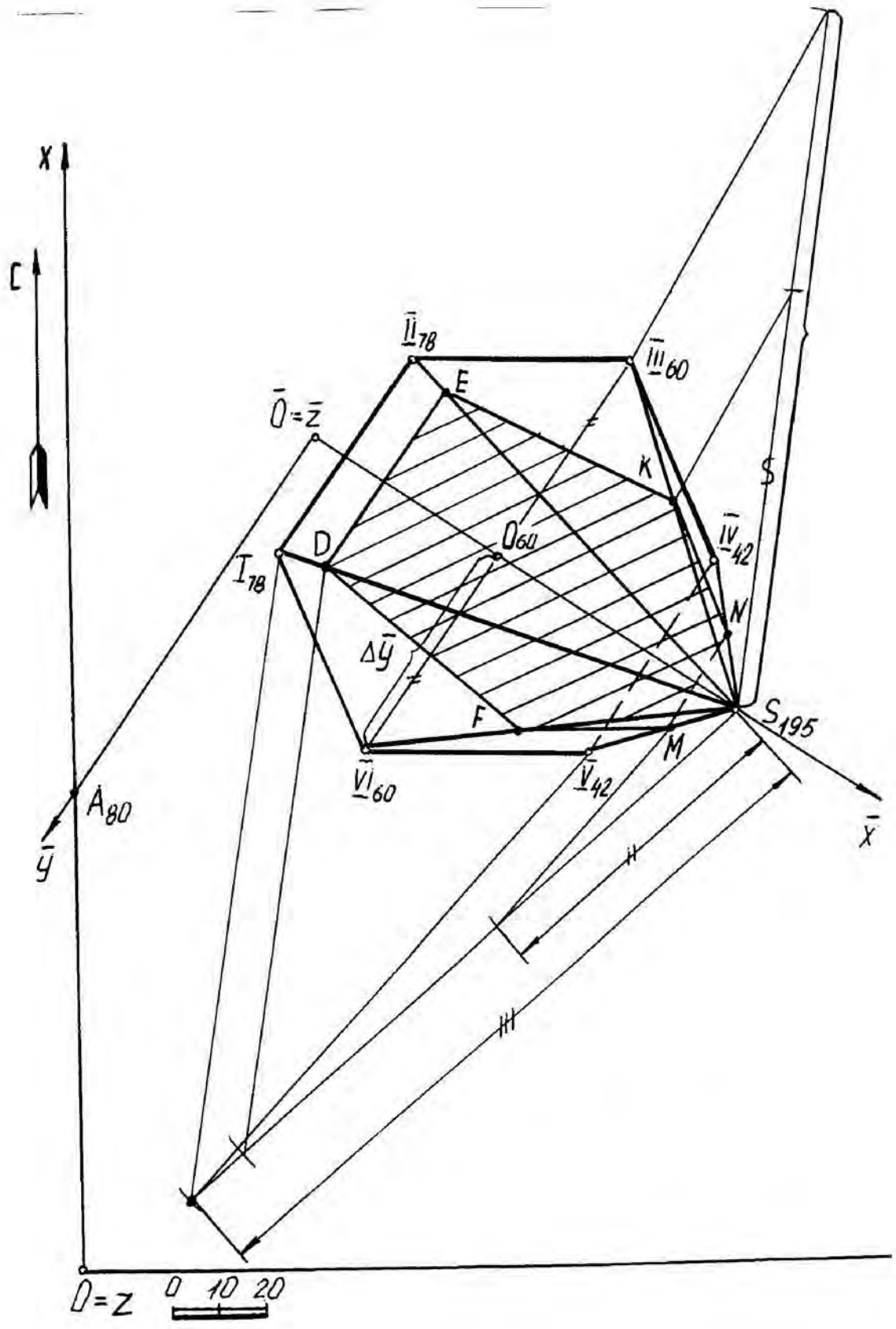

X
C
$\bar{I}\bar{I}_{78}$
$\bar{I}\bar{I}\bar{I}_{60}$
E
$\bar{O}=\bar{z}$
K
S
D
O_{60}
$\bar{I}\bar{V}_{42}$
I_{78}
N
$\Delta\bar{y}$
F
S_{195}
M
$\bar{V}\bar{I}_{60}$
$\bar{V}_{42}$
A_{80}
$\bar{y}$
$\bar{x}$
$O=z$
0 10 20

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).

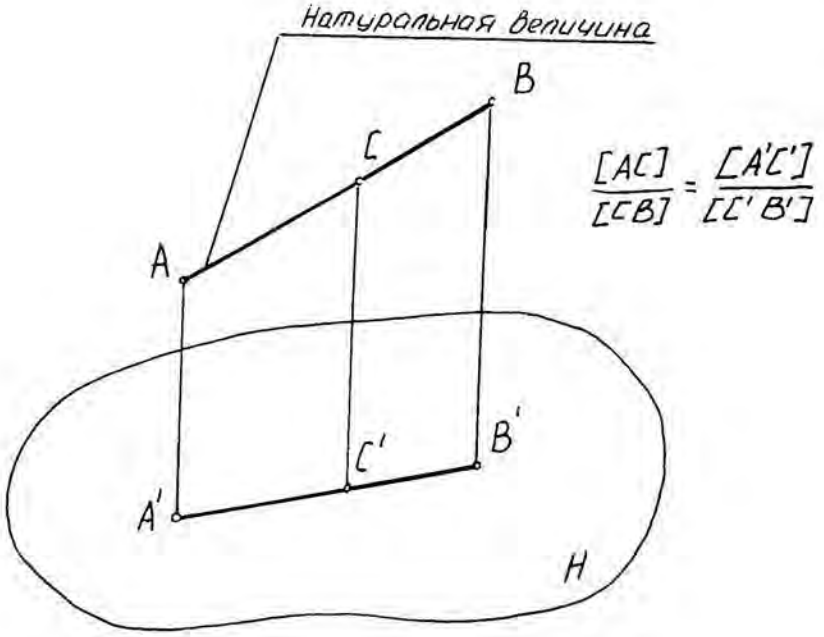


Рис. 6

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).

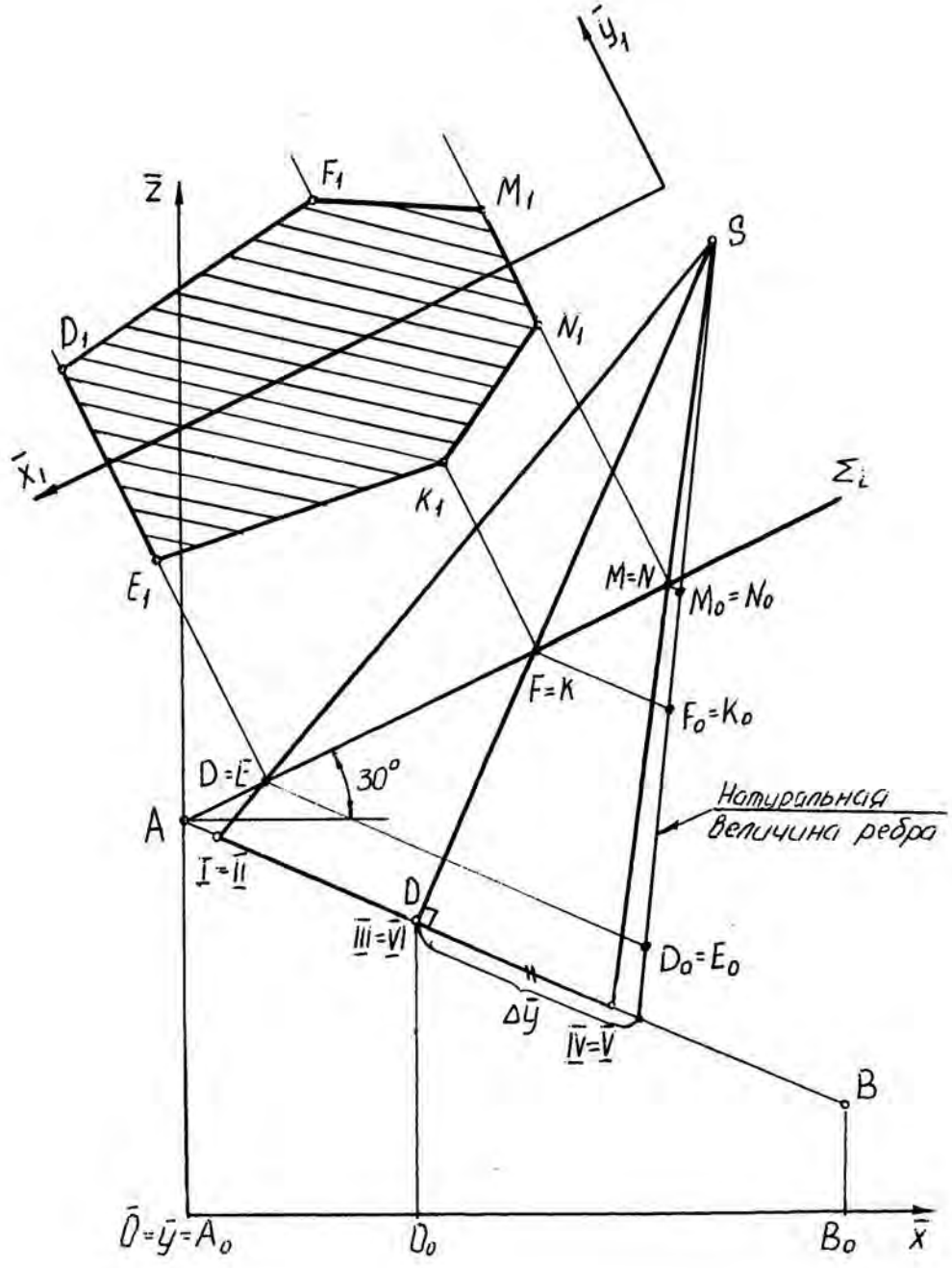


Рис. 7

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 пирамиды (рис. 8).

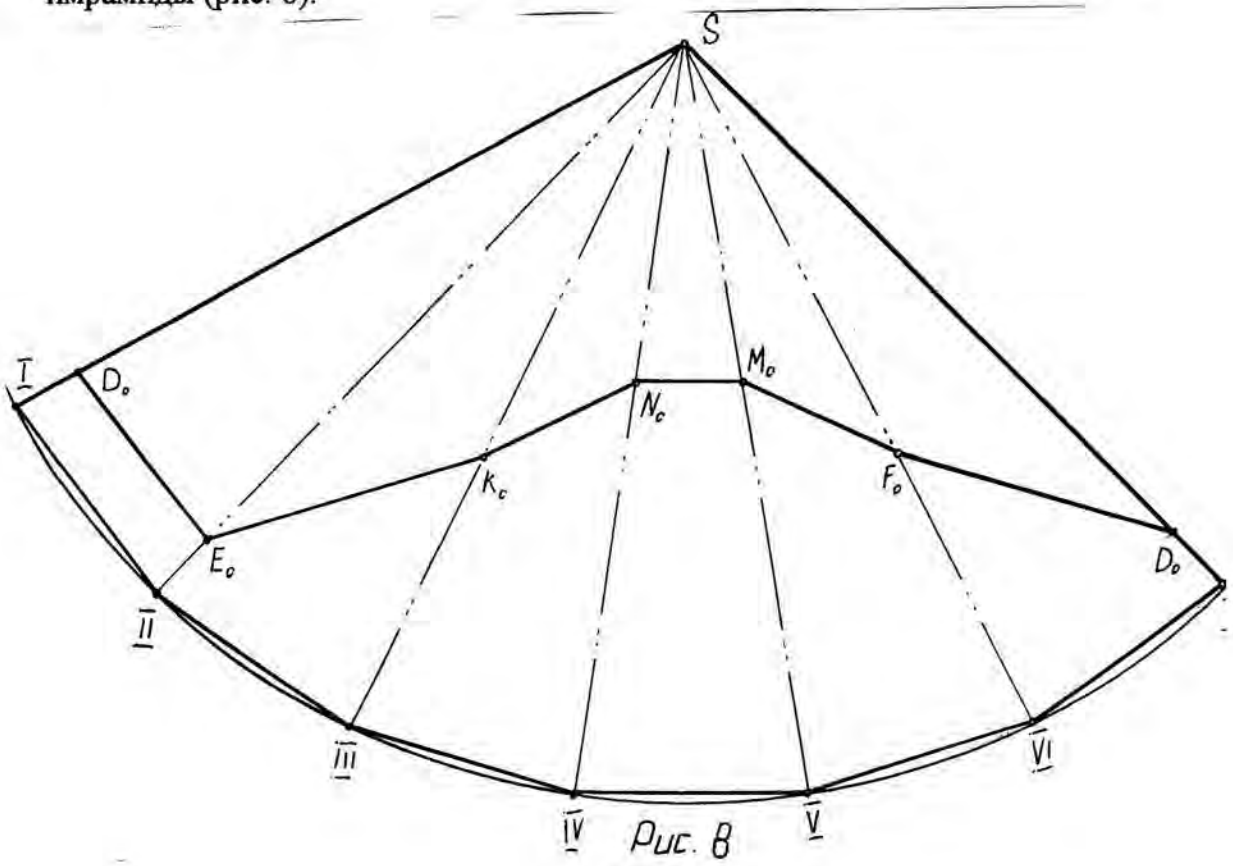


Рис. 8

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.

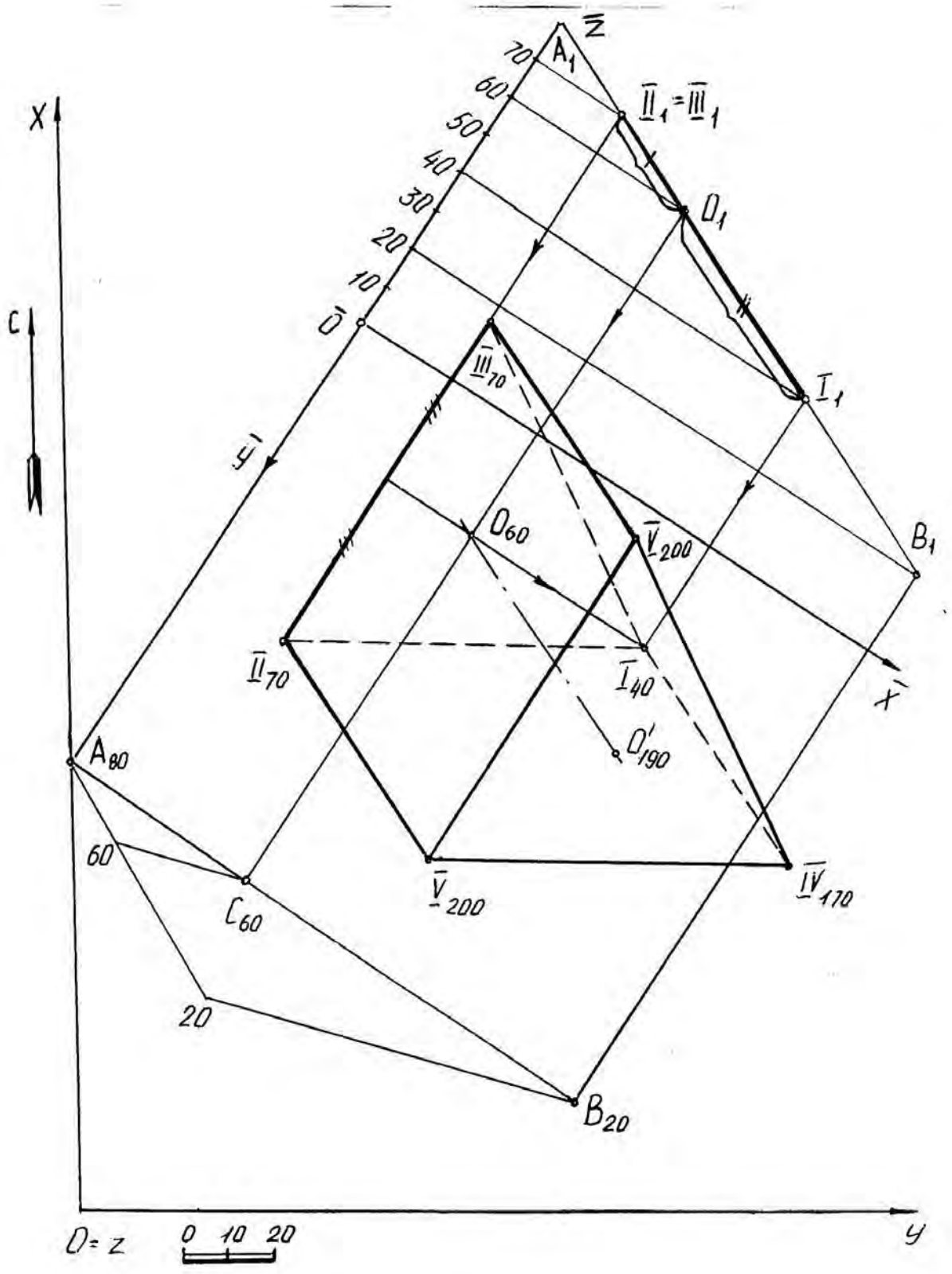

z
A1
70
60
50
40
30
20
10
0
II1 = III1
O1
III70
I1
O60
V200
B1
II70
I40
x
A80
O'190
60
C60
V200
IV170
20
B20
X
C
y'
y
O = z
0 10 20

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.

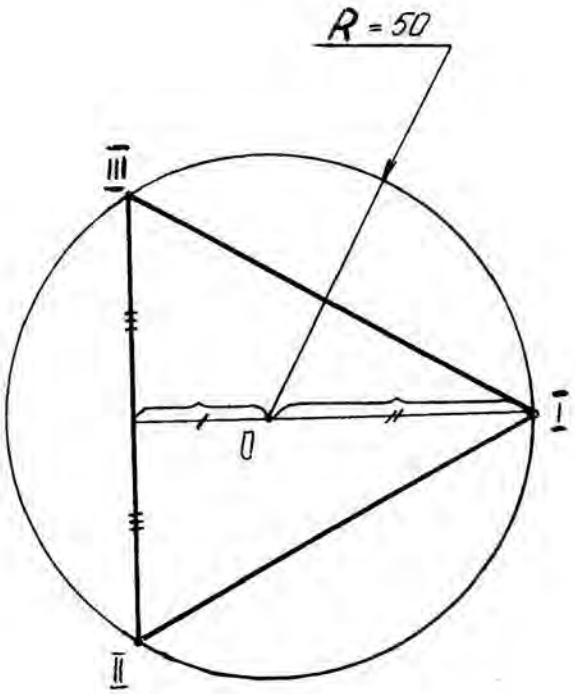


Рис 10

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).

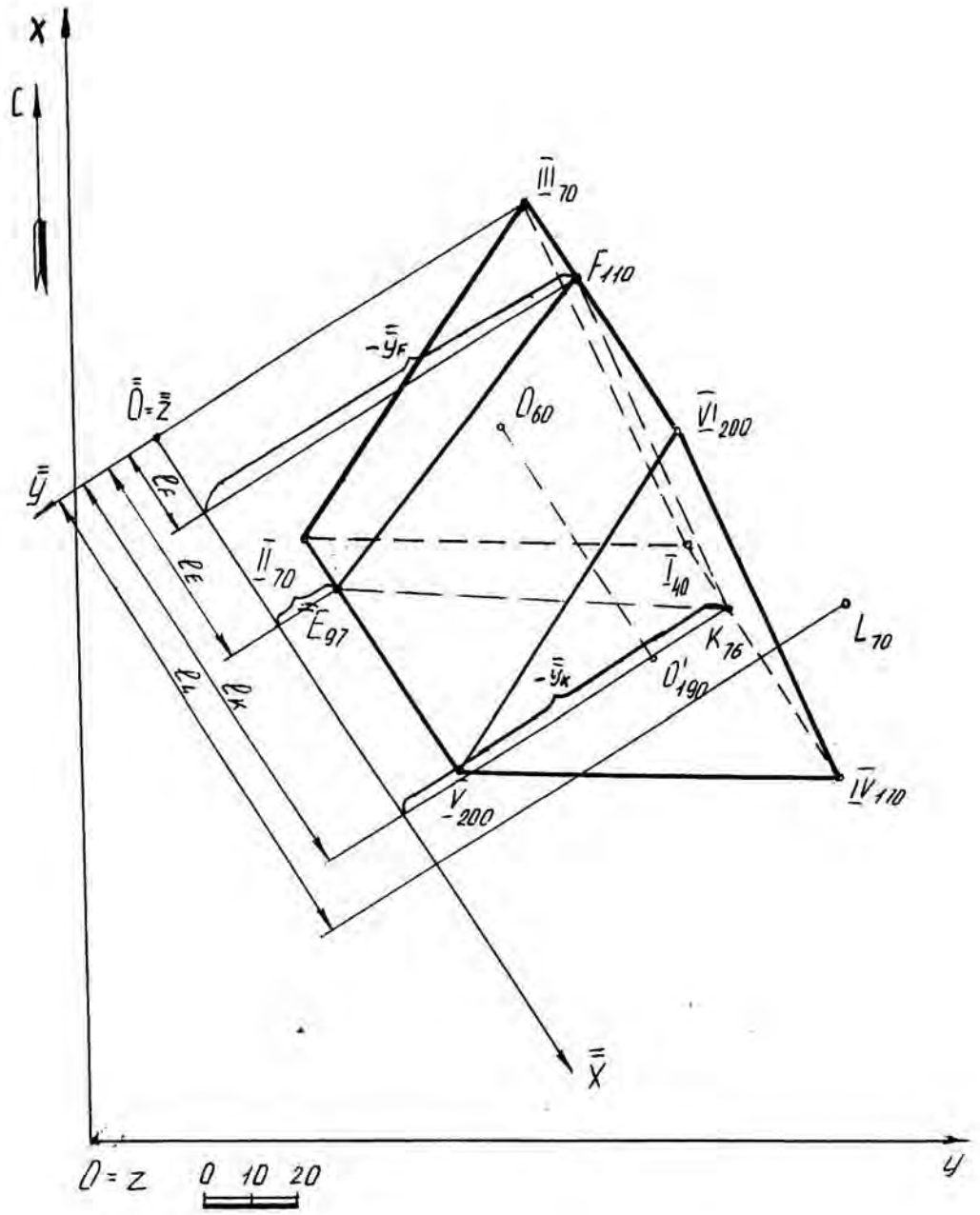


Рис. 11

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).

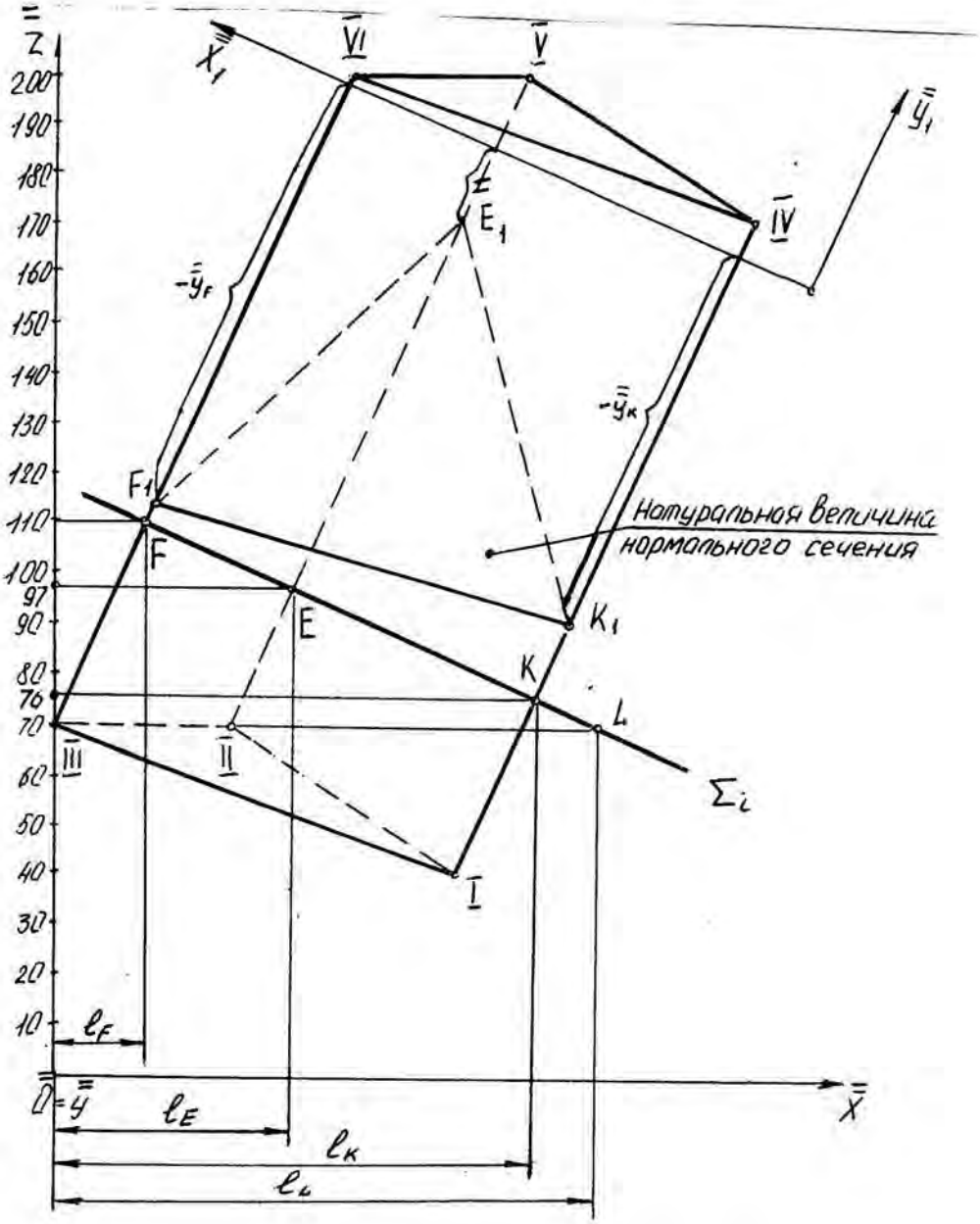


Рис. 12

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.

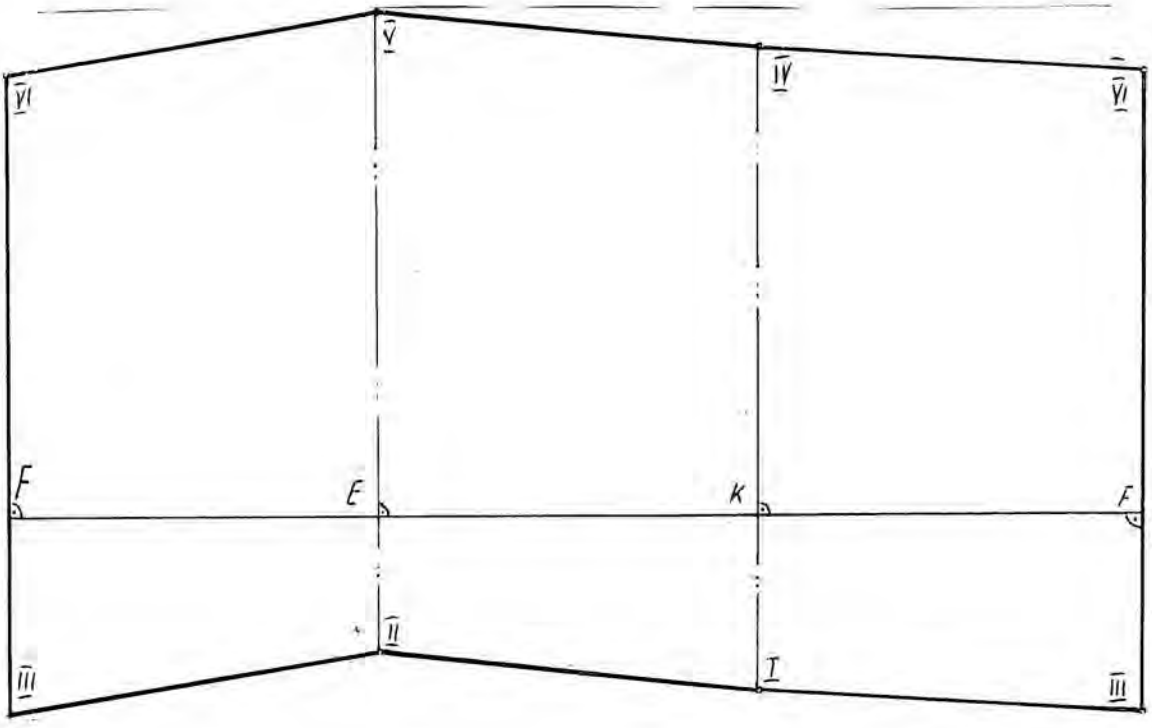


Рис. 13

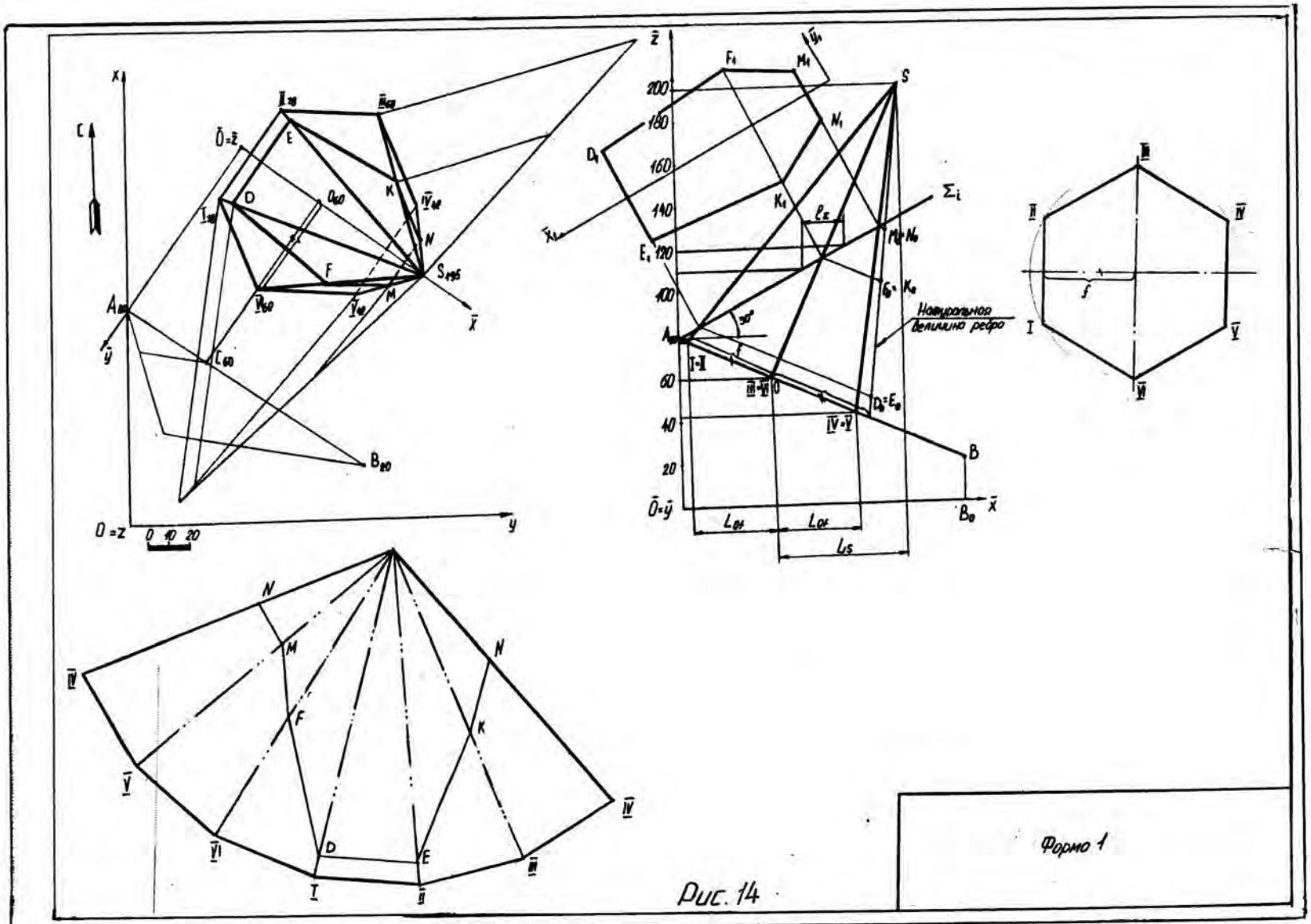
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

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	
3	25°	45	150	
5	20°	50	150	$x_A = 100$
7	15°	55	150	A: $y_A = 0$
9	10°	60	150	$z_A = 80$
11	0°	40	155	
13	5°	45	155	
15	10°	50	155	$x_B = 25$
17	15°	55	155	B: $y_B = 110$
19	20°	60	155	$z_B = 20$
21	5°	40	160	
23	10°	45	160	
25	15°	50	160	$x_O = 150$
27	20°	55	160	O: $y_O = 90$
29	25°	60	160	$z_O = 60$
31	30°	40	150	$x_A = 100$
33	25°	45	150	A: $y_A = 0$
35	20°	50	150	$z_A = 80$
37	15°	55	150	$x_B = 30$
39	10°	60	150	B: $y_B = 115$
41	0°	40	155	$z_B = 250$
43	5°	45	155	$x_O = 140$
45	10°	50	155	O: $y_O = 80$
				$z_O = 50$

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


Натуральная величина ребра
Рис. 14
Формо 1

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 2S.

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.

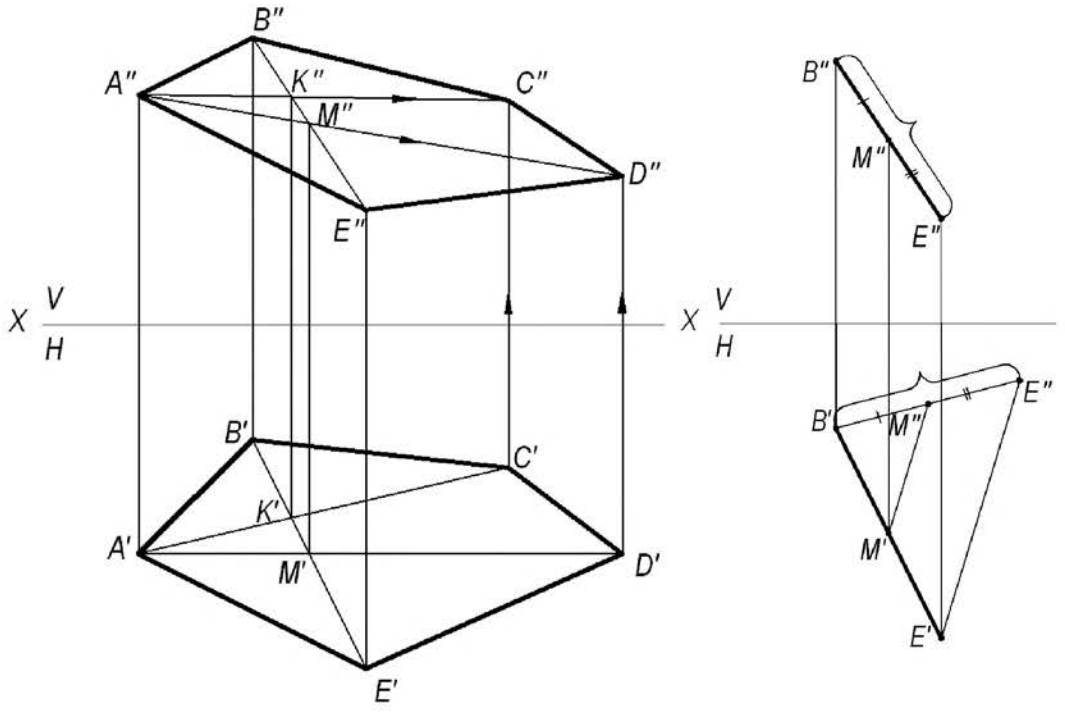
Исходные данные заданы численными значениями координат и сведены в таблицу.

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).

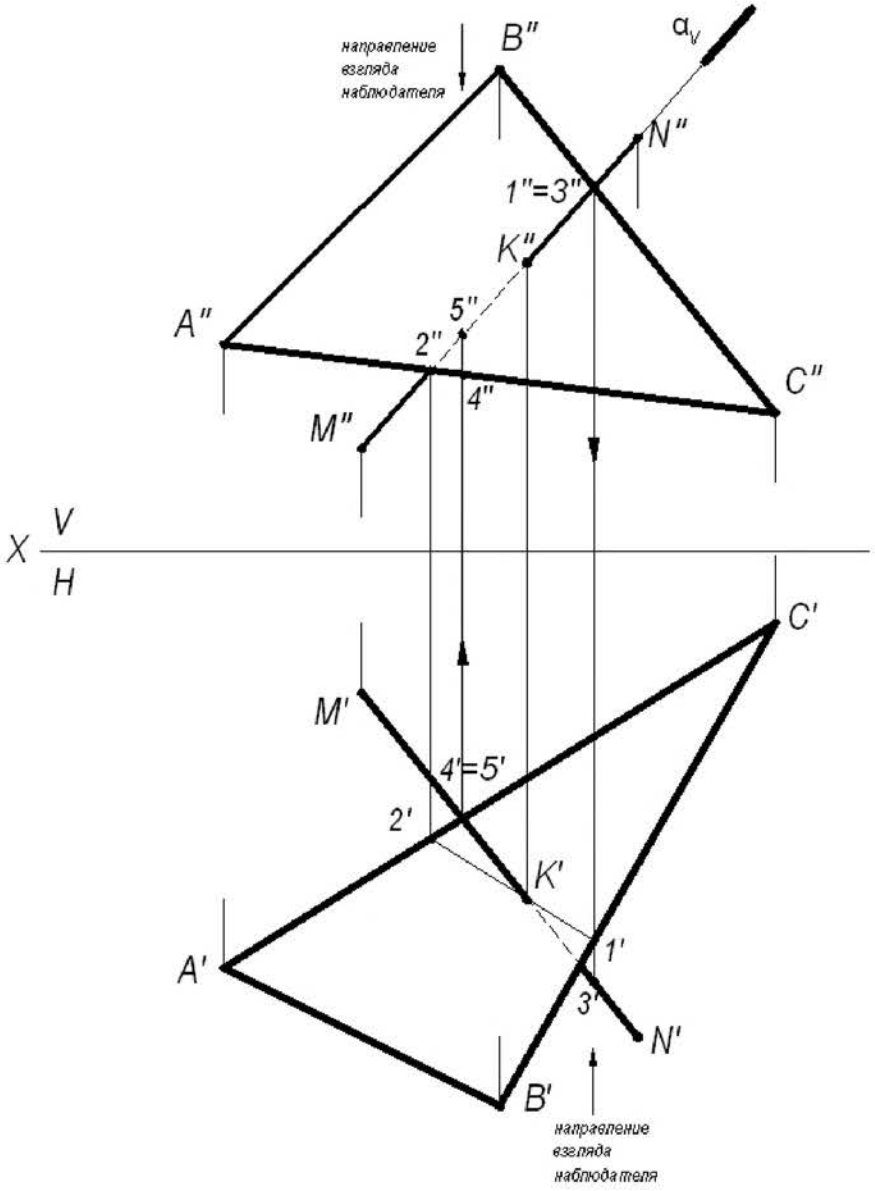


Рис. 2. Построение точки пересечения прямой с плоскостью

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 ΔABC – плоскость общего положения, плоскость ΔDEK – плоскость частного положения, которая расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций (рис. 3).

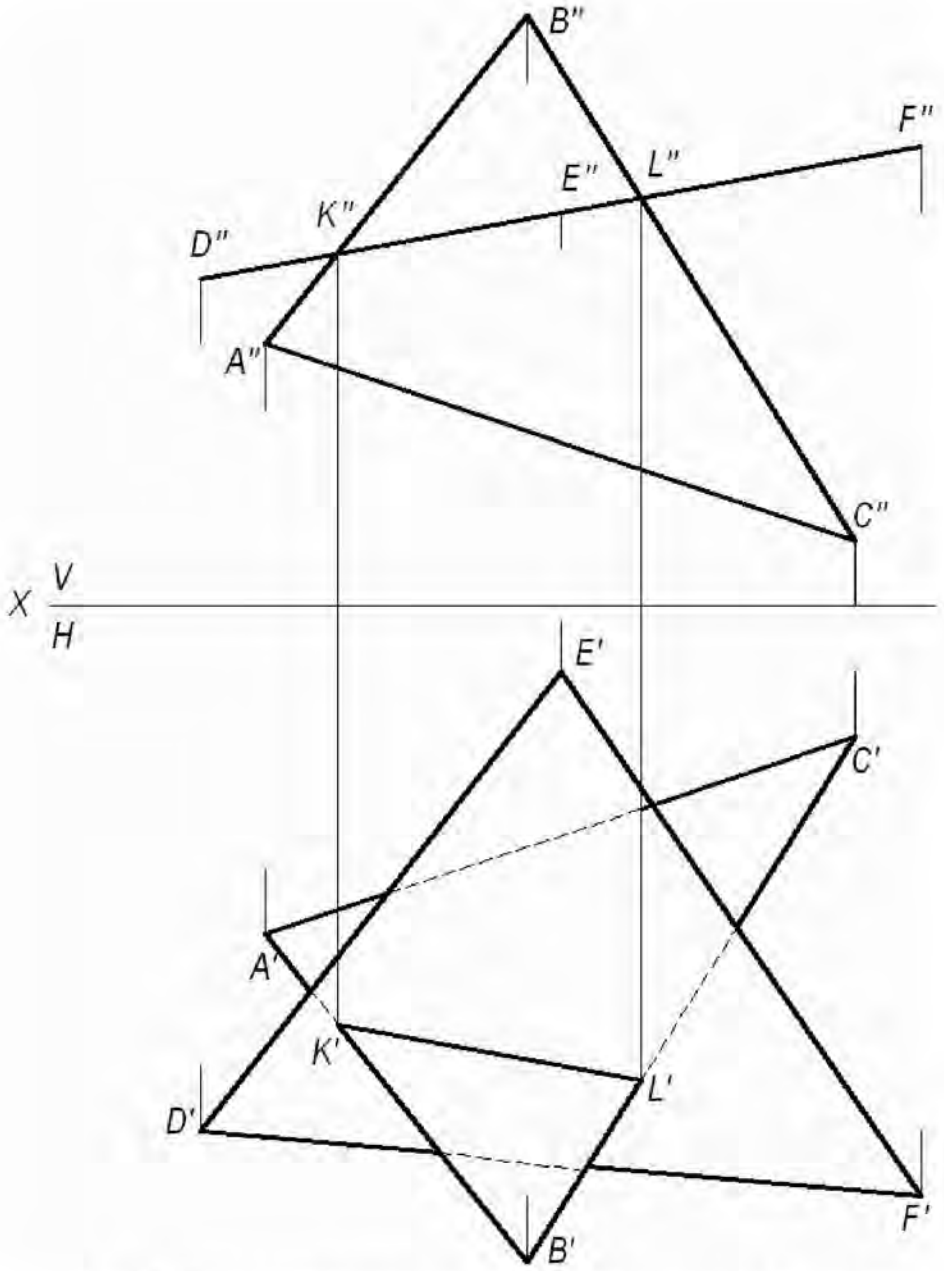


Рис. 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение

Фронтальная проекция ΔDEK 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*.

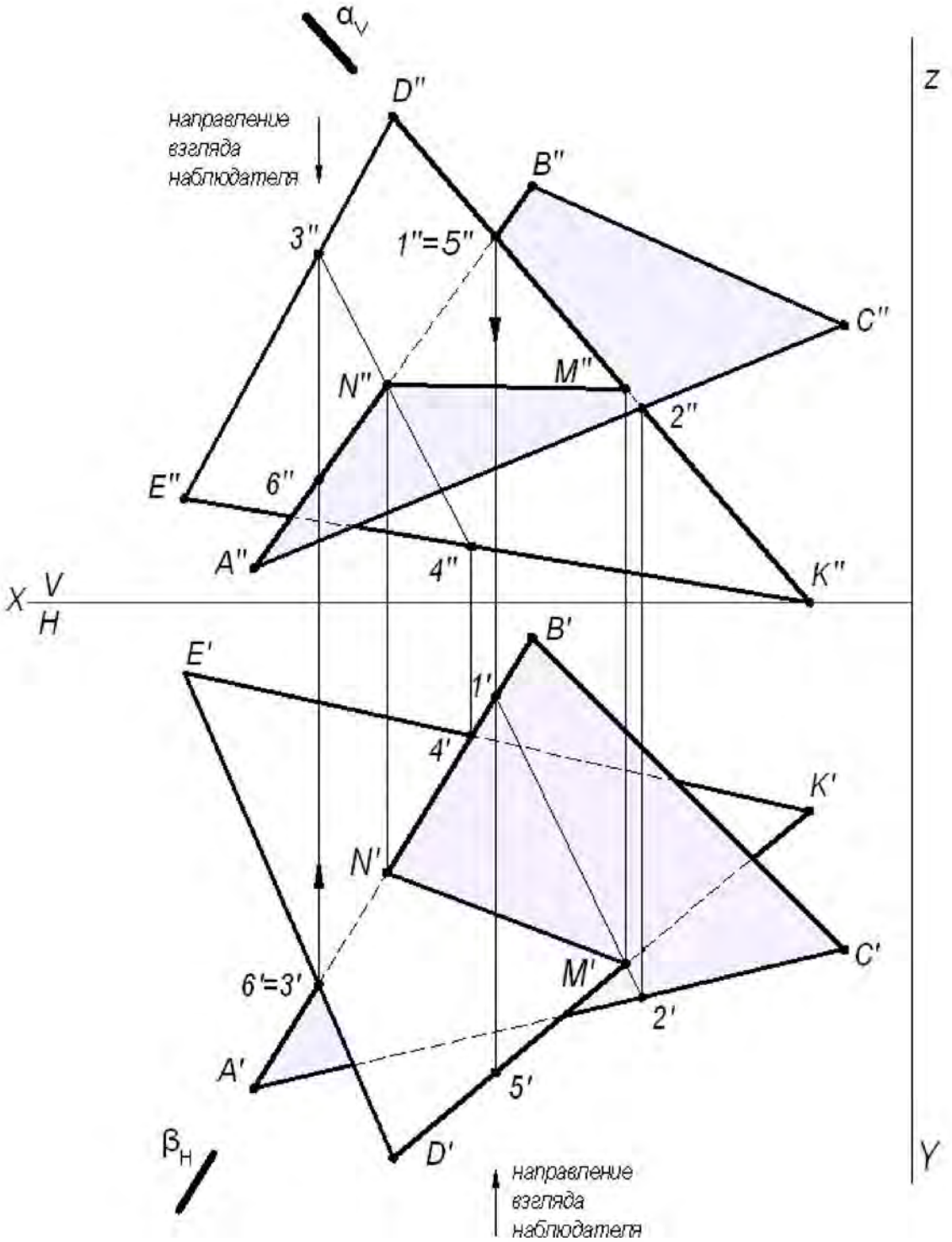


Рис. 4. Построение линии пересечения двух треугольников

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.

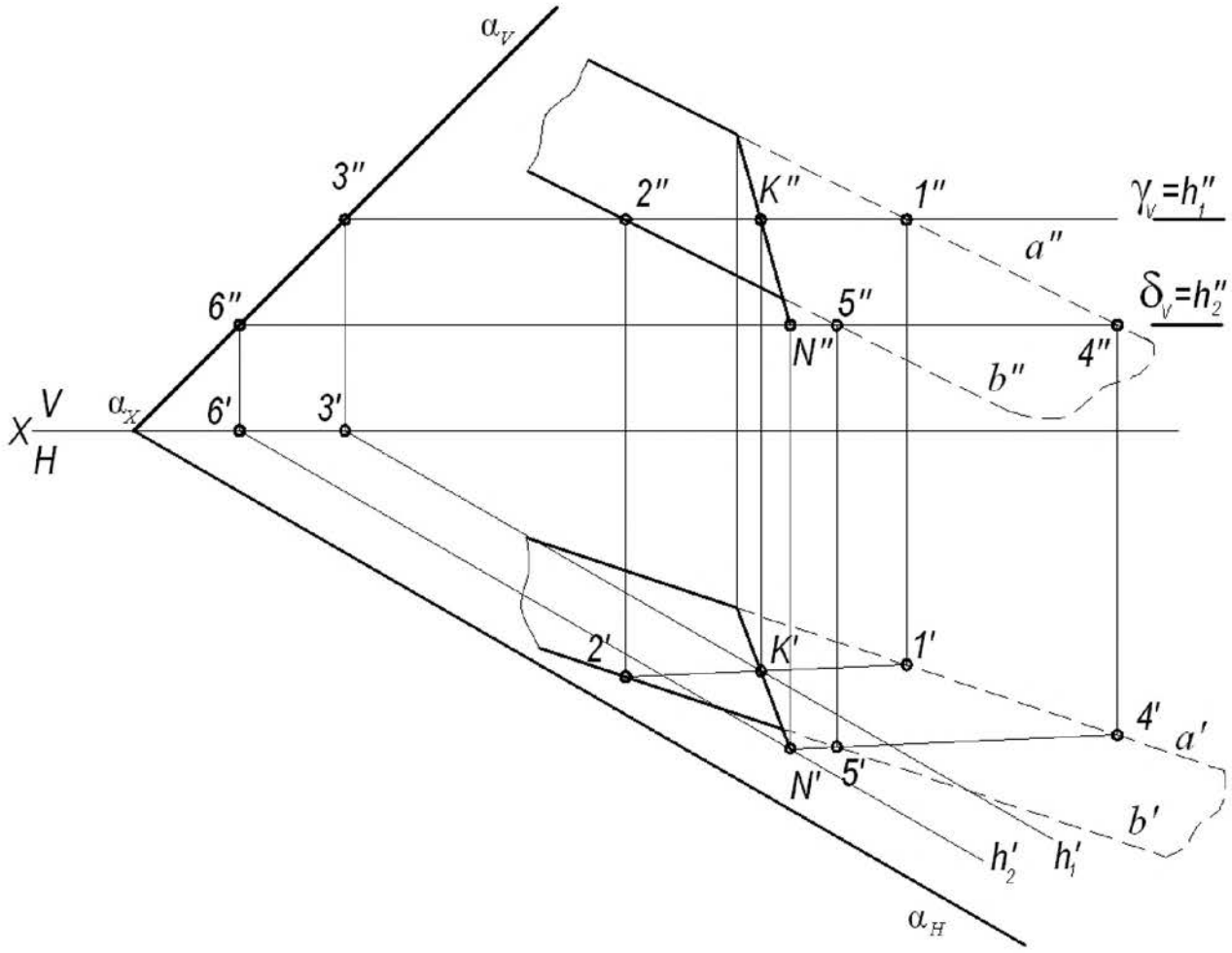
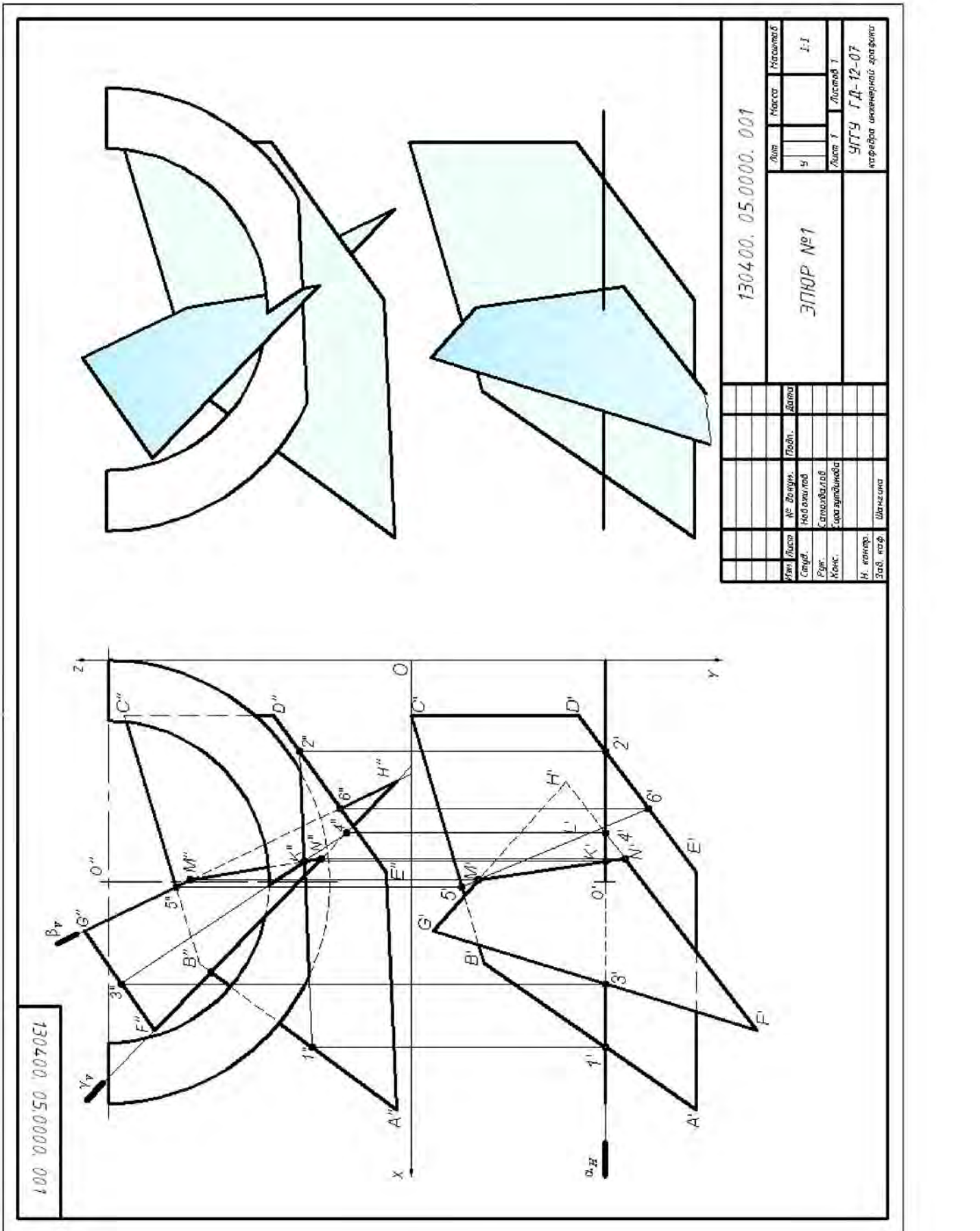


Рис. 5. Построение линии пересечения двух плоскостей

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

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 $\vec{T}$, равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити (рис. 1.1, *b*).

Цилиндрический шарнир (подшипник) создает соединение, при котором

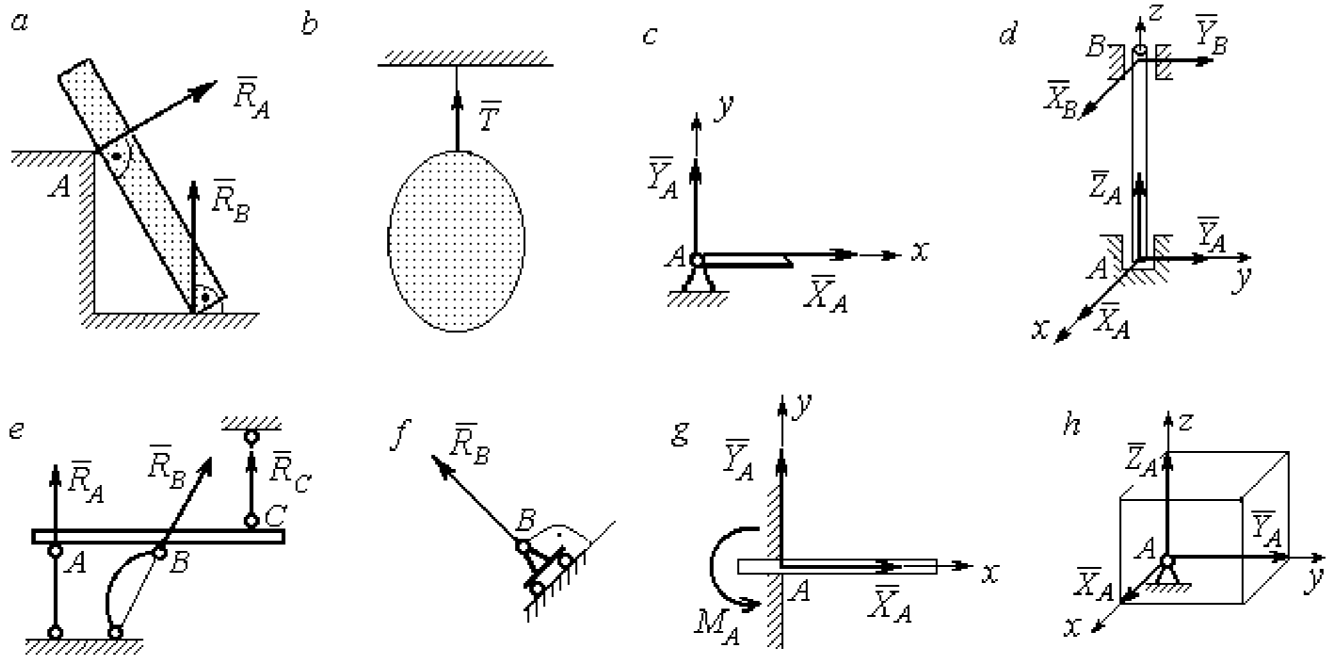


Рис. 1.1. Виды связей и их реакции:
a – реакция опоры тела на гладкую поверхность без трения; *b* – реакция связи гибкой нерастяжимой нити; *c* – реакция цилиндрического шарнира; *d* – реакция подшипника и подпятника; *e* – реакция невесомого стержня; *f* – реакция подвижной опоры; *g* – реакция жесткой 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 $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей (рис. 1.1, *c*). Реакция подшипника $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *d*) также изображается своими составляющими $\vec{X}_B$ и $\vec{Y}_B$, 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** $\vec{R}_B$ (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 $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом M_A. При решении задач силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, 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 $M_O(\vec{F})$, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра O, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ на кратчайшее расстояние h от центра O до линии действия силы: $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$ (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.

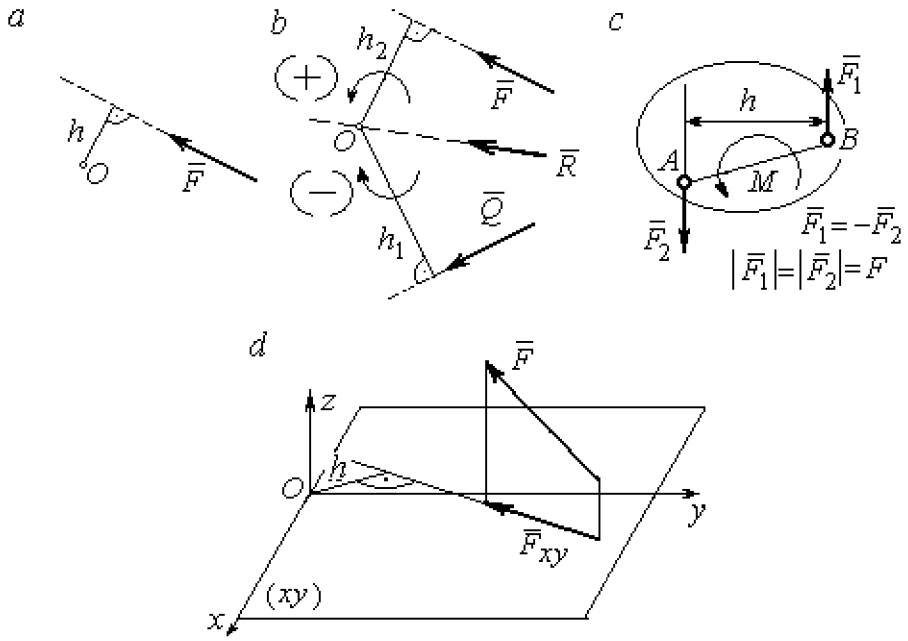


Рис. 1.2. Схемы для вычисления моментов сил:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил;
d – момент силы относительно оси

На рис. 1.2, *b* показано, что момент силы $\vec{F}$ относительно центра *O* положительный, а момент силы $\vec{Q}$ относительно того же центра – отрицательный. Момент силы $\vec{R}$ 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 *F* относительно

оси z: $M_z(\vec{F}) = F_{xy}h$, где F_{xy} – проекция силы $\vec{F}$ 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:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – 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:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси x, y, z; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – 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.

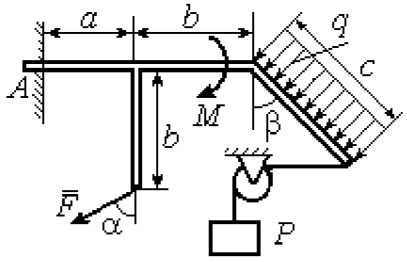
1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел

Каждый вариант задания включает две задачи по темам: «Равновесие произвольной плоской системы сил» и «Равновесие системы тел».

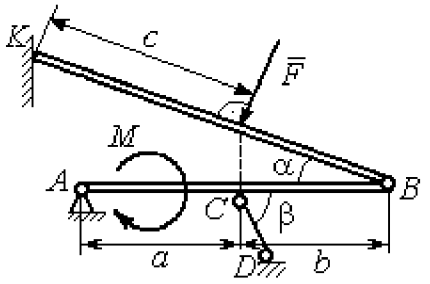
В задачах требуется определить реакции связей конструкции исходя из условия равновесия произвольной плоской системы сил. Весом стержневых подпорок, поддерживающих балочные конструкции, и блоков, через которые перекинуты невесомые нити, пренебречь.

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



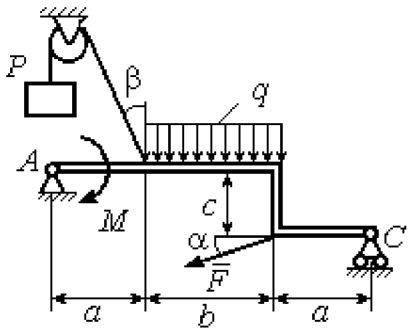
Найти реакцию жесткой заделки в точке A



Найти реакции шарниров A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

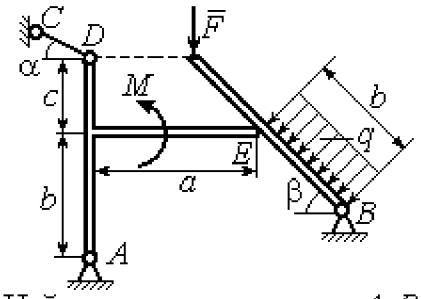
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

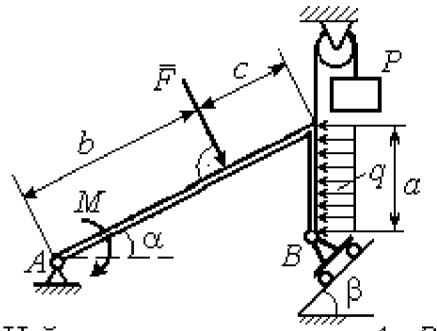
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию опоры в точке E и реакцию стержня CD

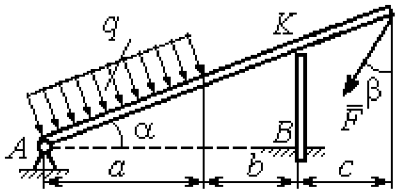
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Найти реакцию шарниров A и B

Задача 2

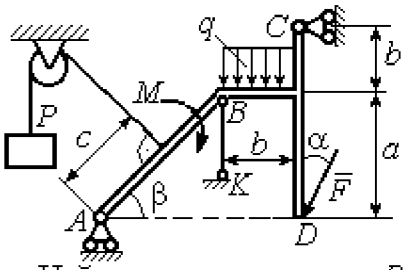


Найти реакцию шарнира A, реакцию опоры в точке K и реакцию жесткой заделки в точке B

Рис. 1.3. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

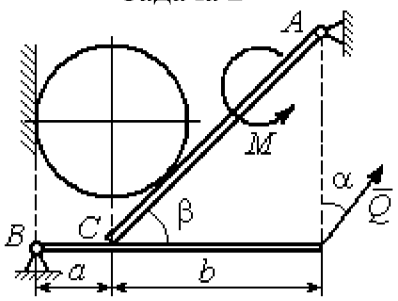
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



Найти усилие в стержне BK и реакцию шарниров A, C

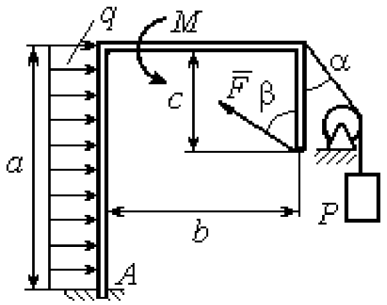
Задача 2



Вес шара P. Найти реакцию шарниров A, B, давление шара на балку и стенку, реакцию опоры балки в точке C и уравновешивающую силу Q

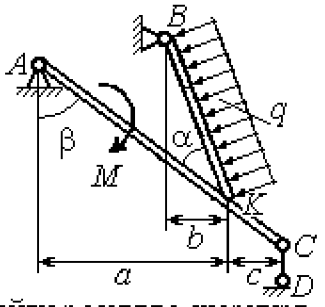
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

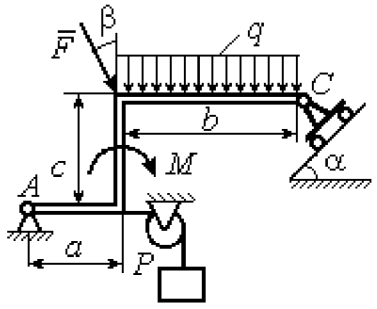
Задача 2



Найти реакцию шарнирв A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

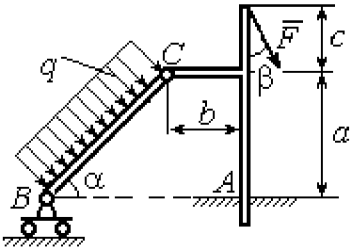
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

Задача 2

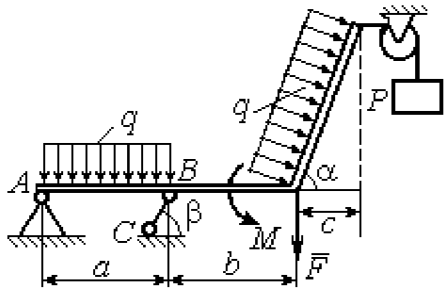


Найти реакцию жесткой заделки в точке A и реакции шарниров B и C

Рис. 1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 –26

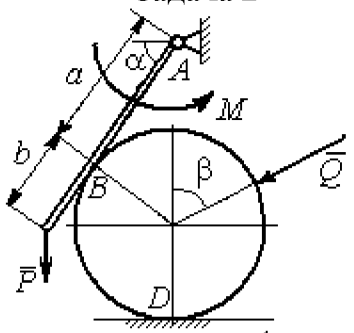
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

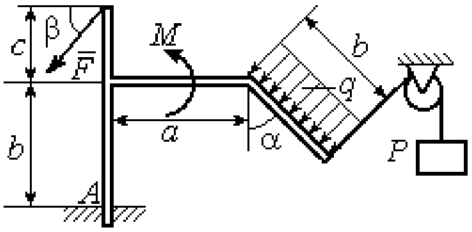
Задача 2



Найти реакцию шарнира A, давление балки на шар, реакцию опоры шара в точке D и уравновешивающую силу Q

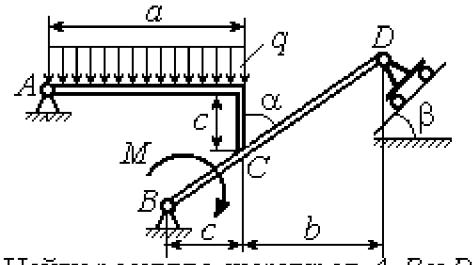
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

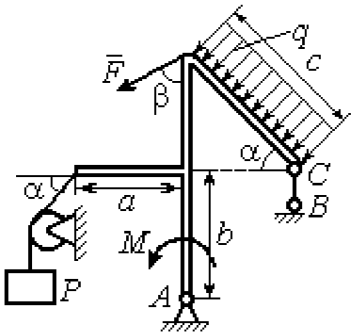
Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B и D и реакцию опоры в точке C

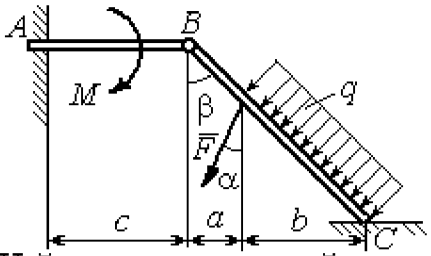
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

Задача 2

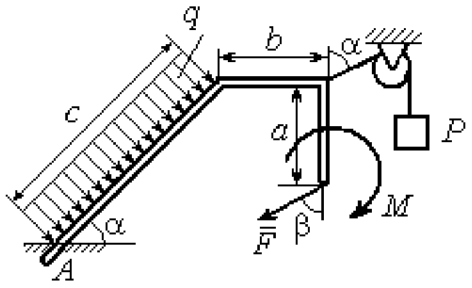


Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

Рис. 1.5. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

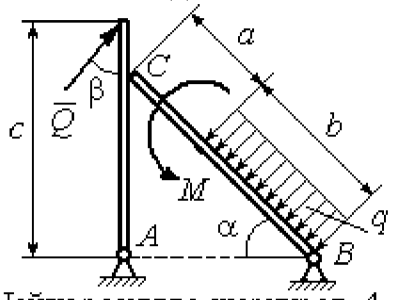
Варианты № 10, 20, 30

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 *ACE* (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.

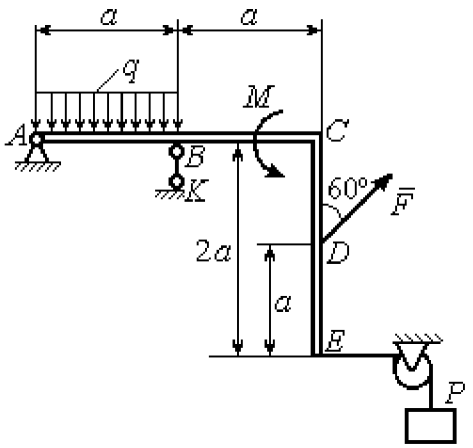


Рис. 1.7. Конструкция рамы

Решение

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.8. Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию шарнира *A* двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль горизонтальной и вертикальной осей (см. рис. 1.8). Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры *BK* приложена в точке *B* и направлена вдоль стержня *BK*. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка *AB* и по модулю равна $Q = qa = 4$ Н. Действие груза *P* на раму изображается реакцией $\vec{T}$, равной по величине весу груза.

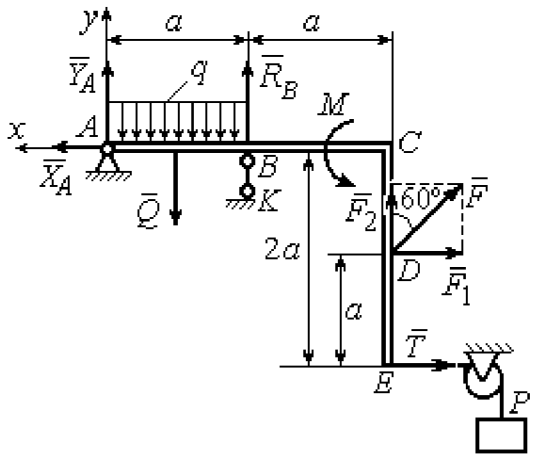


Рис. 1.8. Силы и реакции связей, действующие на раму при её равновесии

При равновесии рамы действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему. Условия равновесия системы сил имеют вид: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси *x*, *y*, и моменты сил относительно центра *A*, уравнения равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0.$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q\frac{a}{2} + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0.$$

Здесь для вычисления момента силы $\vec{F}$ относительно центра A использована теорема Вариньона: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$, 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 $ABLC$ с вертикальной частью AB и горизонтальной перекладиной LC 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 CL, а в точке E закреплена на шарнирно-подвижной опоре, установленной на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках BL и DE нагрузка с одинаковой интенсивностью q = 2 кН/м, сила $\vec{F}$, 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, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, приложенной в середине отрезка BL, направленной в сторону действия нагрузки и равной $Q_1 = q \cdot a = 4$ кН. Кроме силы $\vec{Q}_1$ и пары сил с моментом M на балку действуют реакция жёсткой заделки в точке A, имеющая своими составляющими силы $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ и пару сил с моментом M_A, а также реакция шарнира C, разложенная на составляющие $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ (см. рис. 1.10, *a*). Действующие на раму силы составляют уравновешенную плоскую систему сил. Выберем систему координат xAy, как показано на рис. 1.10, *a*, и составим уравнения равновесия:

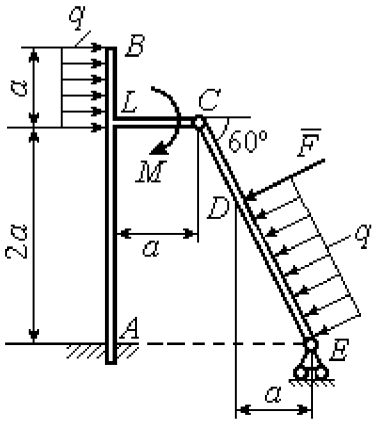


Рис. 1.9. Равновесие конструкции двух балок, соединённых шарниром

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0,$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0,$$

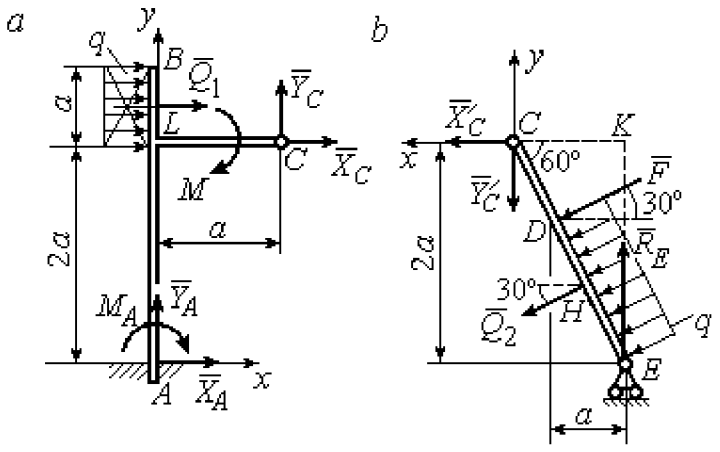


Рис. 1.10. Равновесие частей конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку $ABLC$;
b - силы и реакции связей, действующие на балку CE

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0.$$

Рассмотрим равновесие балки EC. Заменим равномерную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка ED, направленной в сторону действия нагрузки и равной по модулю $Q_2 = q \cdot 2a = 8$кН. На балку кроме сил $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$ действуют реакции связей: $\vec{R}_E$ – реакция шарнирно-подвижной опоры в точке

E и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ – составляющие реакции шарнира C. Силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю $X_C = X'_C$, $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.10, *a*, *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:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0,\ \sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0,$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot CD - Q_2 \cdot CH + R_E \cdot CK = 0.$$

Здесь плечи сил: $CD = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a$, $CH = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - a$, $CK = 2a\,\mathrm{tg}30^\circ$. Заменяя в уравнениях величины X'_C на X_C, а Y'_C на Y_C и подставляя исходные данные, получим систему уравнений:

$$X_A + X_C + 4 = 0,\ Y_A + Y_C = 0,\ -M_A - 4X_C + 2Y_C - 25 = 0,$$

$$X_C + 15{,}59 = 0,\ -Y_C + R_E - 9 = 0,\ 2{,}31R_E - 27{,}14 = 0,$$

откуда найдём величины реакции жесткой заделки и реакции шарниров:

$$X_A = 11{,}59 \text{ кН},\ Y_A = -2{,}76 \text{ кН},\ M_A = 42{,}87 \text{ кН·м},$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН},\ Y_C = 2{,}76 \text{ кН},\ R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

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 $\vec{F}$, пара сил с моментом M и сила $\vec{P}$. 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 $\vec{F}$, $\vec{Q}$ 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.

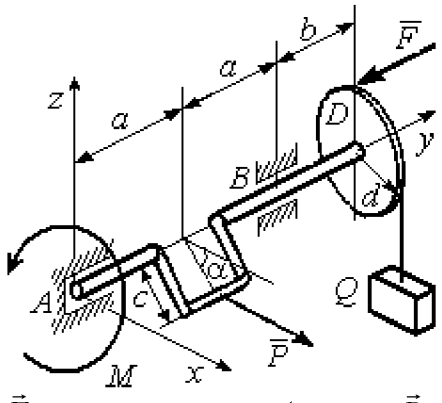
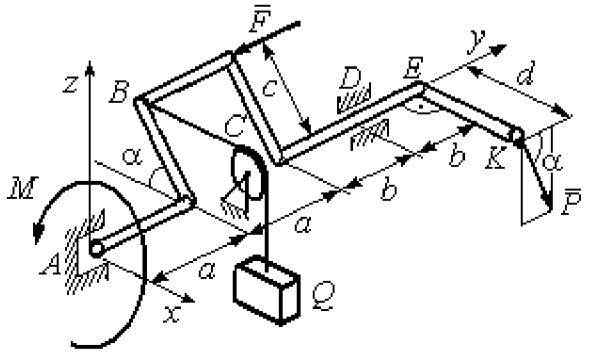
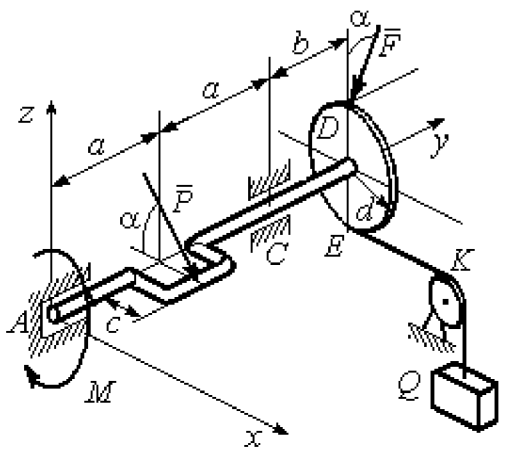
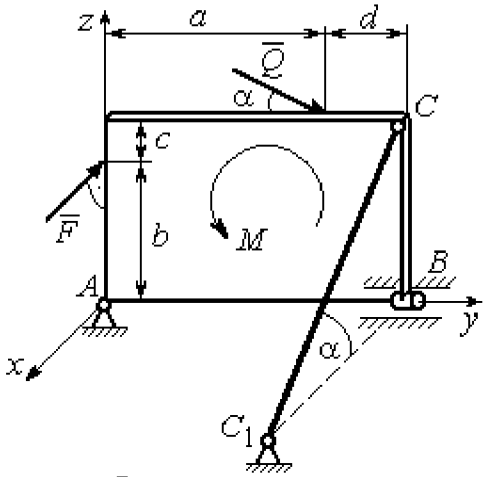
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ параллельна оси Ax; нить, удерживающая груз, сходит со шкива вертикально. Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и B и величину уравновешивающего груза Q	Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ 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 D 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 $\vec{F}$, лежит в плоскости zAy; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной zAx, отрезок нити 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 $\vec{Q}$ действует в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ перпендикулярна плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1

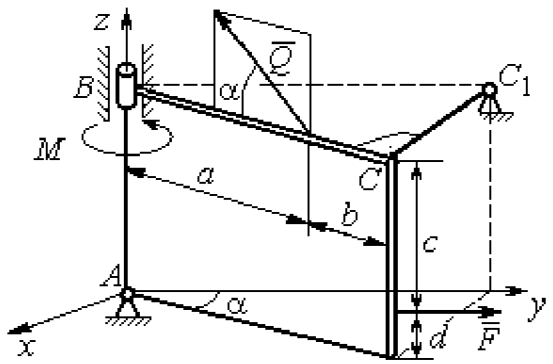
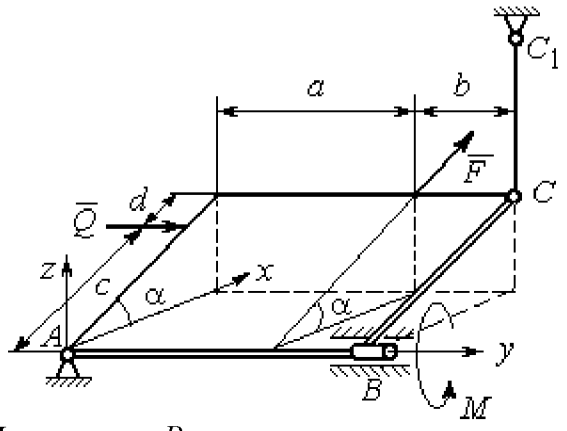
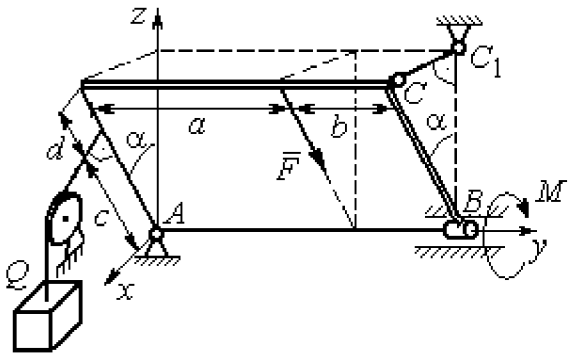
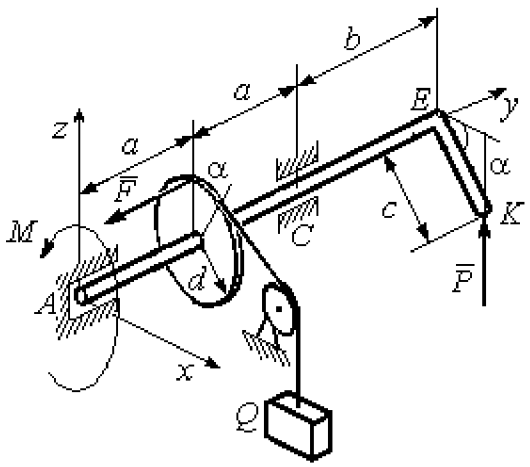
Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Плита весом P отклонена на угол α от вертикальной плоскости zAy; сила $\vec{Q}$ лежит в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1	Плита весом P отклонена на угол α от горизонтальной плоскости xAy; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна боковой стенке плиты и параллельна оси Ay; сила $\vec{F}$ расположена в плоскости плиты и параллельна её 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 плоскости zAx, прикреплена к боковой стенке плиты и перпендикулярна ей; сила $\vec{F}$ параллельна боковым стенкам плиты; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости zAy. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1	Рукоять EK перпендикулярна оси вала и наклонена под углом α к горизонтальной плоскости xAy; сила $\vec{P}$ параллельна оси Az; сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; нить, удерживающая груз Q, сходит со шкива по касательной. Найти реакции подпятника A, подшипника C, и величину уравновешивающего груза Q

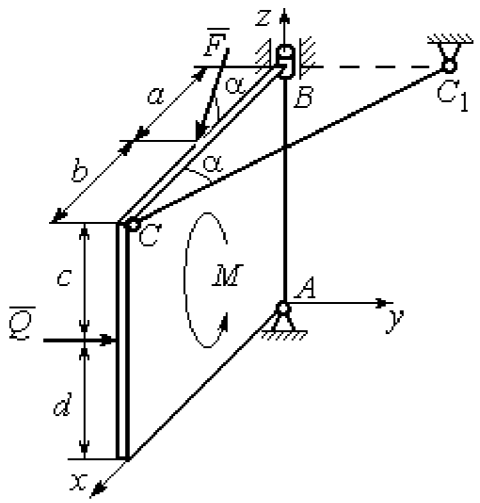
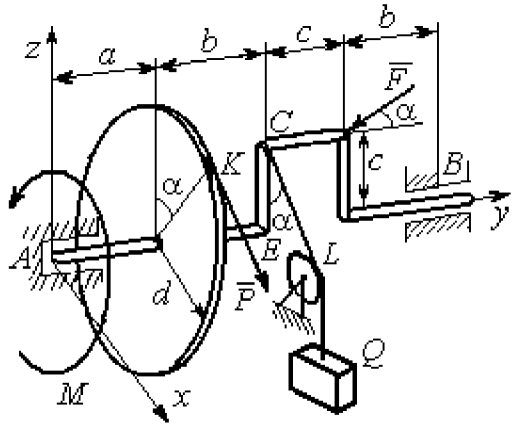
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	
Плита весом P находится в вертикальной плоскости zAx; стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной xAy; пара сил с моментом M действует в плоскости плиты; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна плоскости плиты; сила $\vec{F}$ лежит в плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках A и B и реакцию стержня CC_1	Сила $\vec{F}$ находится в плоскости zAy; стойка CE находится в плоскости zAy; отрезок CL нити, удерживающей груз, находится в плоскости параллельной xAz; сила $\vec{P}$ 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	60	60	30	30	30	60	60	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	0,4	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 $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом M, закручивающая вал вокруг оси Cy. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной zCy, и составляет угол 60° с направлением оси Cy. Сила $\vec{P}$ 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.

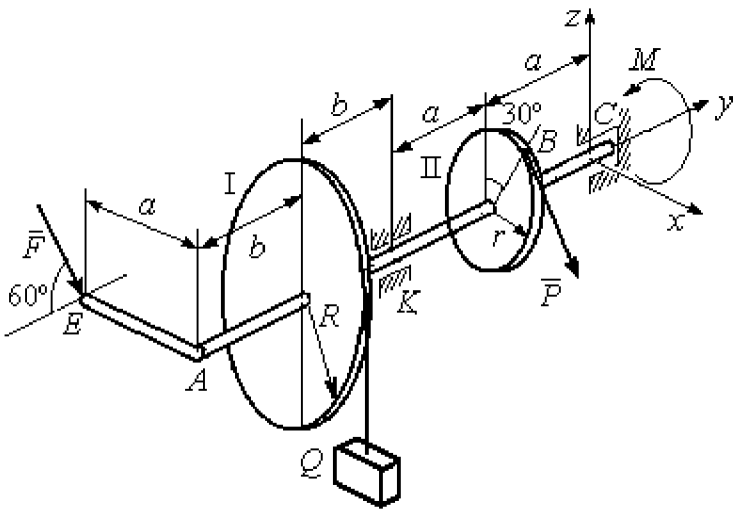


Рис. 1.14. Схема вала и его нагрузка

Решение

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют внешние силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, 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: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные

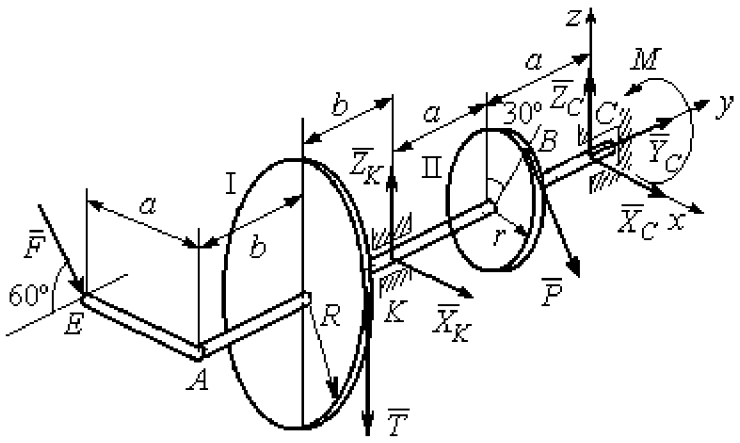


Рис. 1.15. Внешние силы и реакции связей вала

вдоль координатных осей. Реакция подшипника K лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей x, z. Реакция нити $\vec{T}$ 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 ($\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_K, \vec{Z}_K, \vec{T}, \vec{X}_C, \vec{Y}_C, \vec{Z}_C, M$) ∞ 0, для которой уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0, \sum F_{ky} = 0, \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0, \sum M_y(\vec{F}_k) = 0, \sum M_z(\vec{F}_k) = 0.$$

Для удобства при составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.16)

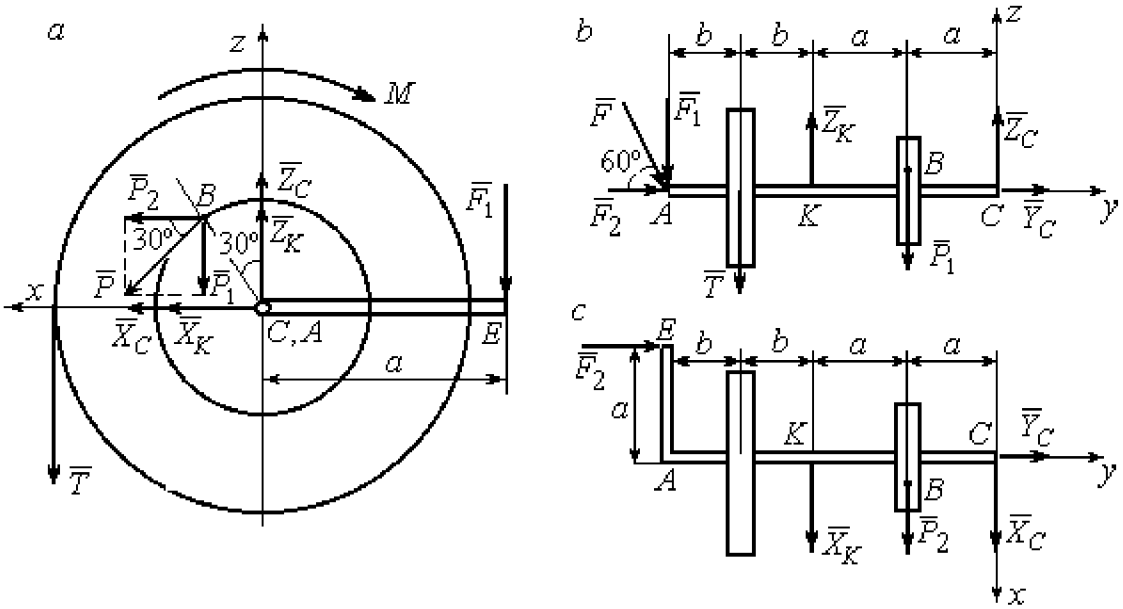


Рис. 1.16. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
a – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
b – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
c – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *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:

$$\sum F_{kx} = P_2 + X_K + X_C = 0,\ \sum F_{ky} = F_2 + Y_C = 0,$$

$$\sum F_{kz} = -P_1 + Z_K - T + Z_C - F_1 = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = P_1 a - Z_K 2a - T(2a + b) + F_1(2a + 2b) = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F_1 a + TR + Pr - M = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = P_2 a + X_K 2a - F_2 a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, с учётом того, что

$$P_1 = P\cos 60^\circ = 0{,}5P,\ P_2 = P\cos 30^\circ = 0{,}87P,$$

$$F_1 = F\cos 30^\circ = 0{,}87F,\ F_2 = F\cos 60^\circ = 0{,}5F$$ (см. рис. 1.16 *а*, *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 А 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).

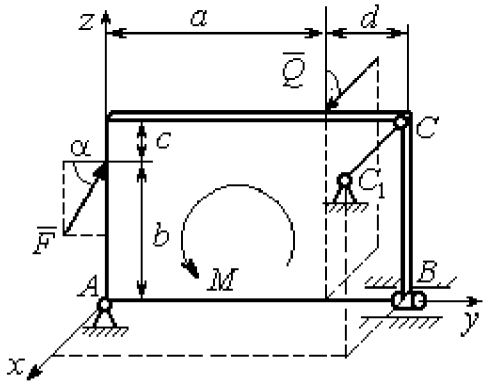


Рис. 1.17. Равновесие плиты

На плиту действует сила $\vec{Q}$, приложенная на краю плиты перпендикулярно её плоскости, и сила $\vec{F}$, 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: $\vec{X}_A$ $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Направления координатных осей показаны на рис. 1.17. Реакция подшипника B лежит в плоскости, перпендикулярной оси подшипника, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_B, \vec{Z}_B$, направленные вдоль координатных осей x, z. Реакция стержня $\vec{T}$ направлена вдоль стержня. Действие сил и реакций показано на рис.1.18.

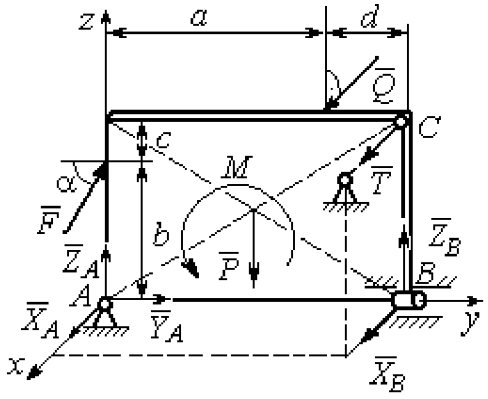


Рис. 1.18. Действие сил и реакций при равновесии плиты

Пространственная система сил, действующих на плиту, является уравновешенной: $(\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_B, \vec{Z}_B, \vec{T}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A, M) \infty 0$. Уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0\,,\ \sum F_{ky} = 0\,,\ \sum F_{kz} = 0\,,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k)=0,\ \sum M_y(\vec{F}_k)=0,\ \sum M_z(\vec{F}_k)=0.$$

В вычислениях моментов сил относительно осей будем считать момент положительным, если при взгляде со стороны положительного направления оси, сила вращает тело (плиту) против хода часовой стрелки. Получим:

$$\sum F_{kx}=0,\ X_A+Q+X_B+T=0,$$

$$\sum F_{ky}=0,\ Y_A+F\cos\alpha=0,$$

$$\sum F_{kz}=0,\ Z_A+F\sin\alpha-P+Z_B=0$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k)=0,\ -F\cos\alpha\cdot b-P\cdot 0{,}5(a+d)+Z_B(a+d)+M=0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k)=0,\ Q\cdot(b+c)+T\cdot(b+c)=0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k)=0,\ -Q\cdot a-T\cdot(a+d)-X_B\cdot(a+d)=0.$$

Подставив исходные данные задачи, получим систему уравнений:

$$X_A+500+X_B+T=0,\ Y_A+400\cdot 0{,}82=0,\ Z_A+400\cdot 0{,}57-1000+Z_B=0,$$

$$-400\cdot 0{,}82\cdot 1{,}5-1000\cdot 0{,}5\cdot 2{,}4+Z_B\cdot 2{,}4+300=0,$$

$$500\cdot 1{,}7+T\cdot 1{,}7=0,\quad -500\cdot 2-T\cdot 2{,}4-X_B\cdot 2{,}4=0,$$

откуда находим значения составляющих реакций:

$$T=-500\text{ Н},\ X_B=83{,}33\text{ Н},\ Z_B=580\text{ Н},$$

$$X_A=-83{,}33\text{ Н},\ Y_A=-328\text{ Н},\ Z_A=192\text{ Н}.$$

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 $\vec{r} = \vec{r}(t)$. 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 $\breve{OM} = S(t)$, 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: $\vec{V} = \dot{\vec{r}}$. Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.

При координатном способе задания движения величины проекций вектора скорости $\vec{V}$ 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: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau}$, где $S = S(t)$ – закон изменения длины дуги, $\vec{\tau}$ –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 $\vec{V}$ направлен по единичному вектору $\vec{\tau}$ – в сторону возрастающих расстояний. При $\dot{S} < 0$ он имеет направление, противоположное единичному вектору $\vec{\tau}$, 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: $\vec{a} = \dot{\vec{V}} = \ddot{\vec{r}}$. При координатном способе проекции вектора ускорения $\vec{a}$ 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 $\vec{a}$ раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$, параллельные осям n и τ естественной системы координат, и представляется в виде равенства $\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n}$, или $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор оси, касательной к траектории (касательная ось); $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор главной нормали траектории. Величина a_n называется **нормальным ускорением** точки и вычисляется по формуле: $a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны траектории. (У окружности радиус кривизны равен её радиусу, у прямой линии – бесконечности.) Вектор $\vec{a}_n$ 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 $\vec{a}_\tau$ зависит от знака второй производной $\ddot{S}$. При $\ddot{S} > 0$

вектор $\vec{a}_\tau$ в направлен в сторону возрастающих расстояний, по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$, при $\ddot{S} < 0$ – в сторону убывающих расстояний (противоположно единичному вектору $\vec{\tau}$). Вектор полного ускорения $\vec{a}$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$. 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: $\vec{a}_M = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$. 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. Плоскопараллельное 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: $\vec{V}_M = \vec{V}_A + \vec{V}_{MA}$, где $\vec{V}_M$ – скорость точки M; $\vec{V}_A$ – скорость полюса A; $\vec{V}_{MA}$ – вектор скорости точки M при вращении тела вокруг полюса A, модуль скорости $V_{MA} = \omega \cdot MA$, где ω – угловая скорость мгновенного вращательного движения тела вокруг полюса; MA – 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 $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ 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 $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек A и B плоской фигуры известны и параллельны друг другу, а линия AB перпендикулярна $\vec{V}_A$ (и, конечно, $\vec{V}_B$), 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 $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ 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

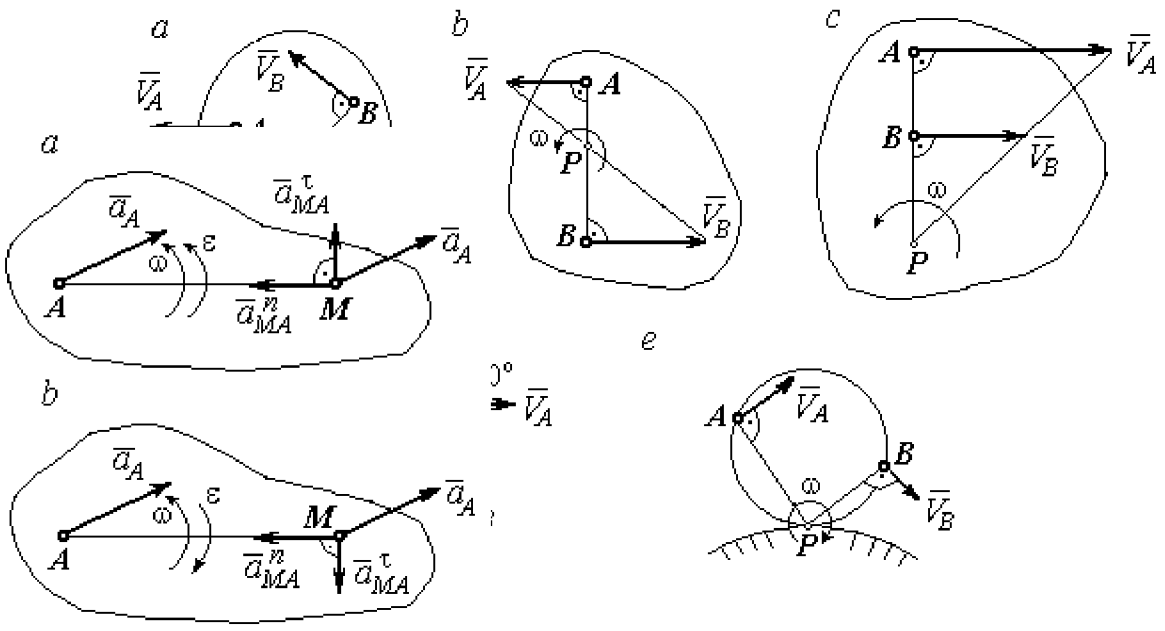


Рис. 2.2. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

Рис. 2.1. Способы построения мгновенного центра скоростей

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:

$$\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA},$$

где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M при вращении фигуры вокруг полюса A.

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{n}_{MA}$ всегда направлен от точки M к полюсу A. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку AM в сторону вращения, если оно ускоренное (рис. 2.2, *a*), и против вращения, если оно

замедленное (рис. 2.2, *b*). Численно величины касательного и нормального составляющих ускорения точки *M* определяются по формулам:

$$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM\ ,\ \ a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM\ ,$$

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

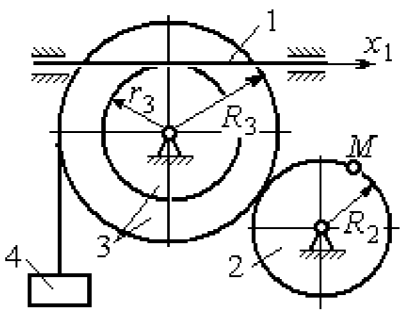
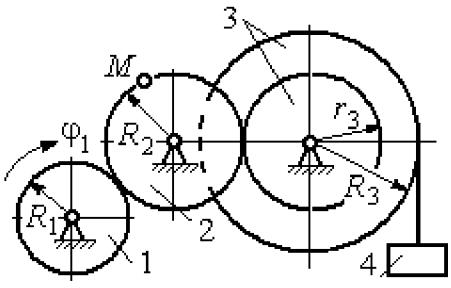
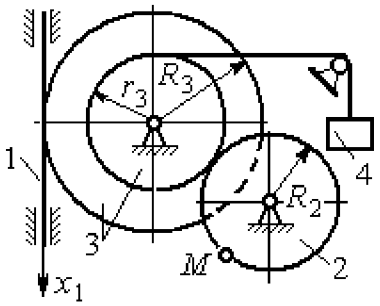
$$\vec{a}^{\tau}_{M} + \vec{a}^{n}_{M} = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA},$$

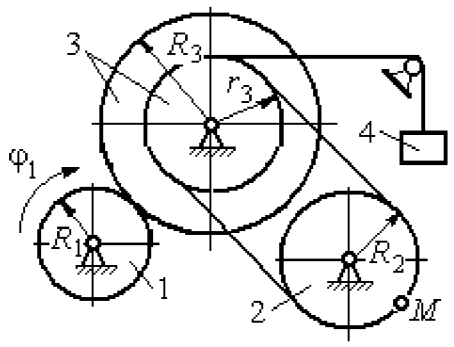
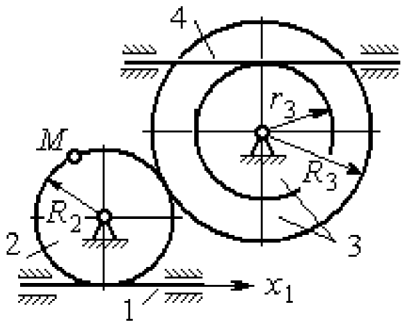
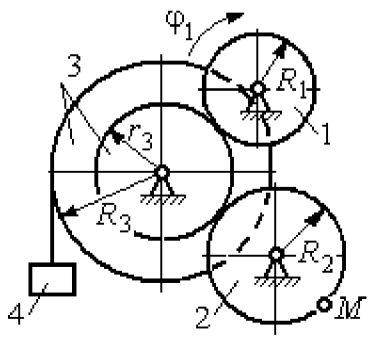
где $\vec{a}^{\tau}_{M}$, $\vec{a}^{n}_{M}$, $\vec{a}^{\tau}_{A}$, $\vec{a}^{n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *M* и полюса *A* при движении их по заданным траекториям.

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
		

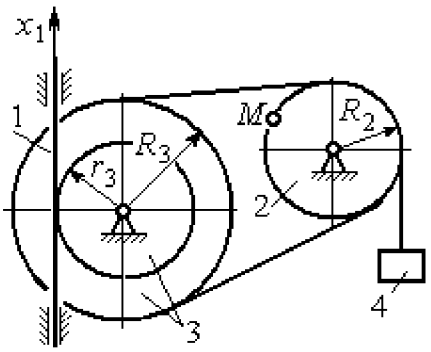
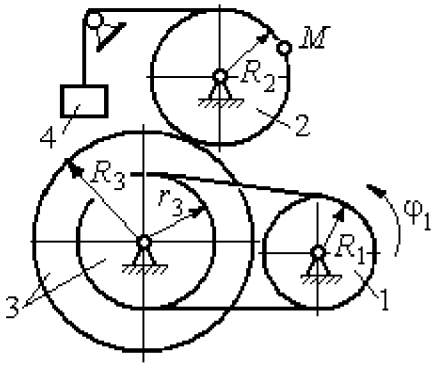
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

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

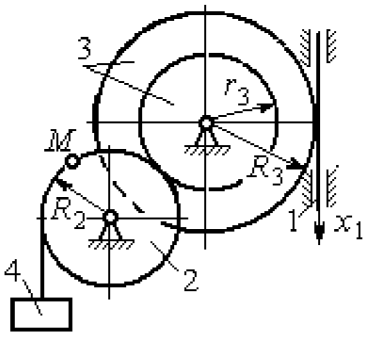
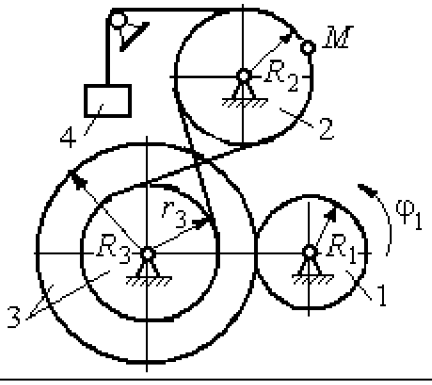
Варианты № 9, 19, 29	Варианты № 10, 20, 30
	

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	$x_1(t) = 5t^2 - 2\cos(\pi t/2)$	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	$\varphi_1(t) = 5t + \cos(\pi t/2)$	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	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 2\cos(\pi t/2)$	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	$\varphi_1(t)=2t^3+\cos(\pi t/2)$	1
17	–	20	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	2
18	15	18	40	25	$\varphi_1(t)=5t+\cos(\pi t/2)$	1
19	–	22	50	18	$x_1(t)=t^2+\cos(\pi t/3)$	3
20	10	20	45	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\sin(\pi t/4)$	4
21	–	20	40	20	$x_1(t)=t+(3t-4)^2$	2
22	8	18	42	18	$\varphi_1(t)=2t^2+12\cos(\pi t/6)$	3
23	–	45	60	40	$x_1(t)=4t^2+\sin(\pi t/2)$	1
24	5	15	30	20	$\varphi_1(t)=2t^2+4\cos(\pi t/2)$	2
25	–	15	35	25	$x_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/3)$	3
26	18	20	35	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\sin(\pi t/2)$	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	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/4)$	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.

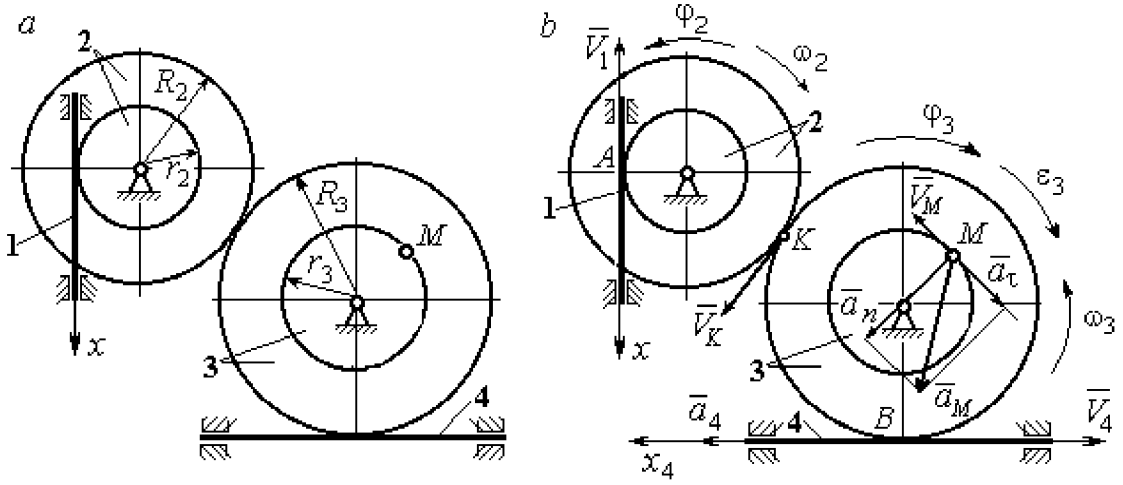


Рис. 2.5. Кинематика вращательного движения твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

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 $\vec{V}_1$, 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 $\vec{V}_M$ 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 $\vec{V}_4(1)$, 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 $\vec{a}_\tau(t)$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_M(1)$ (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 $\vec{a}_n(1)$ 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 $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$.

Ускорение a_4 звена 4 находится из условия, что звено 4 движется поступательно и прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. Тогда $a_4 = a_{4\tau} = \dot{V}_4 = = \dot{V}_B = |\dot{\omega}_3| R_3 = \varepsilon_3 R_3$.

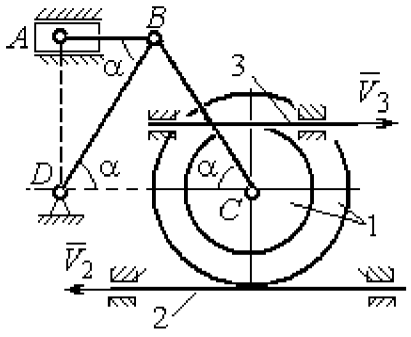
Так как угловое ускорение диска 3 является постоянной величиной, ускорение a_4 не зависит от времени: a_4 = 16 см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_4$ направлен вдоль оси x_4 в сторону положительных значений.

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.

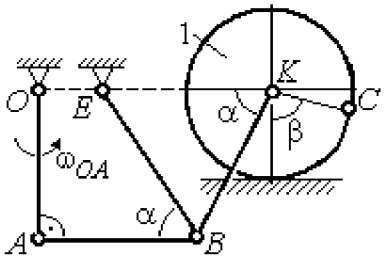
Варианты № 1, 11, 21



Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_{AB}, \omega_{BC}, \omega_1, \omega_{BD}$

Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	AD, см	α, град	V_2, см/с	V_3, см/с
1	10	5	20	30	8	10
11	12	8	25	45	10	4
21	10	6	15	60	5	5

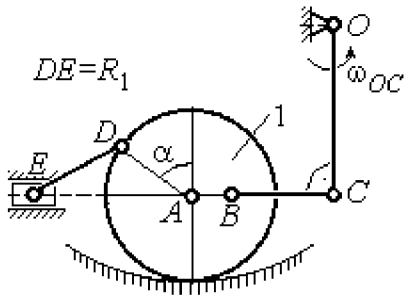
Варианты № 2, 12, 22



Найти: V_A, V_B, V_K, $\omega_1, \omega_{AB}, \omega_{OA}$, ω_{BE}, ω_{BK}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	OE, см	α, град	β, град	V_C, см/с
2	3	5	4	30	60	10
12	4	8	6	45	90	8
22	5	12	2	60	120	12

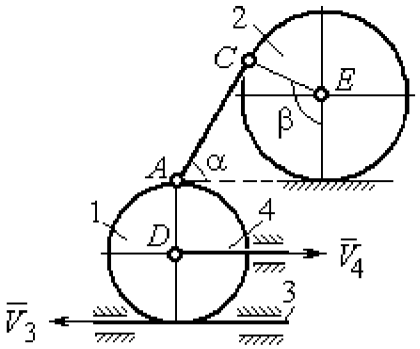
Варианты № 3, 13, 23



Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, $\omega_{BC}, \omega_1, \omega_{DE}$

Номер варианта задания	R_1, см	OC, см	AB, см	BC, см	α, град	ω_{OC}, рад/с
3	12	18	10	35	60	4
13	10	15	10	25	90	8
23	15	20	5	20	120	6

Варианты № 4, 14, 24

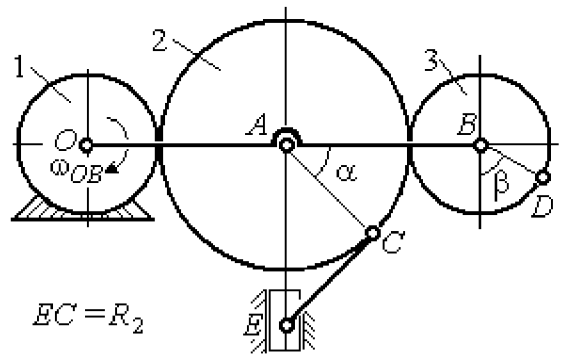


Найти: V_A, V_C, V_E, $\omega_1, \omega_2, \omega_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	α, град	β, град	V_3, см/с	V_4, см/с
4	10	15	30	60	8	4
14	6	10	45	90	4	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

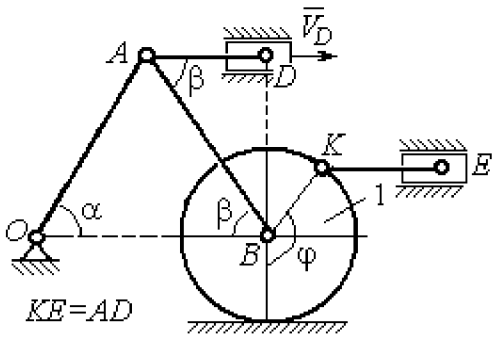
Варианты № 5, 15, 25



Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, ω_2, ω_3, ω_{EC}

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	R_3, см	α, град	β, град	ω_{OB}, рад/с
5	10	20	12	60	0	6
15	6	18	10	90	90	8
25	20	25	15	120	180	4

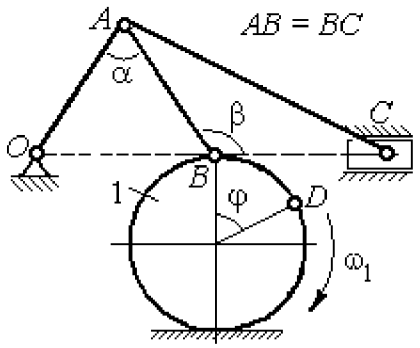
Варианты № 6, 16, 26



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_D, см/с
6	10	20	30	60	60	12
16	12	26	30	30	90	8
26	15	30	60	60	120	15

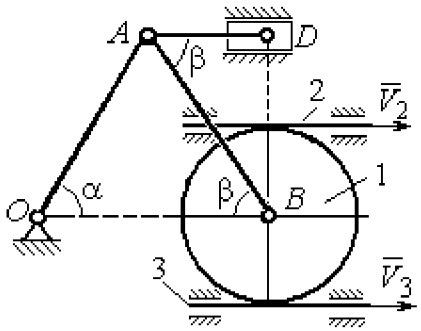
Варианты № 7, 17, 27



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_D, см/с
7	10	20	30	60	60	12
17	12	25	60	120	90	16
27	8	16	30	60	120	10

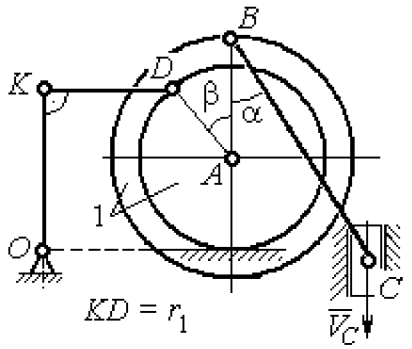
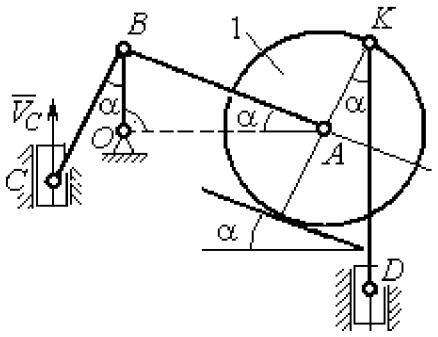
Варианты № 8, 18, 29



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_{BC}, ω_1, V_A, V_B, V_K, V_D	 Найти: V_A, V_B, V_D, V_K, ω_{CB}, ω_1, ω_{OB}, 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	CB, см	OB, 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

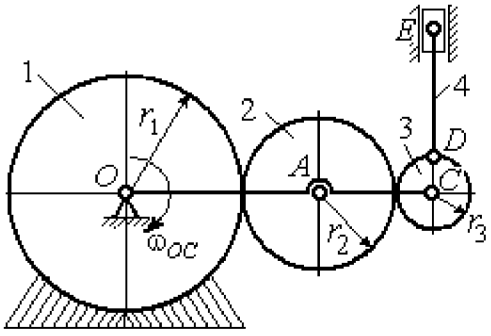


Рис. 2.9. Схема плоского механизма

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, $\omega_{OC} = 1$ рад/с.

Решение

Определим скорость точки A, общей для стержня OC и диска 2: $V_A = \omega_{OC}(r_1 + r_2) = 10$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ 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.

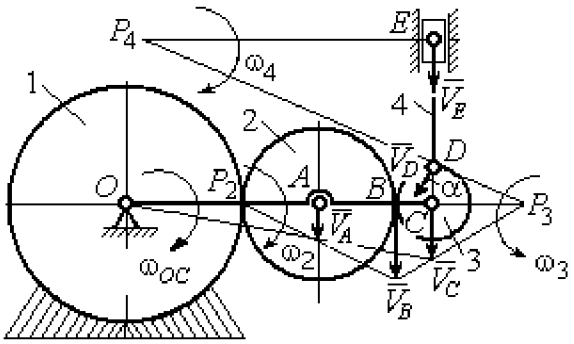


Рис. 2.10. Расчетная схема для определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

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 $\vec{V}_B$ 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: $V_C = \omega_{OC}(r_1 + 2r_2 + r_3) = 16$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен стержню OC и направлен в сторону его вращения (см. рис. 2.10).

Построение мгновенного центра скоростей P_3 диска 3 по известным скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ 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: $\frac{V_B}{V_C} = \frac{r_3 + CP_3}{CP_3}$. Разрешая пропорцию относительно неизвестной величины CP_3, получим: CP_3= 8 см. Скорость точки C выражается через угловую скорость диска 3 $V_C = \omega_3 \cdot CP_3$. Отсюда 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 $\vec{V}_D$ 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 $\vec{V}_D$ 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 $\vec{V}_D$ и $\vec{V}_E$, 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,

$EP_4 = DE \cdot \mathrm{ctg}\alpha$ = 40 см. В результате, ω_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 отклонён 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.

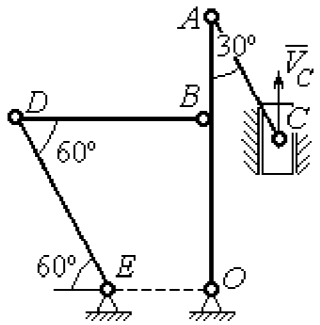


Рис. 2.11. Стержневой механизм

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 $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$. 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 её 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.

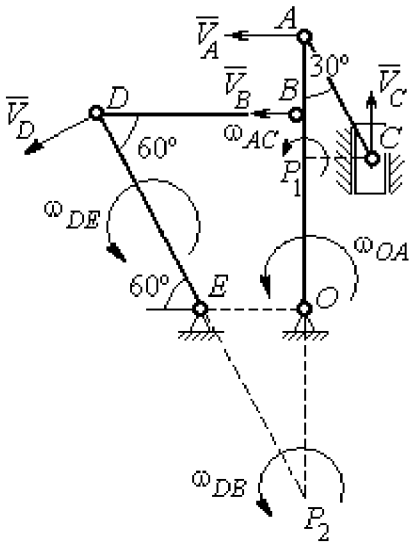


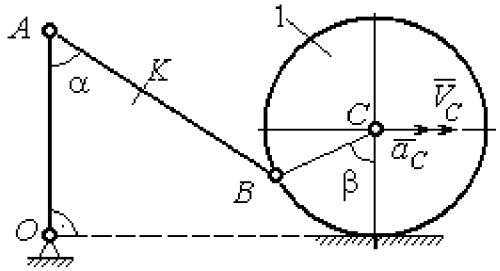
Рис. 2.12. Расчётная схема определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

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 $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_D$ (см. рис. 2.12). Тогда, угловая скорость шатуна DB $\omega_{DB} = \frac{V_B}{P_2B} = \frac{3{,}2\sqrt{3}}{DB \cdot \text{tg}60^\circ} = 0{,}32$ 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.

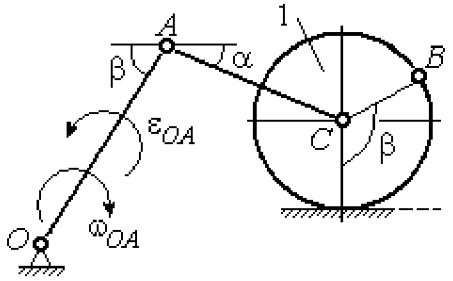
Варианты № 1, 11, 21



Найти: $a_A, a_K, \varepsilon_{AB}$

Номер варианта задания	AB, см	AK, см	α, град	β, град	R_1, см	V_C, см/с	a_C, см/с^2
1	16	10	60	120	10	12	6
11	20	16	30	60	8	10	8
21	18	10	60	180	6	8	4

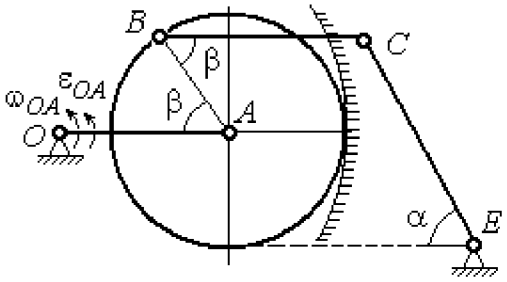
Варианты № 2, 12, 22



Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	AC, см	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
2	5	10	12	30	60	2	4
12	8	24	20	30	120	1	2
22	6	12	15	60	90	2	3

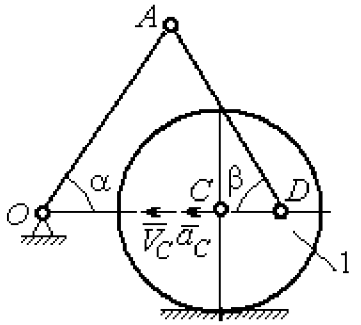
Варианты № 3, 13, 23



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/с^2
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

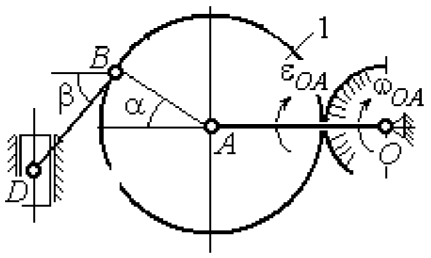


Найти: $a_A, a_D, \varepsilon_{DA}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	DC, см	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
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

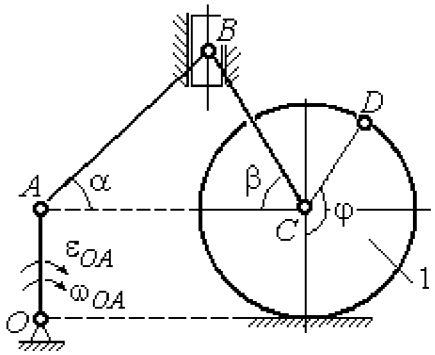
Варианты № 5, 15, 25



Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

Номер варианта задания	OA, см	BD, см	α, град	β, град	R_1, 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

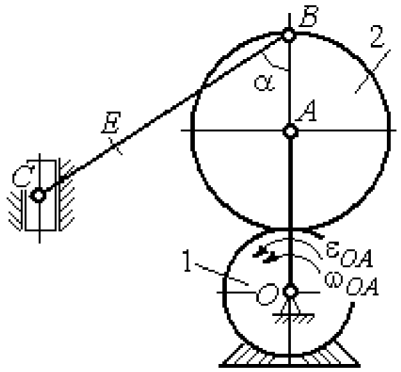
Варианты № 6, 16, 26



Найти: $a_B, a_D, \varepsilon_{BC}$

Номер варианта задания	R_1, 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

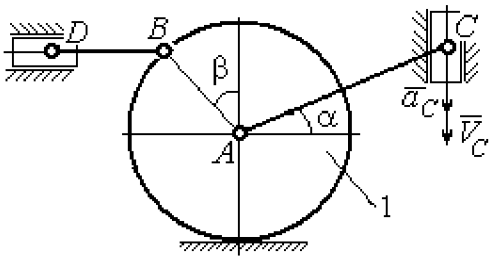
Варианты № 7, 17, 27



Найти: $a_E, a_C, \varepsilon_{BC}$

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

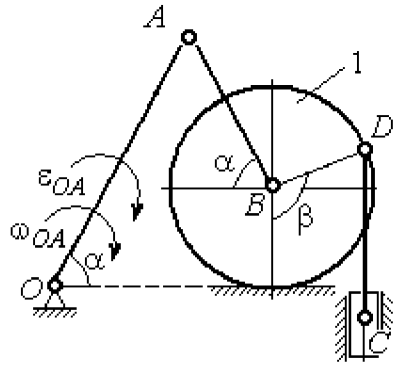
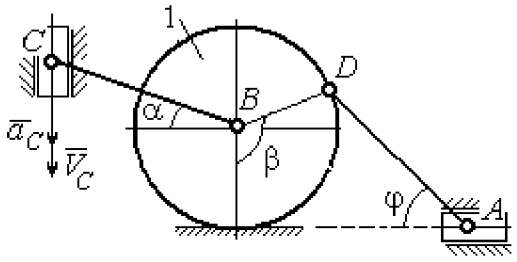
Варианты № 8, 18, 28



Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

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: $a_A, a_B, \varepsilon_{CB}$

Номер варианта задания	OA, см	DC, 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 задания	R_1, см	BC, см	φ, 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 = 9м/с, a_C = 4 м/с^2.

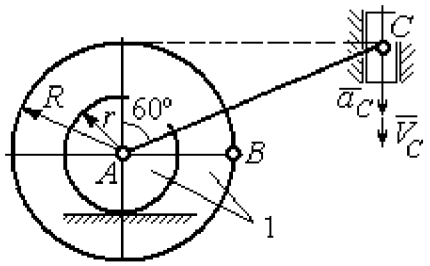


Рис. 2.16. Схема движения плоского механизма

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.

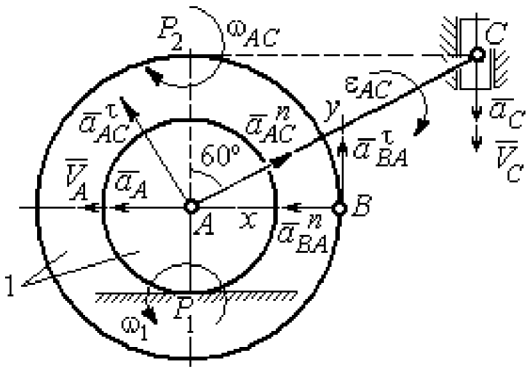


Рис. 2.17. Расчётная схема определения скоростей и ускорений точек механизма

Угловая скорость шатуна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_2} = \dfrac{9}{R\text{tg}60^\circ} = 6\sqrt{3}$ 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: $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}_{AC}^{\tau} + \vec{a}_{AC}^{n}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки C, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}_{AC}^{\tau}$, $\vec{a}_{AC}^{n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки A при вращении шатуна AC вокруг полюса C. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_{AC}^{n}$ направлен вдоль шатуна AC от точки A к полюсу C и равен по величине $a_{AC}^{n} = \omega_{AC}^2 \cdot AC = (6\sqrt{3})^2 \cdot 2R = 108$ м/с^2. Вектор касательного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\tau}$, модуль которого вычисляется по формуле $a_{AC}^{\tau} = \varepsilon_{AC} \cdot AC$, 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 $\vec{a}_{AC}^{\tau}$ выбрано из предположения, что

вращение шатуна ускоренное и направление углового ускорения совпадает с направлением его угловой скорости.

Направление вектора $\vec{a}_A$ ускорения точки A определяется из того, что центр барабана движется по прямой, параллельной горизонтальной поверхности качения. На рис. 2.17 направление вектора ускорения $\vec{a}_A$ выбрано из предположения, что качение барабана ускоренное.

Выберем ось x вдоль линии AC (рис. 2.18) и спроектируем векторное равенство $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}^{\tau}_{AC} + \vec{a}^{n}_{AC}$ на эту ось. При таком выборе оси проекция неизвестного ускорения $\vec{a}^{\tau}_{AC}$ обращается в нуль. Получим $a_A \cos 30^\circ = a_C \cos 60^\circ - a^n_{AC}$. Отсюда найдём ускорение центра барабана $a_A = \dfrac{1}{\cos 30^\circ}\left(a_C \cos 60^\circ - a^n_{AC}\right) = -122{,}4$ м/с^2. Отрицательное значение ускорения точки A означает, что на рис. 2.17, 2.18 вектор ускорения $\vec{a}_A$ должен иметь противоположное направление. Таким образом, вектор ускорения $\vec{a}_A$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_A$, и движение барабана замедленное.

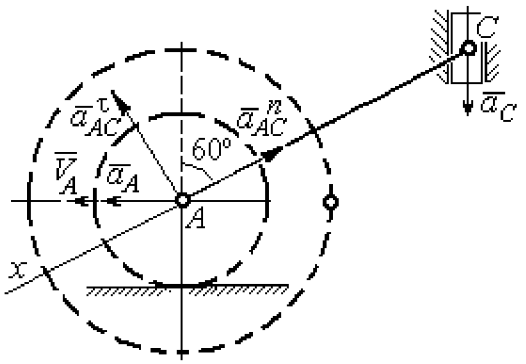


Рис. 2.18. Схема для определения ускорения центра барабана

Для того чтобы найти ускорение точки B, выразим его через полюс A на основании векторного равенства $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки A, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\tau}_{BA}$, $\vec{a}^{n}_{BA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки B при вращении барабана вокруг полюса A.

Модуль вектора нормального ускорения $\vec{a}^{n}_{BA}$ 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 $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ вычисляется по формуле $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_1 \cdot BA$, 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 $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_1}{dt} \cdot r$. 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 $\varepsilon_1 = \frac{a_A}{r} = 40{,}8$ рад/с^2, а затем и модуль вектора касательного ускорения $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_1 \cdot BA = 20{,}4$ 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 $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$. Полагая, что движение барабана ускоренное (т. е. вектора ускорений $\vec{a}_A$ и $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ направлены, как показано на рис. 2.17), получим значения составляющих ускорения точки B: $a_{Bx} = a_A + a^{n}_{BA}$, $a_{By} = a^{\tau}_{BA}$. 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 $\vec{a}_{Bx}$, $\vec{a}_{By}$. 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 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 $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2, $R_1 = 4$ см, $R_2 = 8$ см. Длина стержня $BC = 20$ см.

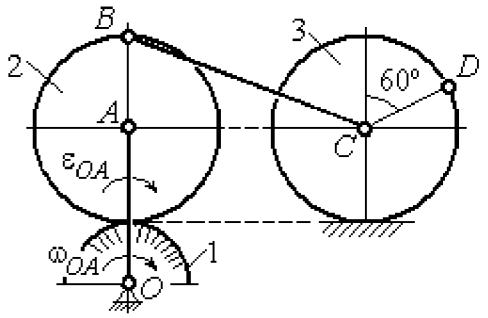


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

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 $\vec{V}_A$ 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: $V_B = \omega_2 BP_2 = 6 \cdot 16 = 96$ см/с.

Для определения угловой скорости стержня BC заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ 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.

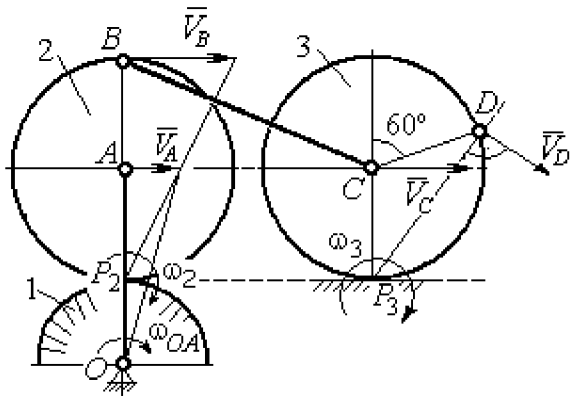


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

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 $DP_3 = 2R_3\cos 30^\circ = 13{,}8$ см и $V_D = 165{,}6$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ направлен в сторону движения диска 3 перпендикулярно линии DP_3 и (см. рис. 2.20).

Определение ускорений точек механизма.

Представим ускорение $\vec{a}_C$ точки C векторной суммой $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение точки B, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – 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 $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ 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 $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ строится перпендикулярно линии стержня BC в сторону углового ускорения ε_{CB} (см. рис. 2.21).

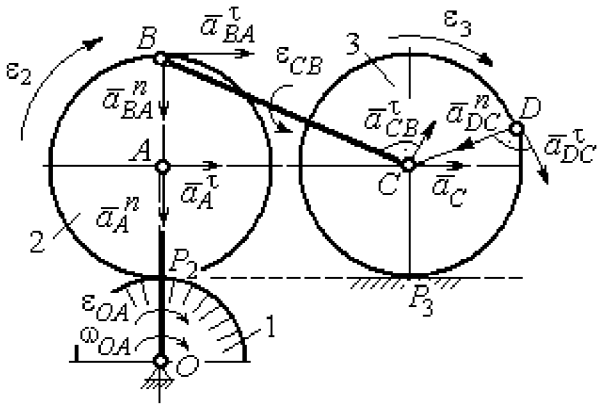


Рис. 2.21. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

Выразим ускорение точки B через полюс A: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – 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/с^2. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ 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: $\dfrac{dV_A}{dt} = \dfrac{d\omega_2}{dt} R_2$, или $a^{\tau}_A = \varepsilon_2 R_2$, откуда $\varepsilon_2 = \dfrac{a^{\tau}_A}{R_2}$.

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 $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_A$, где $\vec{a}^{n}_A$ и $\vec{a}^{\tau}_A$ – известные нормальная и касательная составляющие ускорения точки A кривошипа 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 $\vec{a}_A^n$ и касательного ускорения $\vec{a}_A^\tau$ 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 $\vec{a}_C = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^\tau + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau + \vec{a}_{CB}^\tau$. Выберем оси Cx, Cy, как показано на рис. 2.22, – вдоль отрезка BC и перпендикулярно ему и спроецируем на них имеющееся векторное равенство. Получим:

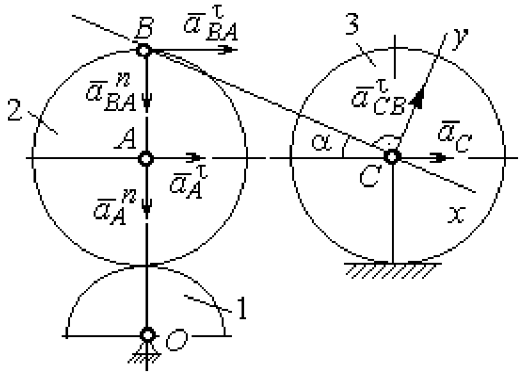


Рис. 2.22. Расчетная схема для вычисления ускорения точки С

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha;$$

$$a_C \sin\alpha = a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha + a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

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: $\varepsilon_{CB} = \dfrac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 17{,}9$ рад/с^2.

Знак «минус» величины a_{CB}^τ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ 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: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,n}_{DC} + \vec{a}^{\,\tau}_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – известное ускорение точки C; $\vec{a}^{\,n}_{DC}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ – 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 $\vec{a}^{\,n}_{DC}$ направлен по радиусу от точки D к полюсу C (рис. 2.23).

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: $\dfrac{dV_C}{dt} = \dfrac{d\omega_3}{dt} R_3$, или $a_C = \varepsilon_3 R_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \dfrac{a_C}{R_3} = 32{,}09$ рад/с^2. Тогда величина касательной составляющей ускорения точки D: $a^{\tau}_{DC} = \varepsilon_3 \cdot DC = 256{,}7$ см/с^2. Направление вектора $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ соответствует ускоренному движению диска 3.

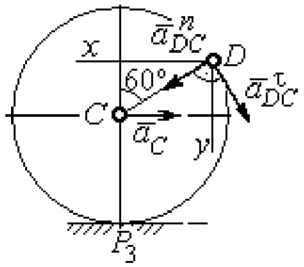


Рис.2.23. Расчетная схема для определения ускорения точки D

Проведём оси Dx и Dy, как показано на рис. 2.23, и спроецируем векторное равенство ускорения точки D на оси:

$$a_{Dx} = -a_C + a^n_{DC}\cos 30^\circ - a^{\tau}_{DC}\cos 60^\circ, \quad a_{Dy} = a^n_{DC}\cos 60^\circ + a^{\tau}_{DC}\cos 30^\circ.$$

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:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – 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: $V_r = \left|\dot{S}_r\right|$. 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.)

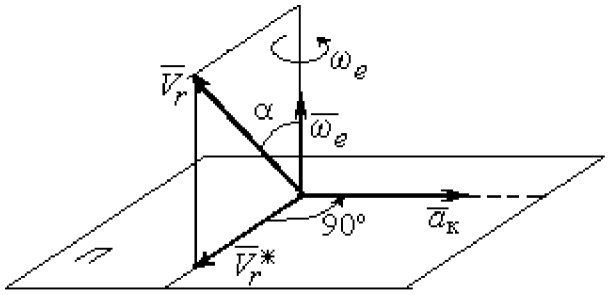


Рис. 3.1. Определение направления ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

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 $\vec{a}_r$ представляется как сумма векторов относительного касательного $\vec{a}_r^{\tau}$ и относительного нормального $\vec{a}_r^{n}$ ускорений: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n}$. Переносное ускорение точки $\vec{a}_e$ тела имеет своими составляющими переносное касательное $\vec{a}_e^{\tau}$ и переносное нормальное $\vec{a}_e^{n}$ ускорения так, что $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n}$.

Таким образом, абсолютное ускорение точки в сложном движении можно представить в виде векторного равенства

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Модули относительного касательного и относительного нормального ускорений при естественном способе задания относительного движения точки равны: $a_r^{\tau} = \left|\dot{V}_r\right|$, $a_r^{n} = \dfrac{V_r^2}{\rho}$, 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: $a_{\text{к}} = 0$, $a_e^{n} = 0$. Абсолютное ускорение точки при поступательном переносном движении можно представить в виде векторного равенства $\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau}$.

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: $CM = y_r = y_r(t)$.

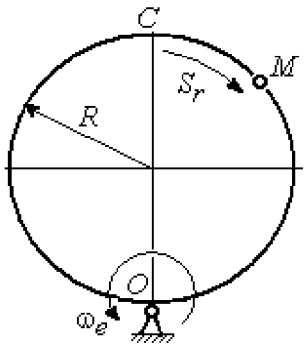
Определить абсолютные скорость и ускорение точки в момент времени t_2, который либо задаётся в исходных данных задачи, либо на схемеописаны условия, из которых он находится.

Номера вариантов заданий даны на рис. 3.2 – 3.5.

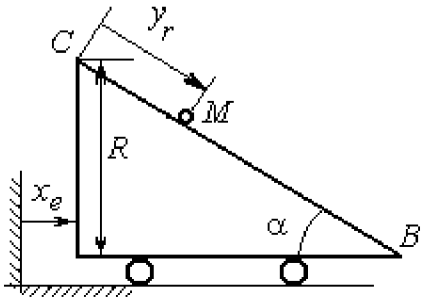
Варианты исходных данных приведены в табл. 3.1.

Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



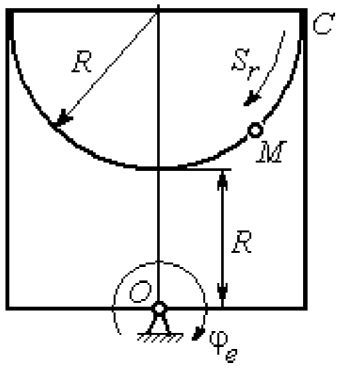
Задача 2



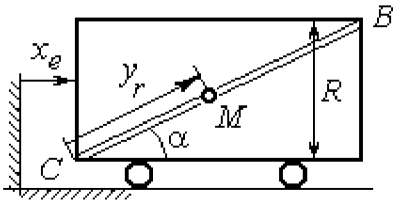
В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути CB

Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



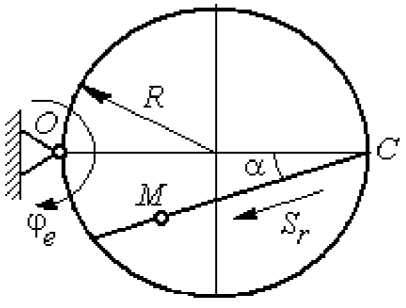
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла 2/3 пути CB

Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Задача 2

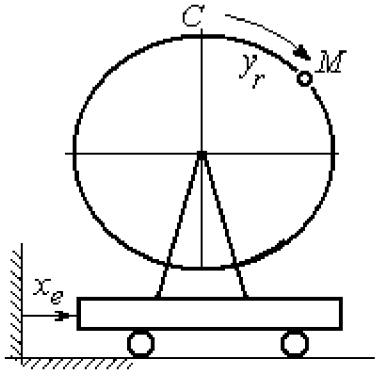
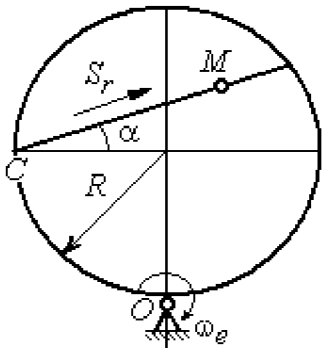


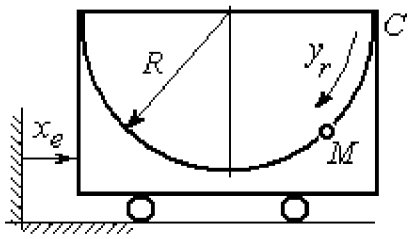
Рис. 3.2. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

Варианты № 4, 14, 24

Задача 1

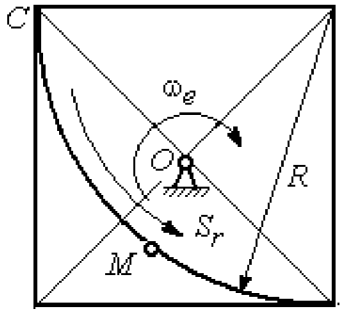


Задача 2

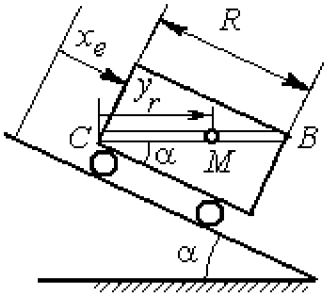


Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



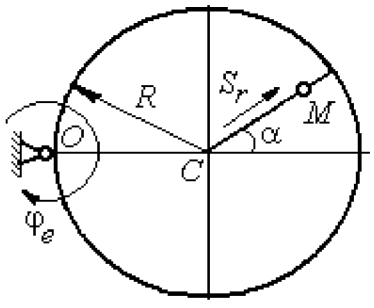
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла путь CB

Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Задача 2

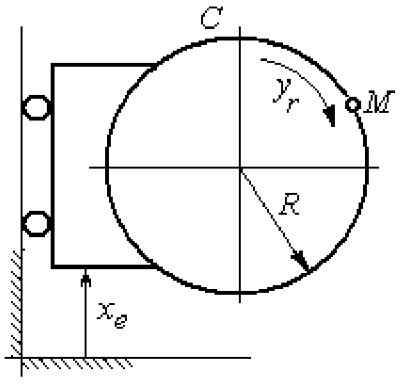
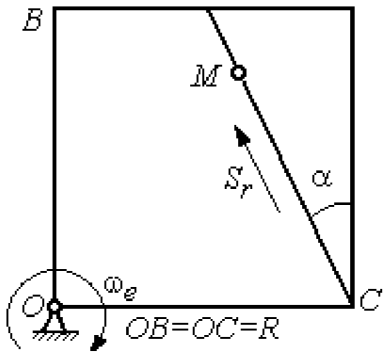


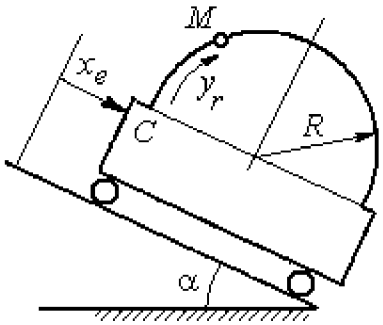
Рис. 3.3. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

Варианты № 7, 17, 27

Задача 1

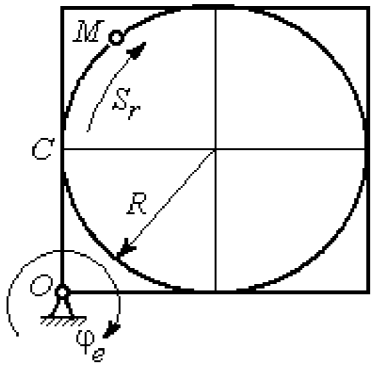


Задача 2

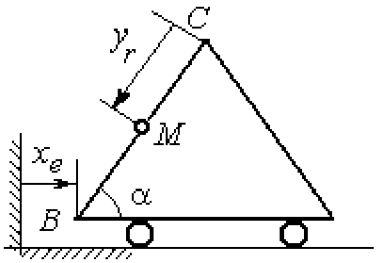


Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



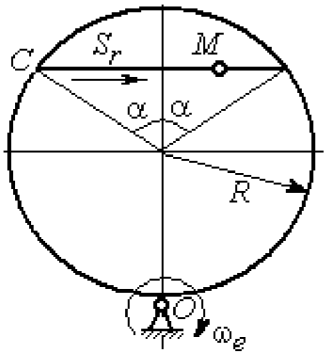
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути $CB = R$

Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Задача 2

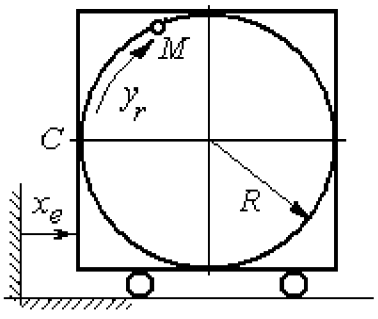
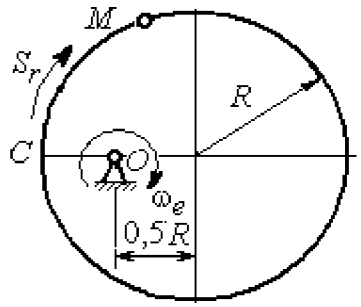


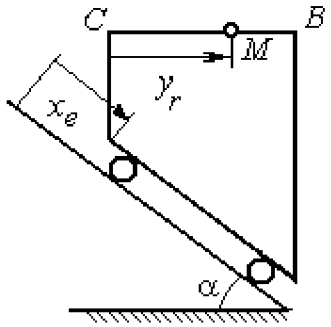
Рис. 3.4. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

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	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, 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	$CM = S_r(t)$, 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
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	$y_r = (t^2 + 3t)$	$x_e = t + 2\sin\pi t$	–

Окончание табл. 3.1

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
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	–	$y_r = \pi(t^2 + 2t)$	$x_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
25	1	6	–	$S_r = 2\pi t^2$	$\omega_e = 3\sin(\pi t/3)$	1
	2	4	45	$y_r = 2t(t + 3t)$	$x_e = 2(t^3 - 3t)$	–
26	1	6	120	$S_r = t^2 + t$	$\varphi_e = 12\cos(\pi t/12)$	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	$y_r = \sqrt{3}\pi\sin(\pi t/3)$	$x_e = t + 4\cos(\pi t/4)$	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.

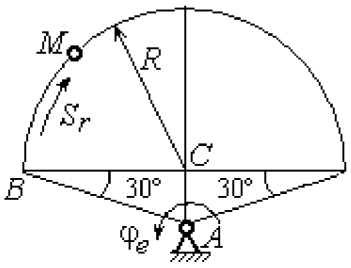


Рис. 3.6. Схема сложного движения точки

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: $\overset{\smile}{BM} = S_r = 9\pi t^2$ 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 = 1с.

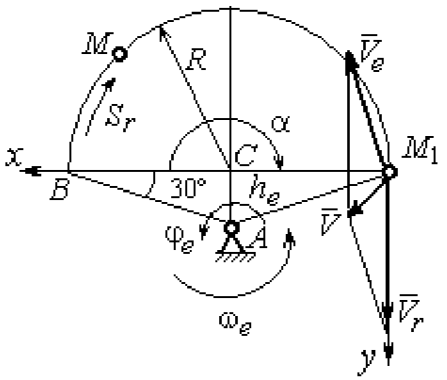


Рис. 3.7. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки при сложном движении

Решение

Вращение фигуры будет для точки M переносным движением. Относительное движение точки M – её движение по окружности обода диска.

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: $\dot{\varphi}_e = 5 - 4t$. Угловая скорость вращения фигуры: $\omega_e = |\dot{\varphi}_e|$. При t_1 = 1 с $\dot{\varphi}_e(1) = 1$ рад/с. Положительная величина производной $\dot{\varphi}_e(1)$ 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 $h_e = AM_1 = \dfrac{R}{\cos 30^\circ} = 6\sqrt{3}$ см. Тогда $V_e(1) = 6\sqrt{3}$ см/с.

Вектор скорости переносного движения точки $\vec{V}_e$ 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 $\vec{V}_r$ 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 $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. 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:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Относительное касательное ускорение a_r^{τ} вычисляется по формуле: $a_r^{\tau} = \left|\ddot{S}_r\right|$. 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 $\vec{a}_r^{\tau}$ направлен по касательной к траектории относительного движения в точке M_1 в сторону положительного направления относительного движения, отмеченного дуговой стрелкой S_r.

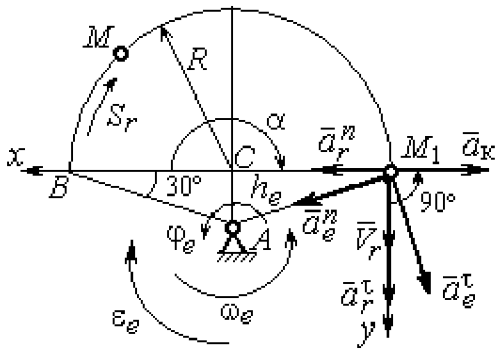


Рис. 3.8. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Относительное нормальное ускорение точки вычисляется по формуле $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно: $a_r^n(1) = \dfrac{V_r^2(1)}{R} = \dfrac{(18\pi)^2}{9} = 355{,}3$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_r^n$ 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 $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right|$. Вычислим производную $\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с^2. Угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right| = 4$ 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 $\vec{a}_e^{\tau}$ переносного касательного ускорения точки в её положении M_1 перпендикулярен линии AM_1 и направлен противоположно вектору переносной

скорости $\vec{V}_e$ (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 $\vec{a}_e^n$ направлен по линии AM_1 к оси вращения (см. рис. 3.8).

По условию задачи вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, то есть перпендикулярен вектору угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$. Тогда модуль **ускорения Кориолиса** при $t_1 = 1$ с $a_к = 2\omega_e V_r = 2 \cdot 1 \cdot 18\pi = 113{,}1$ см/с^2.

Так как вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r \perp \vec{\omega}_e$, то по правилу Жуковского для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ 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 $\vec{a} = \vec{a}_r^\tau + \vec{a}_r^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_e^n + \vec{a}_к$. Получим: $a_y = a_e^\tau \cos 30° + a_e^n \cos 60° + a_r^\tau = 97{,}9$ см/с^2,

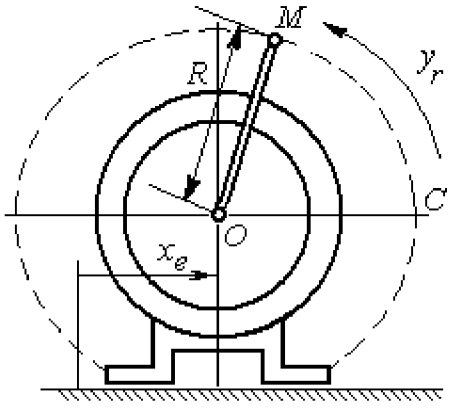


Рис. 3.9. Схема движения точки стержня, укреплённого на электромоторе

$a_x = -a_e^\tau \cos 60° + a_e^n \cos 30° + a_r^n - a_к = 228{,}4$ см/с^2. Модуль абсолютного ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 248{,}5$ см/с^2.

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 $CM = y_r = \pi t^2$ 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 $\alpha = \dfrac{y_r(t_1)}{R} = \dfrac{\pi}{6} = 30°$. 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 $V_r = \dot{y}_r = 2\pi t$. В момент времени $t_1 = 1$ с V_r = 6,28 см/с. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости направлен перпендикулярно стержню OM_1.

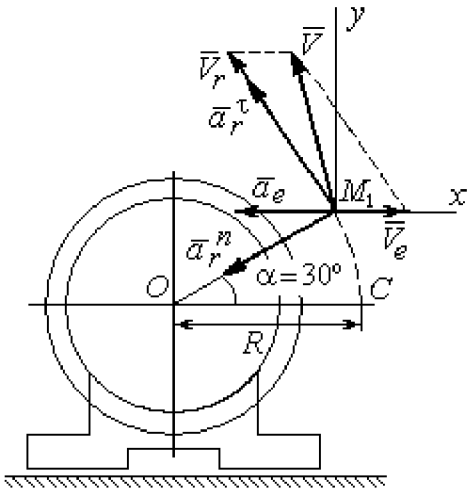


Рис. 3.10. Расчётная схема вычисления абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки

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 $\vec{V}_e$ 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: $\vec{V}_M = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти величину

абсолютной скорости, выберем оси xM_1y, как показано на рис. 3.10, и спроецируем векторное равенство сложения скоростей на эти оси. Получим: $V_{Mx} = V_e - V_r\cos 60^\circ$ = – 0,52 см/с (проекция направлена в отрицательную сторону оси x), $V_{My} = V_r\cos 30^\circ$ = 5,44 см/с. Модуль абсолютной скорости $V_M = \sqrt{V_{Mx}^2 + V_{My}^2}$ = 5,46 см/с. Вектор абсолютной скорости направлен по диагонали параллелограмма, построенного на векторах $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$.

При поступательном переносном движении точки ω_e = 0 и потому $a_к$ = 0. Относительное ускорение точки при движении по окружности раскладывается на две составляющие $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$, направленные вдоль стержня OM и перпендикулярно ему. Кроме того, при прямолинейном относительном движении $a_e^n = 0$. В результате, теорема о сложении ускорений принимает вид $\vec{a}_M = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e$, где модули векторов вычисляются по формулам $a_r^\tau = \dot{V}_r$, $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$, $a_e = a_e^\tau = \dot{V}_e$ = $-\dfrac{5\pi^2}{9}\sin(\pi t/3)$ и в момент времени $t_1 = 1$с равны a_r^τ = 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 xM_1y. Получим:

$$a_{Mx} = -a_r^\tau\cos 60^\circ - a_r^n\cos 30^\circ - a_e = -4{,}08 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = a_r^\tau\cos 30^\circ - a_r^n\cos 60^\circ = 2{,}15 \text{ см/с}^2.$$

Величина абсолютного ускорения $a_M = \sqrt{a_{Mx}^2 + a_{My}^2}$ = 4,61 см/с^2.

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение точки под действием системы сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, …, $\vec{F}_K$ 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

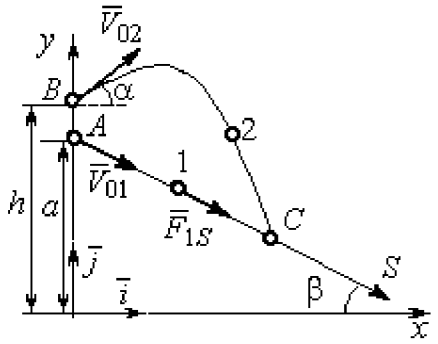
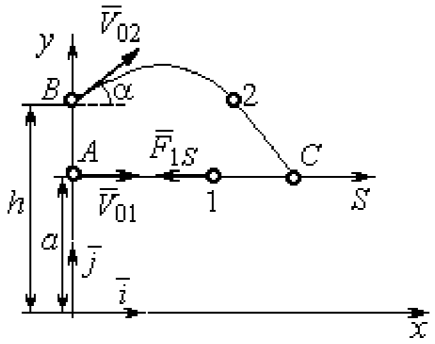
Две материальные точки движутся в вертикальной плоскости xOy. Точка 1 массой m_1, получив в начальном положении A скорость V_{01}, движется вдоль гладкой оси AS, наклоненной под углом β к горизонту. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_1$, направленная вдоль оси AS. Направление вектора проекции силы на ось $\vec{F}_{1S}$ 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 $\vec{F}_2$. Направление вектора силы $\vec{F}_2$ определяется его разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ 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 AS 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

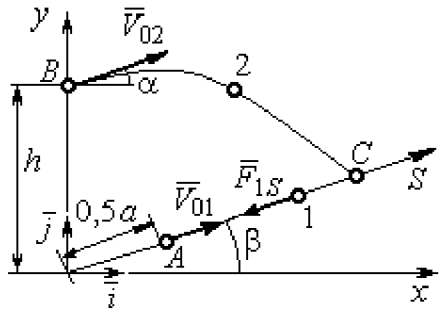
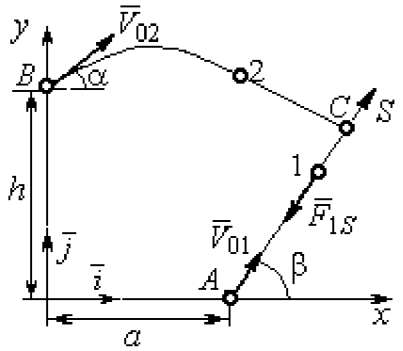
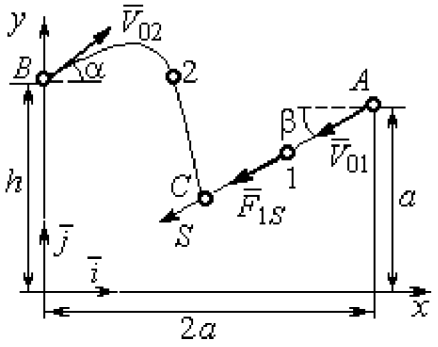
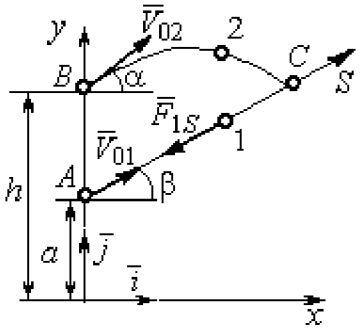
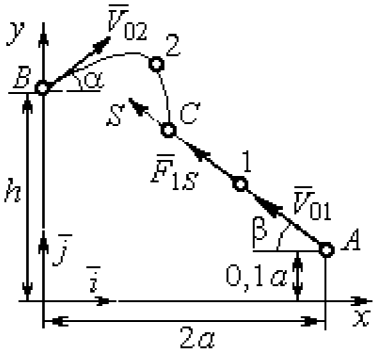
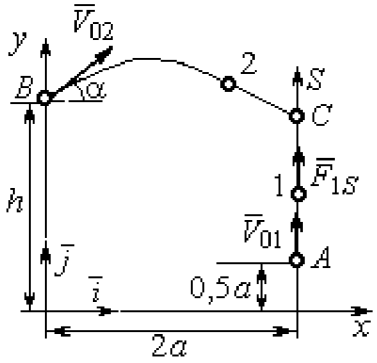
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент времени $t_1 = 0{,}5$ с

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

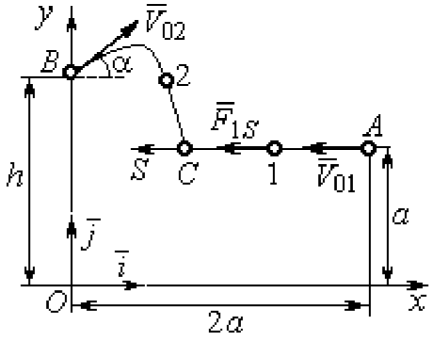
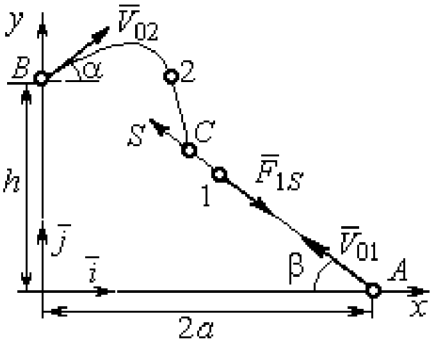
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	
Встреча в точке C в момент времени $t_1 = 0{,}6$ с	Встреча в точке C в момент, когда точка 1 достигла максимальной высоты подъёма

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 задания	m_1, кг	F_{1S}, Н	V_{01}, м/с	β, град	m_2, кг	$\vec{F}_2$, Н	a, м	h, м
1	1	3	3	30	2	$7\vec{i}$	2	4
2	3	6	2	0	2	$4\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	1
3	2	5	4	35	1,5	$10\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
4	1	10	2	60	2	$4\vec{i}+8\vec{j}$	2,2	2
5	1	3	3	30	2	$5\vec{i}$	3	4,5
6	0,8	6	6	50	3	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	4
7	2	5	4,5	40	1	$10\vec{i}+2\vec{j}$	3	2,5
8	1	2	3,5	90	2	$6\vec{i}+8\vec{j}$	1,2	2
9	2	4	4	0	1	$3\vec{i}+2\vec{j}$	2	2,5
10	1	3	3	55	1,5	$4\vec{i}$	1	1,5
11	0,5	2	3	60	2	$3\vec{i}+8\vec{j}$	1,5	2,5
12	0,2	3	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1	2,5
13	1	2	6	50	1,5	$6\vec{i}-4\vec{j}$	0,8	2
14	0,5	6	4	35	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	2,5	2
15	0,2	3	3	50	2	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3	4
16	2	4	6	40	2	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1	1,5
17	1	6	5	60	1,5	$5\vec{i}+4\vec{j}$	3	2,5
18	1	2	2	90	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2
19	1	3	2	2	2	$2\vec{i}+10\vec{j}$	1	1,5
20	5	4	2	30	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	1,5
21	0,2	4	4	45	1	$6\vec{i}-2\vec{j}$	1	3
22	0,4	3	2	0	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1,5	2,5
23	1	3	8	60	2	$4\vec{i}+2\vec{j}$	1,2	1,5
24	0,5	8	3	30	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
25	2	4	4	60	1	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3,5	4
26	1	3	5	50	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	0,5	1,5
27	1,5	3	6	30	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
28	2	5	3	90	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
29	2	4	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	2
30	1	3	2,5	70	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	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 *AS* с углом наклона $\beta = 30^\circ$. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести $\vec{P}_1$ и постоянная сила $\vec{F}_1$, проекция которой на ось *AS* равна $F_{1S} = 4{,}5$ Н. Направление вектора проекции силы $\vec{F}_{1S}$ на ось *AS* показано на рис. 4.3.

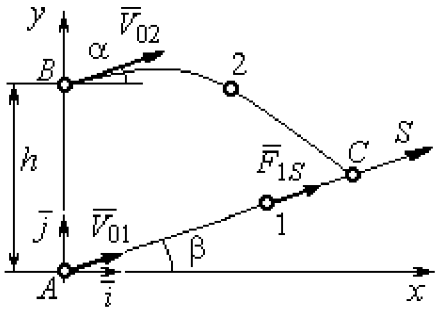


Рис. 4.3. Схема совместного движения точек

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 $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, направление которой определяется разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ осей *x*, *y* декартовой системы координат: $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, 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 $\vec{P}_1$, нормальная реакция $\vec{N}_1$ наклонной оси *AS* и сила $\vec{F}_1$, величина проекции которой на ось *AS* равна F_{1S} (рис. 4.4). Дифференциальное уравнение движения точки 1 $m_1\ddot{S} = F_{1S} - P_1\sin\beta$, или $m_1\dfrac{dV_{1S}}{dt} = 4{,}5 - m_1 g\sin\beta$. С учетом исходных данных, полагая ускорение свободного падения $g = 9{,}81$ м/с^2, дифференциальное уравнение движения точки 1 приводится к виду: $\dfrac{dV_{1S}}{dt} = -2{,}66$. 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 $V_{1S} = \dfrac{dS}{dt}$. Получим дифференциальное уравнение $\dfrac{dS}{dt} = -2{,}66t + C_1$, проинтегрировав которое, найдём уравнение движения точки 1: $S = -1{,}33t^2 + C_1 t + C_2$. 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: $S = -1{,}33t^2 + 4t$.

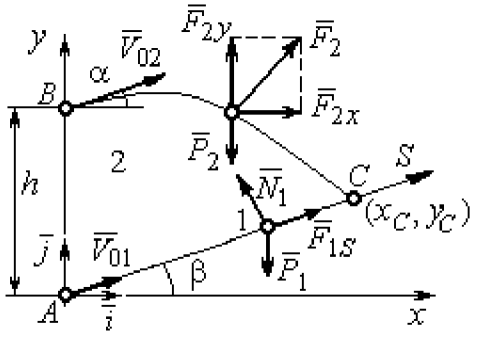


Рис. 4.4. Силы, действующие на точки 1 и 2, во время их движения

По условию задачи встреча двух точек происходит в момент времени t_1, когда скорость первой точки уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальной: $V_{1S}(t_1) = \dfrac{V_{01}}{2} = 2$ 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 $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, 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:

$$m_2\ddot{x} = F_{2x} = 2{,}4, \quad m_2\ddot{y} = -P_2 + F_{2y} = -m_2 g + 4{,}5,$$

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_5 = 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: $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{V_{02y}}{V_{02x}} = \dfrac{2{,}43}{1{,}85} = 1{,}31$. Откуда $\alpha = 52{,}64°$.

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 $F = c\Delta\ell$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины; $\Delta\ell$ – 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**: $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$. Величина, обратная периоду $\nu = \dfrac{1}{T}$ 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, $\vec{R} = -\mu\vec{V}$, 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, $n = \dfrac{\mu}{2m}$; ω – угловая частота собственных колебаний точки без учёта сопротивления, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$.

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, $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{C_1}{C_2}$.

При $n > \omega$ движение точки апериодическое, затухающее. Общее решение дифференциального уравнения движения точки с таким сопротивлением имеет вид $x = e^{-nt}(C_1 e^{\omega_2 t} + C_2 e^{-\omega_2 t})$, 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 $A_{\text{соб}} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Амплитуда вынужденных колебаний при отсутствии резонанса $A_{\text{вын}} = \frac{h}{\omega^2 - p^2}$.

При резонансе амплитуда вынужденных колебаний растет как линейная функция времени $A_{\text{вын}} = \dfrac{ht}{2p}$.

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 $\ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt$, где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; h – относительная амплитуда возмущающего колебания, $h = \dfrac{ca}{m}$. 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 $c_{\text{экв}} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$. 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.

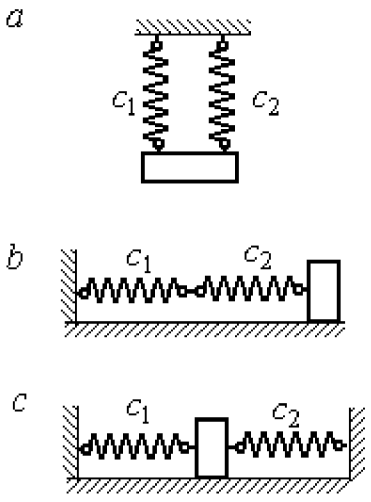


Рис. 4.5. Способы крепления груза на двух пружинах:
a – две параллельные пружины;
b – последовательно соединённые пружины; *c* – крепление груза между пружинами

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.

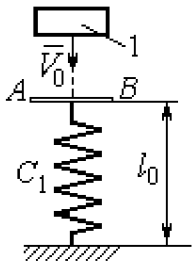
Задача 2. Исследование вынужденных колебаний точки.

Груз движется на пружинах, расположенных вертикально или горизонтально. При движении груза по горизонтальной поверхности трение не учитывается. Жёсткость 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: $\vec{R} = -\mu\vec{V}$ Н, 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.

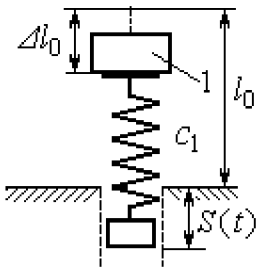
Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



Невесомая пластина AB укреплена на нерастянутой пружине. Груз 1, получив начальную скорость V_0, падает вертикально вниз. Через 1 с после начала падения груз достигает пластины и продолжает движение вместе с ней

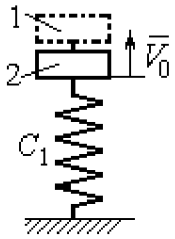
Задача 2



К верхнему концу пружины, сжатой на величину $\Delta\ell_0$, прикрепляют груз 1 и отпускают без начальной скорости. Одновременно нижний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

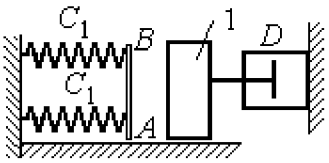
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



В положении статического равновесия двух грузов (1 и 2), установленных на пружине, груз 1 убрали, а грузу 2 сообщили скорость V_0, направленную вверх

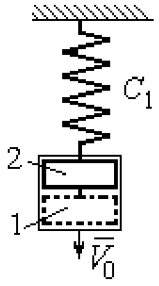
Задача 2



Груз 1 движется по гладкой горизонтальной поверхности с начальной скоростью V_0. Через 1 с груз упирается в площадку AB, укреплённую на недеформированных пружинах, соединённых 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

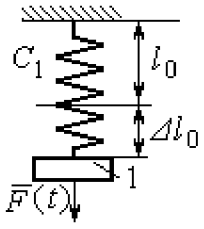
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



В положении статического равновесия груза 2, укреплённого на пружине, к нему присоединили груз 1 и оба груза толкнули вниз со скоростью V_0

Задача 2

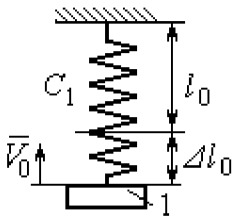


Недеформированную пружину оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$, подцепили груз 1 и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.6. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

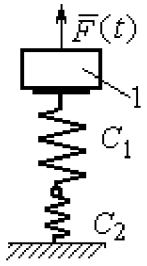
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



К недеформированной пружине подцепили груз 1, оттянули его вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вверх

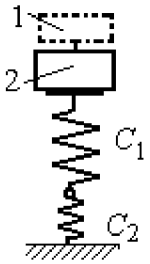
Задача 2



Грузу 1, укреплённому на двух последовательно соединённых пружинах в положении статического равновесия, сообщили начальную скорость V_0, направленную вниз. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

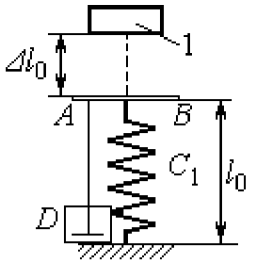
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



В положении статического равновесия грузов 1 и 2, укреплённых на двух вертикальных последовательно соединённых пружинах, убрали груз 1, а груз 2 отпустили без начальной скорости

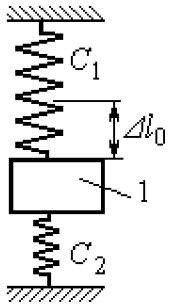
Задача 2



Груз 1 падает с высоты $\Delta\ell_0$ на площадку AB, установленную на недеформированной пружине, и продолжает движение вместе с ней. Демпфер D создаёт сопротивление движению груза на пружине

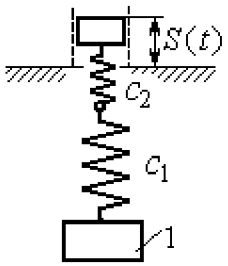
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Груз 1 поместили между двумя недеформированными пружинами, затем оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости

Задача 2

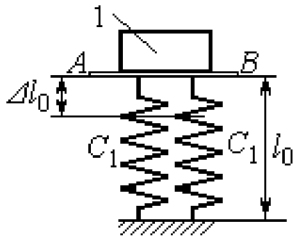


К недеформированным пружинам, соединённым последовательно, подцепили груз 1 и толкнули его вниз со скоростью V_0. Одновременно верхний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.7. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

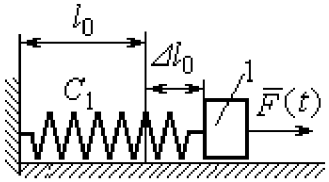
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



К недеформированным пружинам приложили груз 1, переместили его вниз на величину $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вниз

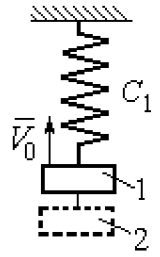
Задача 2



К нерастянутой пружине, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, подцепили груз 1, оттянули его на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили. Одновременно на груз стала действовать горизонтальная возмущающая сила $\vec{F}(t)$

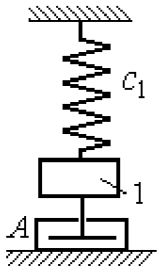
Варианты № 8, 18, 28

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

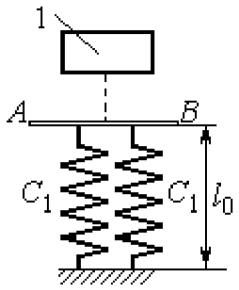
Задача 2



В положении статического равновесия груза 1 ему сообщили скорость V_0, направленную вниз. Демпфер A создаёт сопротивление движению груза

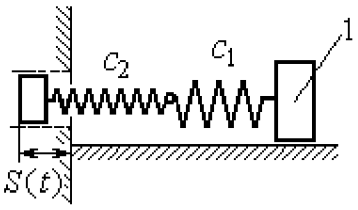
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Груз 1 без начальной скорости падает вниз. Пройдя путь 1 м, груз достигает невесомой пластины AB, укреплённой на недеформированных, параллельно соединённых пружинах, и дальше движется вместе с ней

Задача 2



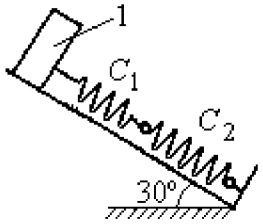
К двум горизонтальным пружинам, соединённым последовательно, в положении их нерастянутого состояния прицепили груз 1 и сообщили ему горизонтальную скорость V_0, направленную в сторону сжатия пружин. Одновременно левый конец пружинной системы начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.8. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Окончание вариантов задания Д2

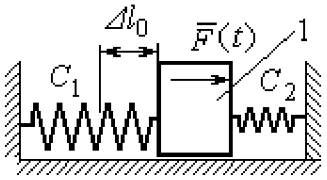
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



В положении статического равновесия груза 1, укреплённого на двух последовательно соединённых 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 влево на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

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	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, 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 вари-анта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, 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	$\Delta\ell_0$, 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	–	–	6sin10t	–
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	–	–	–	0,015sin8t
27	1	2	–	4,0	150	–	0,12	–	–	–
	2	2	–	–	162	–	0,13	–	5sin9t	–
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	–	–	–	0,08sin5t
30	1	1,6	–	3	75	150	–	–	–	–
	2	1,5	–	3	80	70	0,15	–	8sin10t	–

Пример выполнения задания Д2. Исследование колебаний точки

Задача 1. Груз 1 весом $P = 20$ Н, лежащий на гладкой наклонной плоскости, прикреплён к недеформированной 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 $\Delta\ell_0 = 0{,}1$ м относительно нерастянутой пружины и отпустили без начальной скорости.

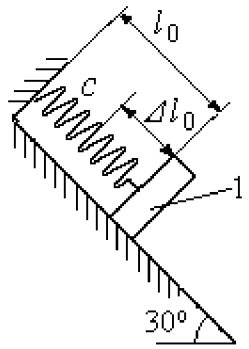


Рис. 4.10. Схема крепления груза и условия начала колебаний

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 $\vec{P}$, реакция опоры наклонной плоскости $\vec{N}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось Ox: $F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины относительно её нерастянутого положения, включающее её растяжение x относительно выбранного начала координат и растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза на наклонной плоскости.

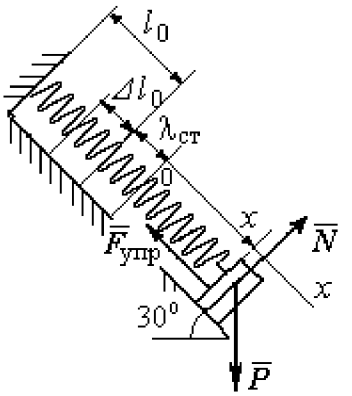


Рис. 4.11. Расчётная схема колебаний груза

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось Ox:

$$m\ddot{x} = P\sin 30^\circ - c(x + \lambda_{\text{ст}}).$$

В положении статического равновесия сила упругости уравновешивается силой, равной проекции силы тяжести на ось x: $P\sin 30^\circ - c\lambda_{\text{ст}} = 0$. 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 $\lambda_{ст} = \dfrac{P\sin 30^\circ}{c}$ = 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!): $x_0 = -(\Delta\ell_0 + \lambda_{ст}) = -0{,}125$ 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: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. 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 $\Delta\ell_0 = 0{,}1$ м, и в этом положении ему сообщена начальная скорость $V_0 = 2$ м/с, направленная вверх.

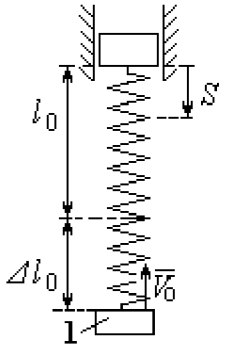


Рис. 4.12. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Одновременно с началом движения груза верхний конец пружины стал совершать гармонические колебания по закону $S = a\sin 10t$, 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 $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$.

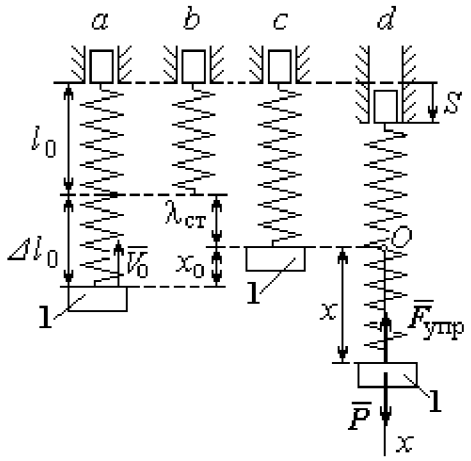


Рис. 4.13. Расчётная схема вынужденных колебаний груза: *a* – положение груза на начало колебаний; *b* – недеформированная пружина; *c* – статическое растяжение пружины под действием веса груза; *d* – положение груза в произвольный момент времени и перемещение точки подвеса пружины

Проекция силы упругости пружины на ось Ox

$$F_{\text{упр}x} = -c\Delta\ell = -c(x + \lambda_{\text{ст}} - S),$$

где $\Delta\ell$ – удлинение пружины, включающее её растяжение x относительно начала координат, растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза и уменьшение растяжения при смещении верхнего конца, $\Delta\ell = (x + \lambda_{\text{ст}} - S)$.

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось Ox:

$$m\ddot{x} = P - c(x + \lambda_{\text{ст}} - S).$$

В положении статического равновесия выполняется условие равенства сил: $P - c\lambda_{\text{ст}} = 0$.

После подстановки его в уравнение движения груза получаем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

$$m\ddot{x} = -cx + cS, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$, ω = 19,81 рад/с; h – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h = \frac{ca}{m}$ = 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*) $x_0 = \Delta\ell_0 - \lambda_{ст}$. 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: $C_2 = -\frac{V_0}{\omega} - \frac{hp}{\omega(\omega^2 - p^2)}$ = – 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 $A(\vec{F})$ силы $\vec{F}$, постоянной по модулю и направлению, на конечном прямолинейном перемещении S_1 точки приложения силы называется величина $A(\vec{F}) = FS_1\cos\alpha$. Если угол α острый, работа силы положительна. Если угол α тупой, – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

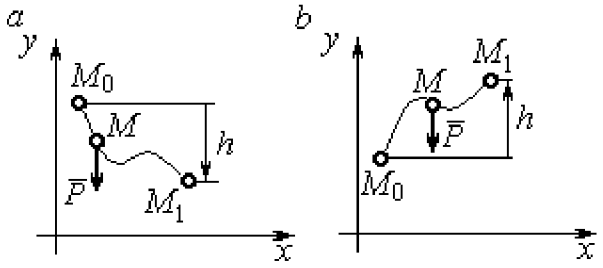


Рис. 4.14. Схема для вычисления работы силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

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 $A(F_{\text{упр}}) = -\dfrac{ch^2}{2}$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины.

Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина $T = \dfrac{1}{2}mV^2$, 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: $\dfrac{mV_1^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, 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

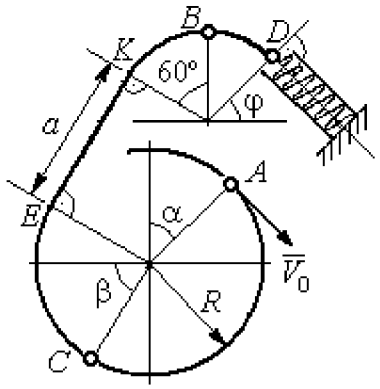
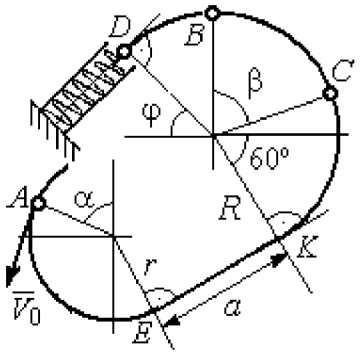
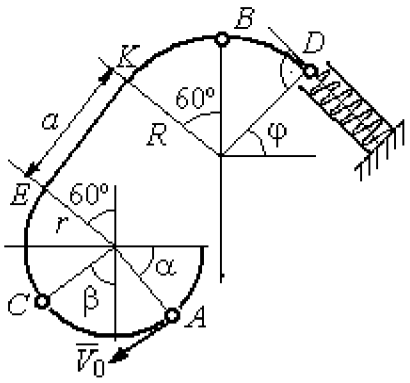
Тонкий стержень с надетым на него шариком массой m расположен в вертикальной плоскости и состоит из дуг окружностей радиусами r и $R = 2r$, соединённых прямолинейным отрезком EK, сопряжённым с дугами окружностей в точках E и K. В этих точках шарик переходит с одного участка стержня на другой, не изменяя 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**
		

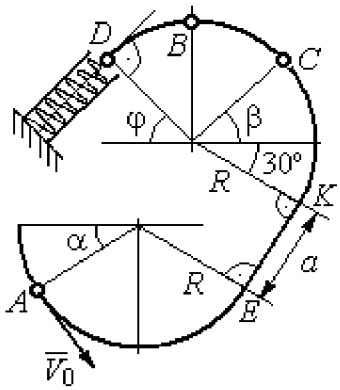
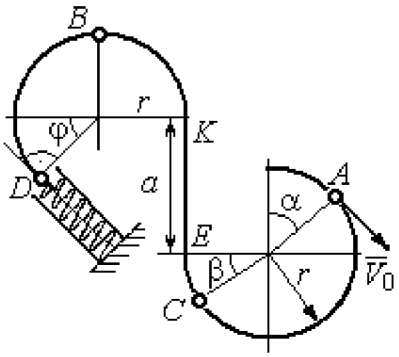
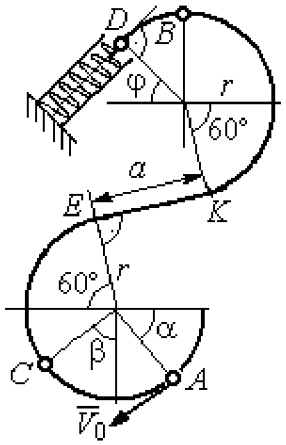
Варианты № 4, 14, 24	**Варианты № 5, 15, 25**	**Варианты № 6, 16, 26**
		

Рис. 4.15. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д3

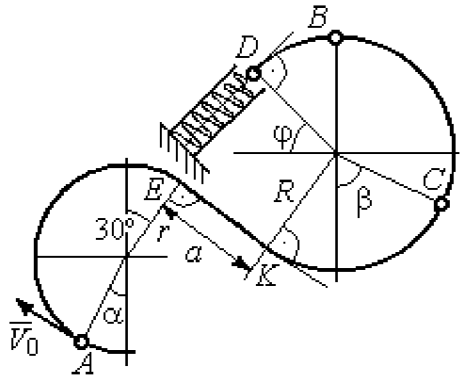
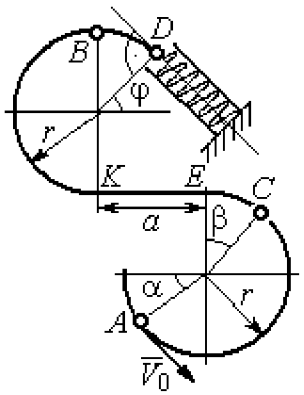
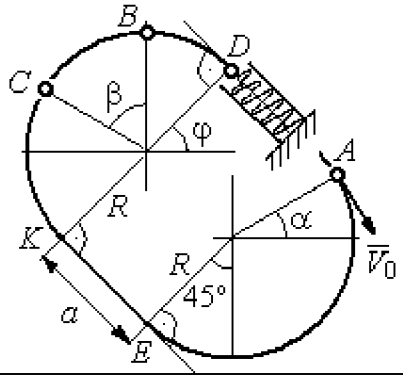
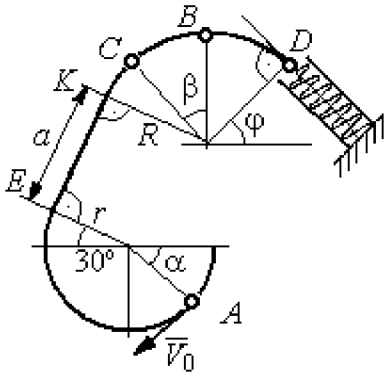
Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

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
r, 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 $\alpha = 60°$ (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 её. 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 $\beta = 90°$.

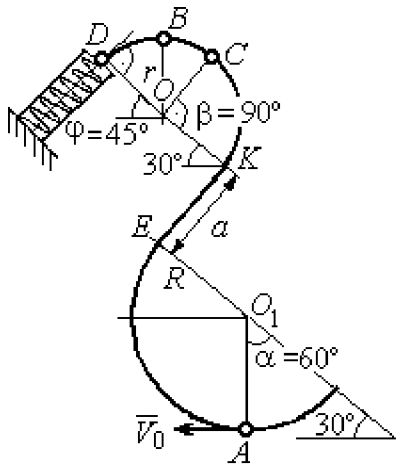


Рис. 4.17. Схема движения шарика

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 её работа при перемещении шарика равна нулю.

На участке движении шарика по прямой EK на него действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}_{EK}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (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_A – начальная скорость шарика в точке A, $V_A = V_0$; 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):

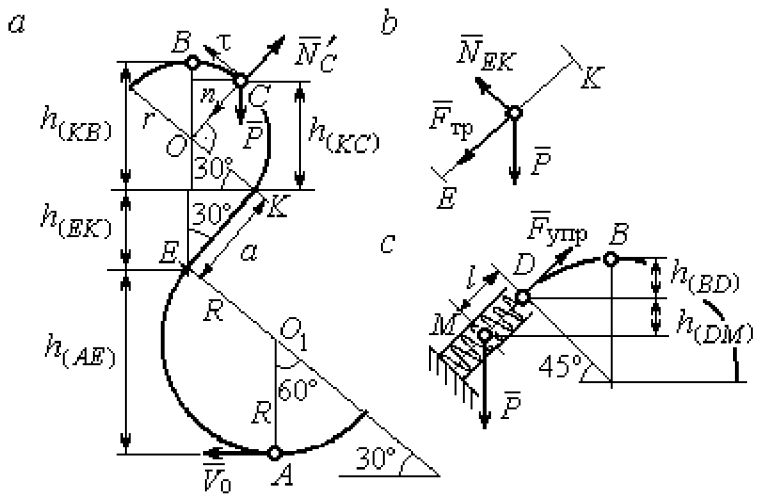


Рис. 4.18. Силы, действующие на шарик во время движения и перепады высот

$$h_{(AB)} = h_{(AE)} + h_{(EK)} + h_{(KB)} =$$

$$R(1+\sin 30^\circ) + a\cos 30^\circ +$$

$$r(1+\sin 30^\circ).$$

Будем считать шарик материальной точкой. Применяя теорему об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения A в положение B, получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{тр}})$, где $A(\vec{P}) = -Ph_{(AB)}$, $A(\vec{F}_{\text{тр}}) = -F_{\text{тр}}a$ – работы, соответственно, силы тяжести на участке движения AB и силы трения на отрезке EK. Сила трения равна $F_{\text{тр}} = f \cdot N_{EK} = f \cdot mg\cos 60^\circ$ (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 $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где V_C, V_B – значения скорости шарика в точках C и B; $h_{(CB)}$ – перепад высот точек C и B; $h_{(CB)} = r(1-\sin 30^\circ) = 0{,}5r$ (см. рис. 4.18, *а*). В результате теорема об изменении кинетической энергии принимает вид: $mV_C^2 = mV_B^2 + 2mgh_{(CB)}$ 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 $\vec{N}'_C$ 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: $\frac{mV_M^2}{2} - \frac{mV_B^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{упр}})$, где V_M, V_B – скорость шарика в точках M и B. Работа силы тяжести $A(\vec{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: $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\frac{cl^2}{2}$. 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: $m\ddot{x}_C = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y}_C = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z}_C = \sum F^e_{kz}$, где m – масса тела; x_C, y_C, z_C – координаты центра масс тела; F^e_{kx}, F^e_{ky}, F^e_{kz} – 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:

$$J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k) \quad \text{или} \quad J_z\ddot{\varphi} = \sum M_z(\vec{F}^e_k),$$

где ω – угловая скорость тела; $\omega = \dot{\varphi}$; φ – угол поворота тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z.

Уравнение вращательного движения можно представить в алгебраической форме: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где ε – угловое ускорение тела; $\varepsilon = \dot{\omega}$.

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:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}, \quad ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}, \quad J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F^e_{kx},

F_{ky}^{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; $M_{zC}(\vec{F}_k^{e})$ – 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.

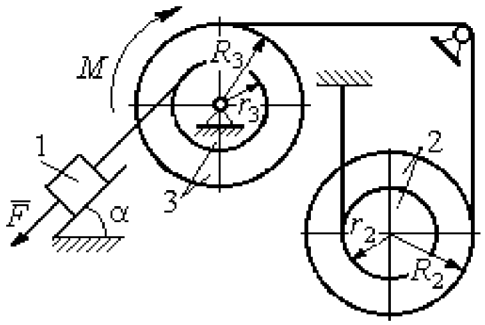
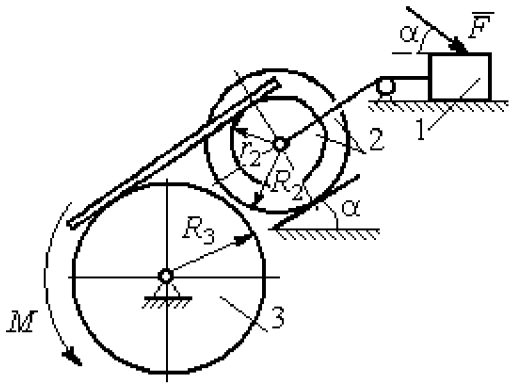
Движение механизма происходит в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Направление действия силы $\vec{F}$ определяется углом α. Качение катка 2 происходит без скольжения. Проскальзывание между дисками и соединяющими их невесомыми стержнями или нитями отсутствует.

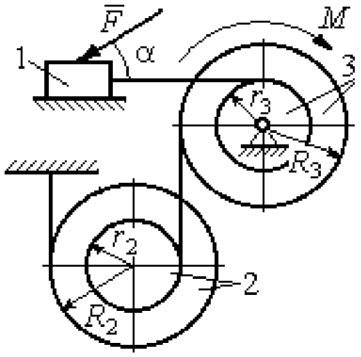
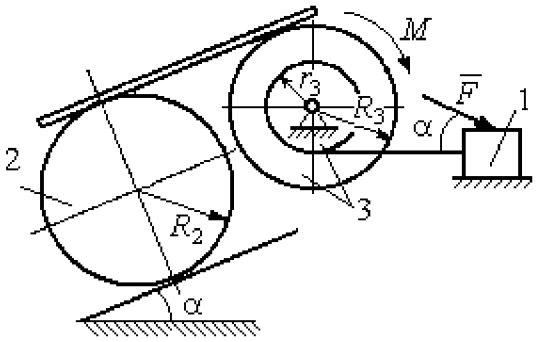
Радиусы ступеней катка 2 и блока 3 на схемах обозначены R_2, r_2 и R_3, r_3.

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
	

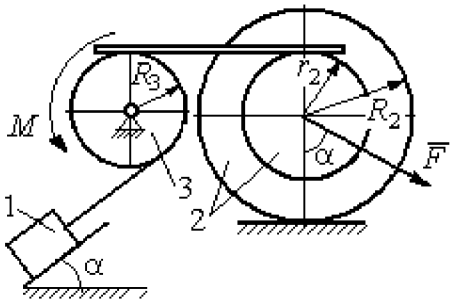
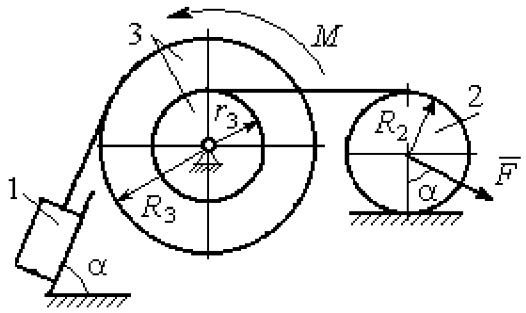
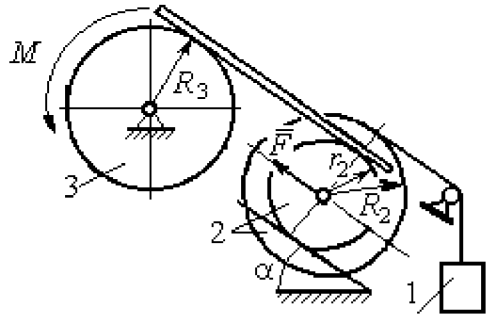
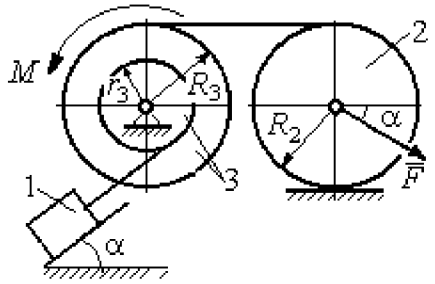
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

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**
	

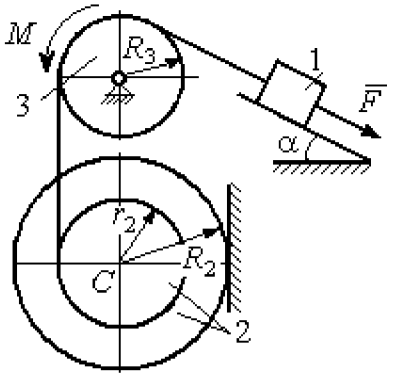
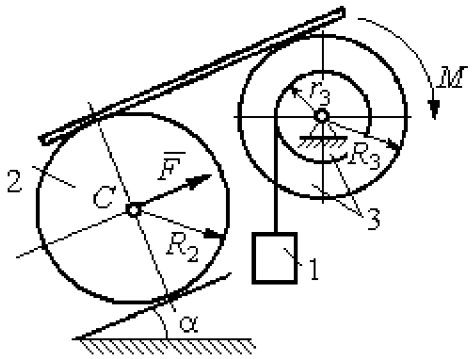
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

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	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, 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_{z2}, м	i_{z3}, 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 $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, равных по модулю: $P_1 = 2P$, $P_2 = 2P$, $P_3 = 3P$, силы $\vec{F}$, 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 $i_3 = r\sqrt{3}$.

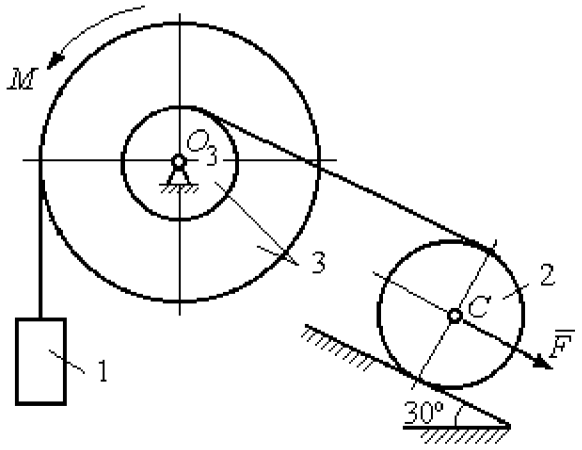


Рис. 5.3. Схема механической системы

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.

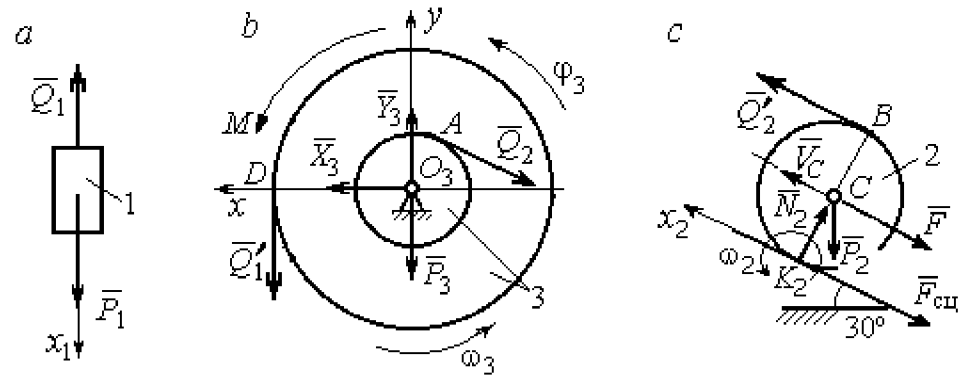


Рис. 5.4. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему:
a – поступательное движение груза 1; *b* – вращательное движение блока 3;
c – плоское движение катка 2

Груз 1 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (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 $\vec{P}_3$, силы реакции подшипника $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, момент M и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$ (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:

$$J_{zO_3}\varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1' R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r,$$

где J_{zO_3} – момент инерции блока 3 относительно оси z; ε_3 – угловое ускорение диска 3, $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \frac{P_3}{g}(r\sqrt{3})^2 = \frac{9Pr^2}{g}$.

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$ и реакция наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции опоры $\vec{N}_2$ и силы сцепления катка с поверхностью $\vec{F}_{\text{сц}}$. Согласно принципу равенства действия и противодействия, модули сил $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ 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:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2\cos 60^\circ = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P,$$

$$J_C\varepsilon_2 = Q_2'R_2 + F_{\text{сц}}R_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}}2r,$$

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, $J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} = \frac{PR_2^2}{g} = \frac{4Pr^2}{g}$. 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:

$$\frac{2P}{g}a_1 = 2P - Q_1, \quad \frac{9Pr^2}{g}\varepsilon_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r;$$

$$\frac{2P}{g}a_C = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P, \quad \frac{4Pr^2}{g}\varepsilon_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r$$

и три уравнения связей: $\varepsilon_2 = \frac{a_C}{2r}$, $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$, $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения тел получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\frac{12P}{g}a_C = 2P - Q_1, \quad \frac{18P}{g}a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g}a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}, \quad \frac{P}{g}a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

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:

$$\frac{54P}{g}a_C = 7P - Q_2, \quad \frac{3P}{g}a_C = 2Q_2 - 4P,$$

откуда $a_C = \frac{10}{111}g$, $Q_2 = \frac{79}{37}P$. 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, $\vec{a}_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения центра масс блока 3 в проекциях на оси x, y имеют вид :

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0, \; m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0,$$

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 $J_z = m i_z^2$, где i_z – радиус инерции. **Кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении:** $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, 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 $\vec{F}$ 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 $\alpha = 90°$ 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 $\vec{F}$ называют величину $N(F)$, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N(F) = \vec{F} \cdot \vec{V} = = F \cdot V\cos\alpha$, 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: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O(\vec{F}) \cdot \vec{\omega} = F \cdot V_O\cos\alpha \pm Fh_O\omega$, где $\vec{V}_O$ – вектор скорости точки, выбранной полюсом; $\vec{\omega}$ – вектор угловой скорости тела; $\vec{M}_O$ – вектор момента силы $\vec{F}$ относительно полюса; h_O – плечо силы $\vec{F}$ 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 $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$, где T – кинетическая энергия системы; $\sum N(\vec{F}_k^e)$, $\sum N(\vec{F}_k^i)$ – 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 $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$, где T, T_0 – кинетическая энергия системы, соответственно, в текущем и начальном состояниях; $\sum A(\vec{F}_k^e)$, $\sum A(\vec{F}_k^i)$ – 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 $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом M. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ 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 i_z.

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.

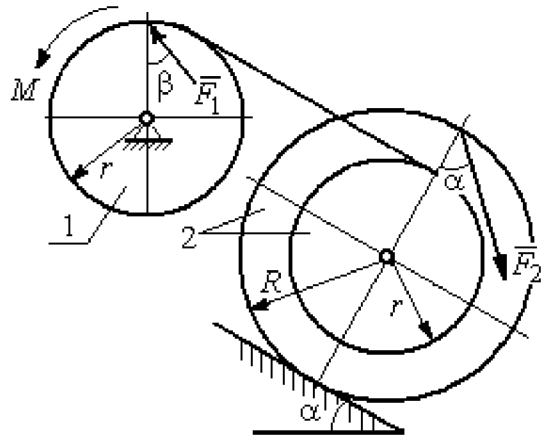
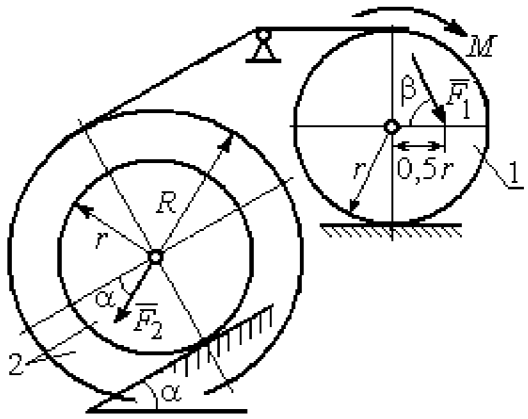
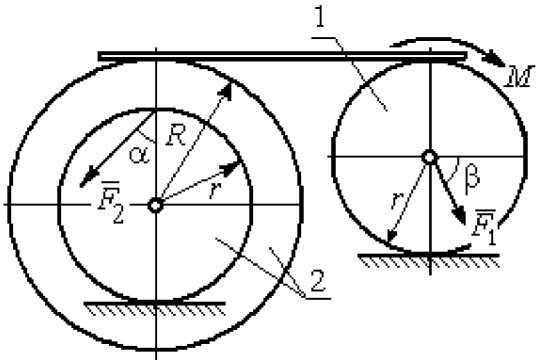
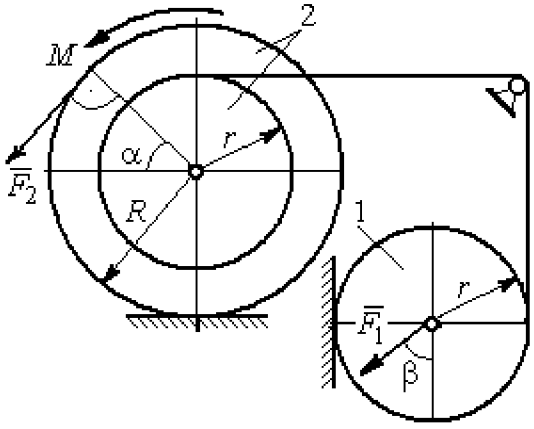
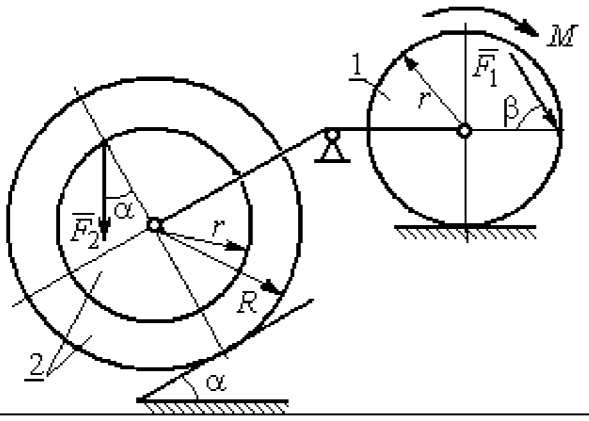
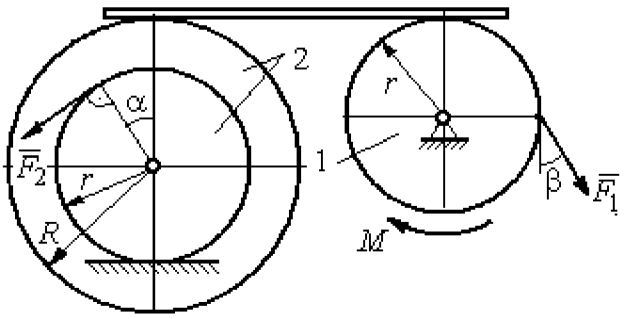
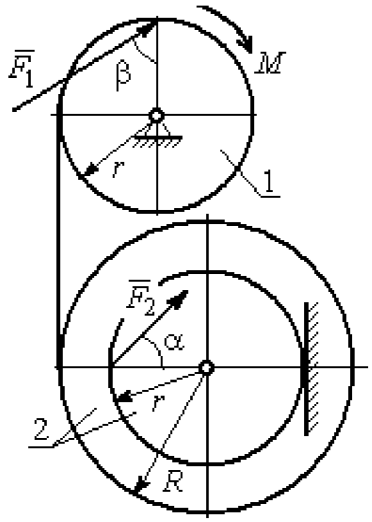
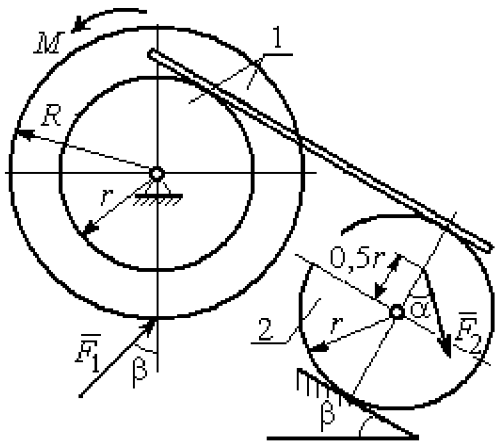
Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	
Вариант № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	

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**
	

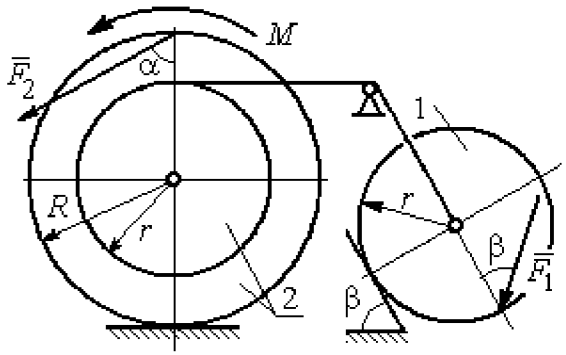
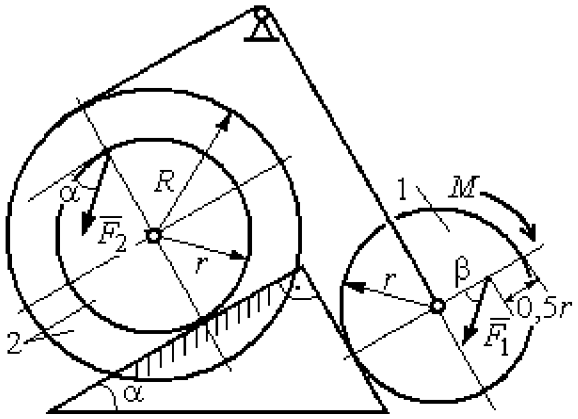
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты 10, 20, 30**
	

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	i_z, 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	i_z, 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 $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом M. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ 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 $i_z = 0{,}4$ м.

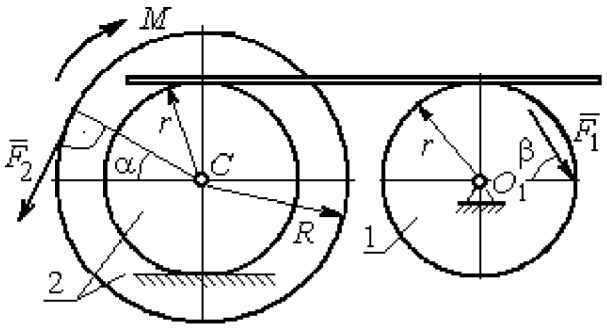


Рис. 5.7. Схема движения механической системы

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: $\vec{F}_1$, сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$. На диск 2: сила $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом M, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления диска 2 с поверхностью $\vec{F}_{сц}$. 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 $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

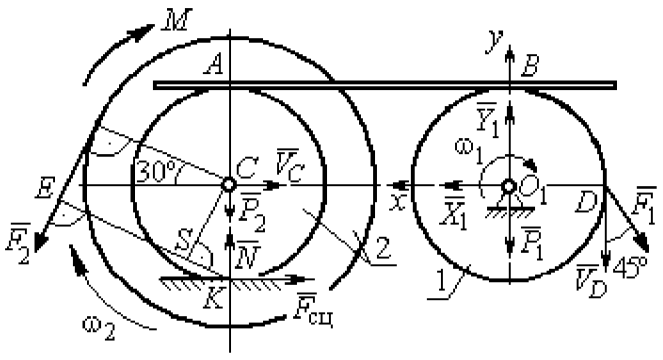


Рис. 5.8. Расчетная схема для исследования движения системы

Найдём кинетическую энергию системы и выразим её через скорость центра масс диска 2.

Кинетическая энергия вращательного движения диска 1: $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$, где ω_1 – угловая скорость диска 1; J_{zO_1} – осевой момент инерции диска 1, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$. Диск 2 движется плоскопараллельно. Его кинетическая энергия определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, 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

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 r^2}{2g} \left(\frac{2V_C}{r} \right)^2 = \frac{P_1}{g} V_C^2;$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} i_z^2 \left(\frac{V_C}{r} \right)^2;$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) V_C^2.$$

Производная по времени от кинетической энергии системы

$$\frac{dT}{dt} = 2V_C \frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил. Отметим, что мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{сц}$ – 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 $\vec{P}_2$ 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 $\vec{F}_2$, 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 $\vec{F}_2$ равна: $N(\vec{F}_2) = \vec{M}_K \cdot \vec{\omega}_2 = -F_2 h_K \omega_2$, где $\vec{M}_K = M_K(\vec{F}_2)$ – вектор момента силы $\vec{F}_2$ относительно центра K; $\vec{\omega}_2$, ω_2 – вектор и модуль угловой скорости диска 2; h_K – плечо силы $\vec{F}_2$ относительно центра K. Мощность силы $\vec{F}_2$ отрицательная, так как направление момента силы $\vec{F}_2$ относительно точки K противоположно направлению угловой скорости диска 2.

В результате, мощность силы $\vec{F}_2$:

$$N(\vec{F}_2) = -F_2 h_K \omega_2 = -F_2(R + r\cos 60^\circ)\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

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:

$$N(\vec{F}_2) = \vec{F}_2 \cdot \vec{V}_C + \vec{M}_C(F_2) \cdot \vec{\omega}_2 = F_2 V_C \cos 120^\circ - F_2 R\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Момент M направлен в сторону вращения диска 2. Его мощность положительная: $N(M) = M\omega_2 = M\dfrac{V_C}{r}$. Мощность силы $\vec{F}_1$, приложенной в точке D, $N(\vec{F}_1) = F_1 V_D \cos 45^\circ = F_1 V_C \sqrt{2}$. Здесь учтено очевидное равенство $V_D = V_A = 2V_C$ (см. рис. 5.8).

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -F_2 V_C \left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C \sqrt{2}.$$

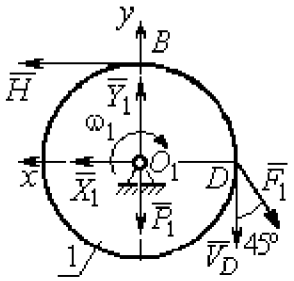


Рис. 5.9. Силы, действующие на диск 1 во время движения

В результате теорема об изменении кинетической энергии системы приводится к виду

$$2V_C \frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F_2 V_C \left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C \sqrt{2},$$

откуда ускорение центра масс диска 2:

$$a_C = \frac{dV_C}{dt} = \frac{\left[-F_2\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + \frac{M}{r} + F_1\sqrt{2}\right]g}{\left[2P_1 + P_2\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]}.$$

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 $\vec{H}$ 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: $J_{zO_1}\varepsilon_1 = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$, где ε_1 – угловое ускорение диска; J_{zO_1} – момент инерции диска 1 относительно оси z, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости диска, $J_{zO_1} = \dfrac{m_1 r^2}{2}$; $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e)$ – 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: $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e) = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$. В результате уравнение вращательного движения диска 1 принимает вид: $\dfrac{P_1 r^2}{2g}\varepsilon_1 = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$.

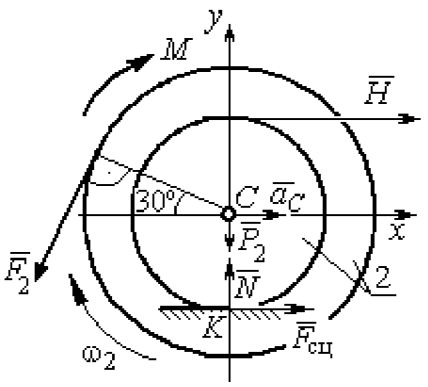


Рис. 5.10. Силы, действующие на диск 2 во время движения

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 xCy показаны на рис. 5.10. Уравнения движения центра масс диска 2 в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_2 a_C = H + F_{\text{сц}} - F_2 \cos 60^\circ;$$

$$0 = -F_2 \cos 30^\circ - P_2 + N.$$

С учетом найденных значений реакции стержня $H = 28{,}63$ Н и ускорения центра масс диска 2 $a_C = 6{,}85$ м/с^2, находим силу сцепления и нормальную реакцию опоры: $F_{\text{сц}} = 28{,}27$ Н, $N = 85{,}98$ Н.

Полная реакция опоры $R_K = \sqrt{N^2 + F_{\text{сц}}^2} = 90{,}51$ 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 её ускорения, направленную противоположно этому ускорению $\vec{R}^{и} = -m\vec{a}$, где m – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

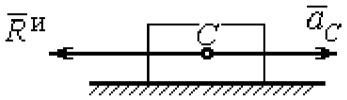


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к главному вектору сил инерции $\vec{R}^{и}$, равному по величине $R^{и} = ma_C$, приложенному в центре масс тела и направленному в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

При вращении тела вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции, приведённый 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 $\vec{M}^{и}$, 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).

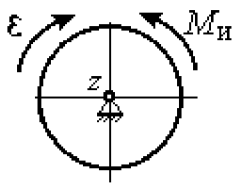


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением ε система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к силе $\vec{R}^{и}$, равной главному вектору сил инерции, и паре сил с моментом $\vec{M}^{и}$, 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 $\vec{a}_C$ 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).

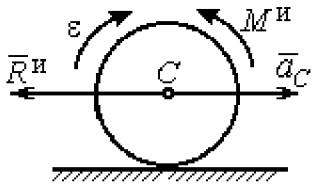


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

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:

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{и} = 0, \ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{и} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ – внешние силы, приложенные к системе; $\vec{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$ – момент внешних сил, приложенных к системе, относительно произвольного центра O; $\vec{M}_O^{и}$ – 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: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{акт}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{акт})$ – 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: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – 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 $\vec{F}$, а также пары сил с переменным моментом M. Направление действия силы $\vec{F}$ и наклон плоскости движущихся тел определяются углами α и β. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

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.

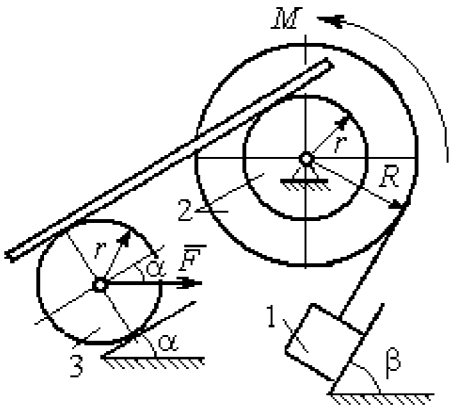
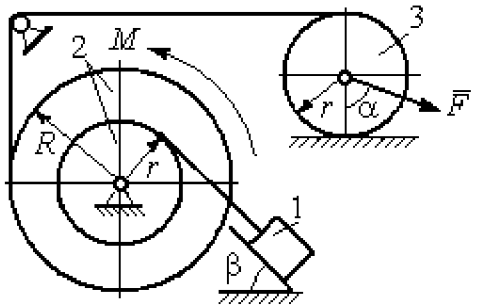
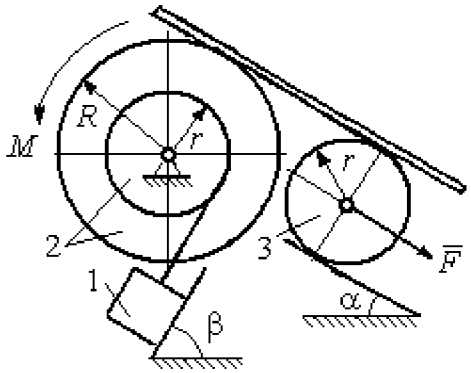
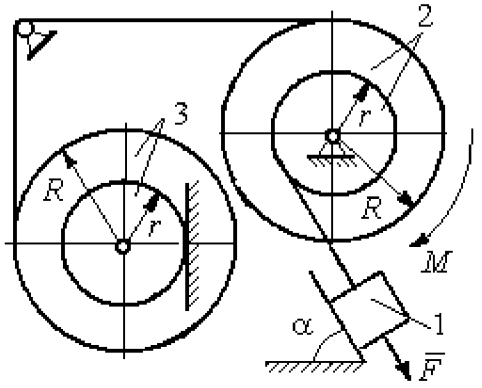
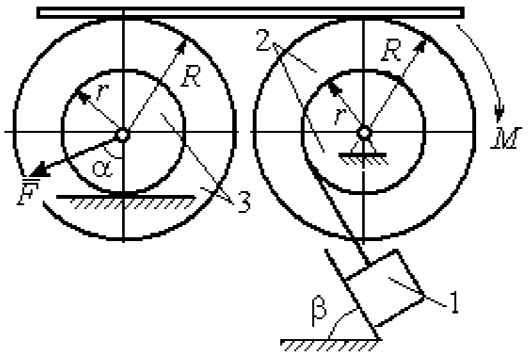
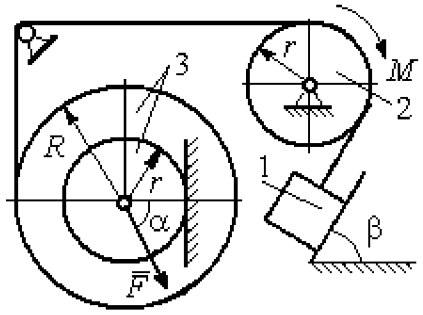
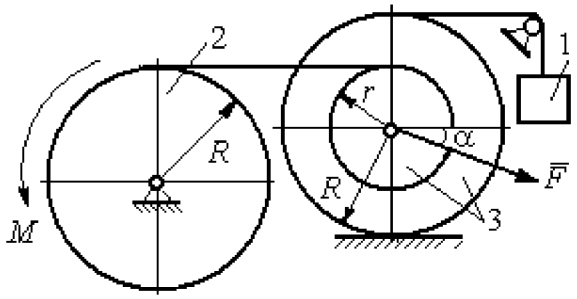
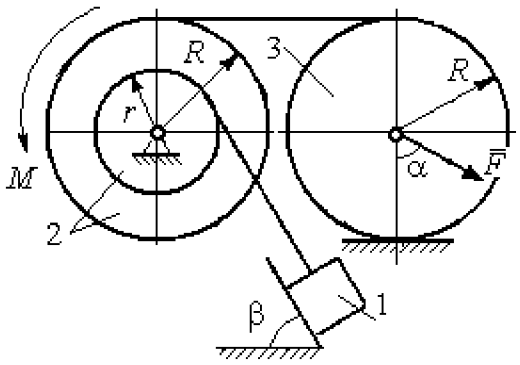
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Варианты 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	

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**
	

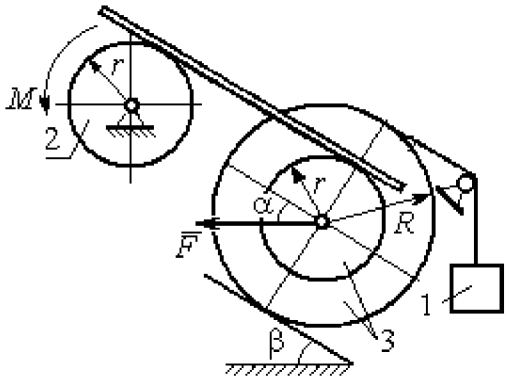
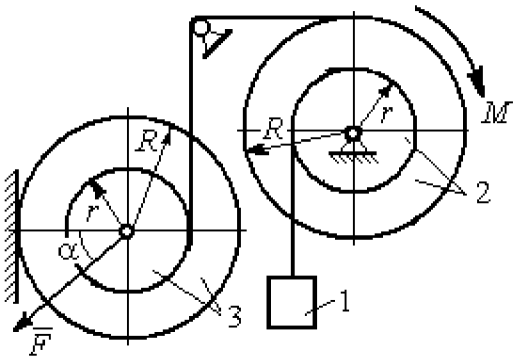
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

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	i_z, 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	0,5	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 $\vec{F}$, приложенной к грузу 1 и пары сил с моментом M, приложенной к диску 3.

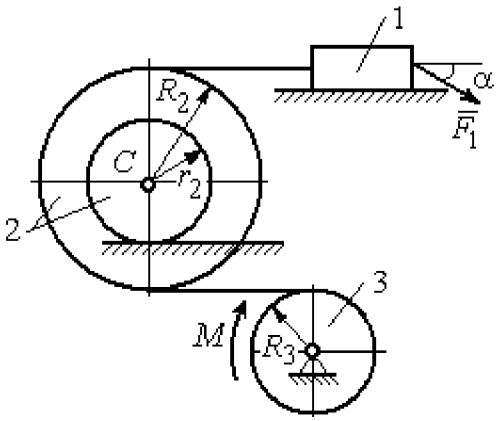


Рис. 6.6. Схема движения механической системы

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; i_{2C} = 0,6 м.

Решение

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ 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:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0.$$

Присоединим к телам системы силы инерции. Груз 1 движется поступательно. Главный вектор сил инерции груза 1 $\vec{R}_1^{\text{и}}$ приложен в центре масс груза и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_1$ груза 1. Модуль главного вектора сил инерции груза 1 $R_1^{\text{и}} = m_1 a_1$, где m_1 – масса груза 1; a_1 – величина ускорения груза 1.

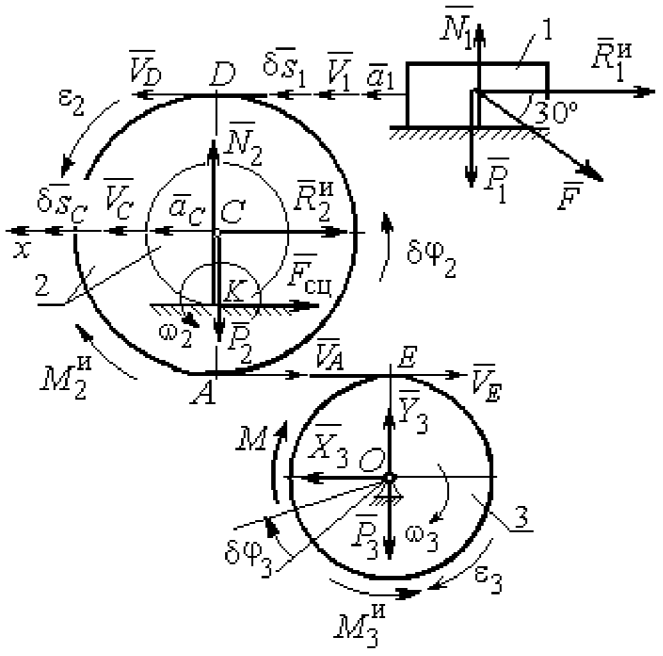


Рис. 6.7. Расчётная схема исследования движения механической системы

Система сил инерции катка 2, приводятся к силе, равной главному вектору сил инерции $\vec{R}_2^{\text{и}}$, приложенному в центре масс катка 2, и паре сил с моментом, равным главному моменту сил инерции $\vec{M}_2^{\text{и}}$ относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. Главный вектор сил инерции направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$, и составляет $R_2^{\text{и}} = m_2 a_C$, где m_2 – масса катка 2; a_C – величина ускорения центра масс. Главный момент сил инерции: $M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2$, 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 $M_2^{\text{и}}$ 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 $\vec{M}_3^{\text{и}}$ 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:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

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:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \quad \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

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:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0,\ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0.$$

Элементарная работа силы тяжести блока 3 равна нулю, так как точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается: $\delta A(\vec{P}_3) = 0$.

Элементарная работа пары сил с моментом M, приложенных к блоку 3:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Элементарная работа силы $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ.$$

Сумма элементарных работ всех активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ =$$

$$= \left[6(1+2t)\left(\frac{0{,}8 - 0{,}2}{0{,}4 \cdot 0{,}2}\right) - 5(t+1)\left(\frac{0{,}8 + 0{,}2}{0{,}2}\right) 0{,}866 \right] \delta s_C = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции в зависимости от ускорения a_C центра масс катка 2:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g} a_1 = \frac{P_1(R_2 + r_2)}{g r_2} a_C,\quad R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g},$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = m_2 i_{2C}^2 \varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2},$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{m_3 R_3^2}{2}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3^2}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} a_C = \frac{P_3 R_3 (R_2 - r_2)}{2 g r_2} a_C,$$

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, $J_{3O} = \dfrac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции на возможном перемещении системы и выразим их в зависимости от перемещения δs_C центра масс катка 2:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = R_1^{\text{и}} \delta s_1 \cos 180^\circ = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = R_2^{\text{и}} \delta s_C \cos 180^\circ = -\frac{P_2 a_C}{g} \delta s_C,\ \delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}} \delta \varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}} \delta \varphi_3 = -\frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2} \delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g} \delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C - \frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2} \delta s_C =$$

$$= -\frac{a_C \delta s_C}{g} \left[\frac{10(0{,}8 + 0{,}2)^2}{0{,}2^2} + 20 + \frac{20 \cdot 0{,}6^2}{0{,}2^2} + \frac{15(0{,}8 - 0{,}2)^2}{2 \cdot 0{,}2^2} \right] = -52{,}75\, a_C \delta s_C,$$

где $g = 9{,}81$ м/с^2.

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C \delta s_C = 0,$$

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 $\vec{a}_C$ ускорения точки C на ось x, получим дифференциальное уравнение $a_C = \ddot{x}_C = 0{,}44 + 1{,}29t$. Интегрируя дважды это уравнение, найдём закон движения: $x_C = 0{,}44\dfrac{t^2}{2} + 1{,}29\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$. Подставляя сюда начальные условия: $t = 0$, $V_C = 0$, $x_C = 0$, найдём константы интегрирования: $C_1 = C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения центра масс диска 2 представим в виде:

$$x_C = 0{,}22t^2 + 0{,}21t^3.$$

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом M и реакция нити $\vec{H}_3$ (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.

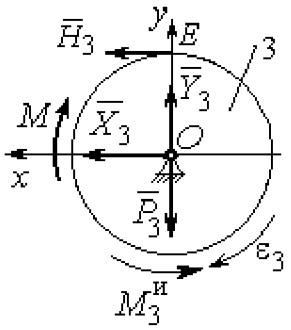


Рис. 6.8. Расчётная схема определения натяжения нити и реакции шарнира блока 3

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 $M - H_3 R_3 - M_3^{и} = 0$, где $M_3^{и} = J_{3O}\varepsilon_3 = = \dfrac{P_3 R_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2}$.

Из уравнения находим величину натяжения нити:

$$H_3 = \frac{M}{R_3} - \frac{P_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2} = \frac{6(1+2t)}{R_3} - \frac{P_3 (R_2 - r_2)}{2 g r_2}(0{,}44 + 1{,}29t) = 13{,}99 + 27{,}04t.$$

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: $X_3 + H_3 = 0$, $Y_3 - P_3 = 0$ (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 её 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.

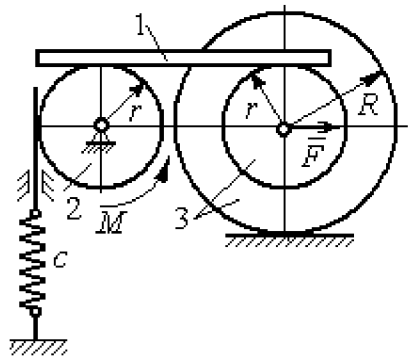
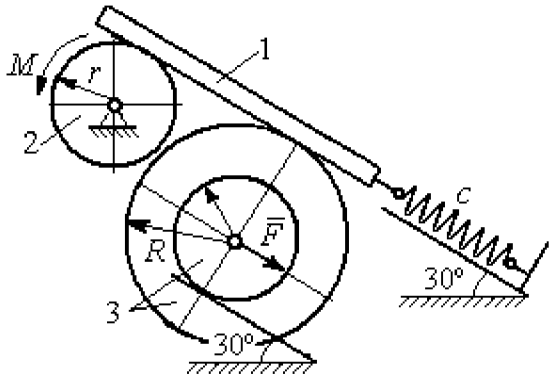
Качение катка 3 происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует. В задачах, где пружина соединяется с блоком 2, передача движения блоку 2 производится посредством невесомого стержня без скольжения.

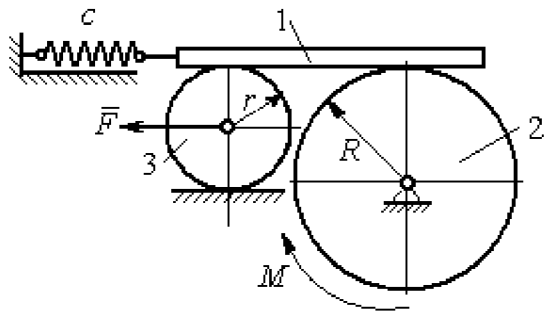
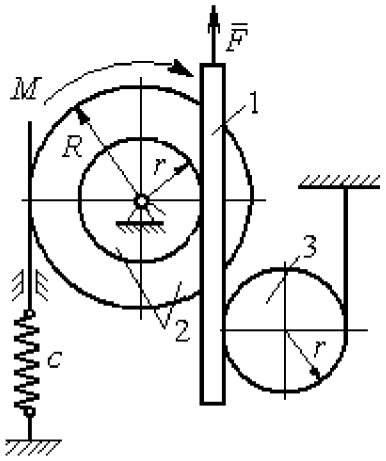
Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ 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 $\vec{F}$ 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
	

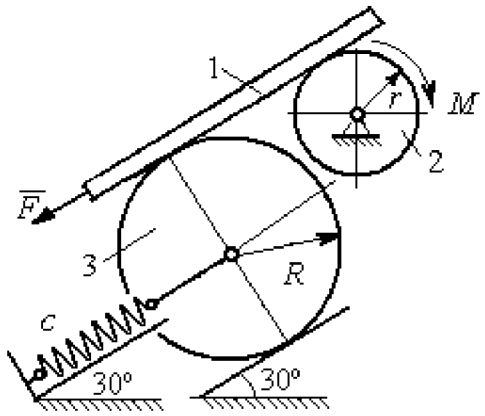
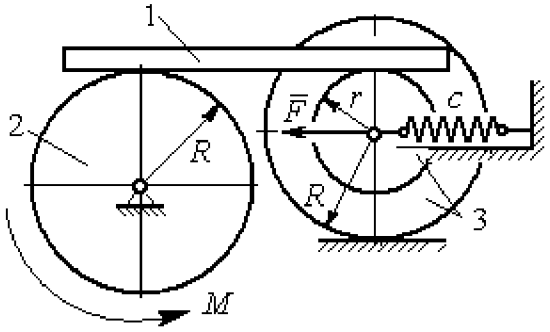
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 6.9. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

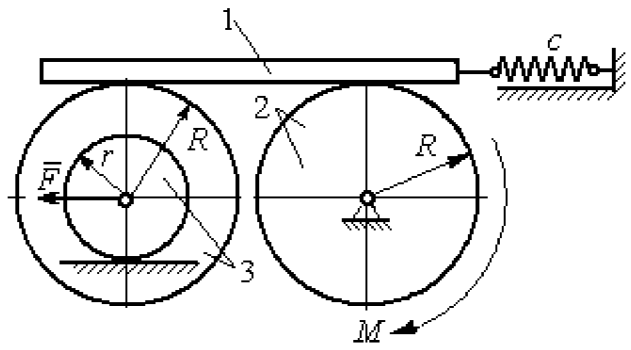
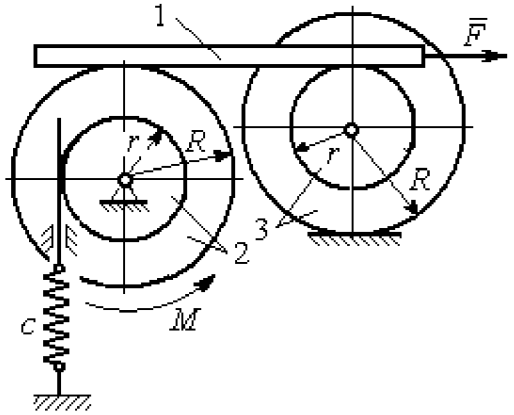
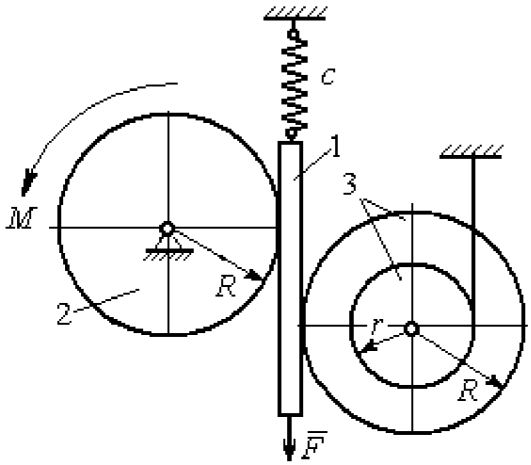
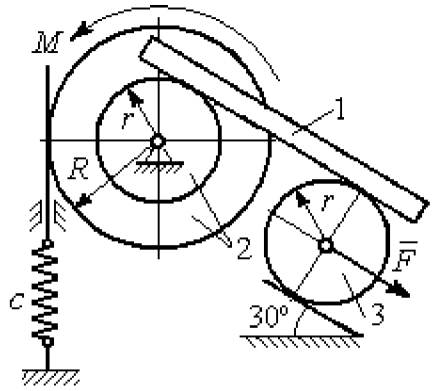
Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

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_{20}, 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_z, 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 $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ 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.

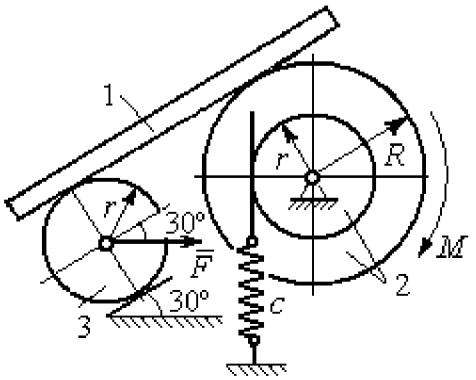


Рис. 6.11. Механическая система с одной степенью свободы

Определить законы движения блока 2 и бруса 1 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0 = 0{,}5$ 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). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

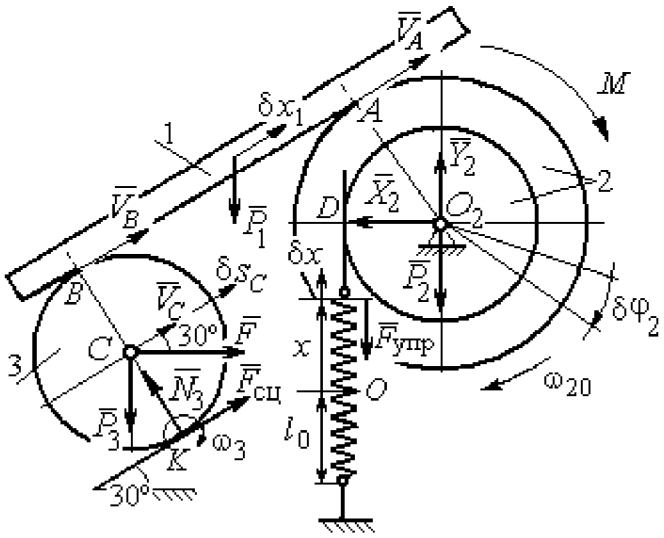


Рис. 6.12. Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

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, $J_{2z} = m_2 i_z^2$.

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

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2 = \frac{P}{2g} \left(\frac{\dot{x} R}{r} \right)^2 = 1{,}125 \frac{P}{g} \dot{x}^2, \quad T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} \left(r\sqrt{2} \right)^2 \left(\frac{\dot{x}}{r} \right)^2 = 2 \frac{P}{g} \dot{x}^2,$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left(\frac{\dot{x} R}{2r} \right)^2 + \frac{1}{2} \frac{P r^2}{2g} \left(\frac{\dot{x} R}{2r^2} \right)^2 = 0{,}422 \frac{P}{g} \dot{x}^2 .$$

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 повернётся 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 $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ бруса 1 и катка 3, пара сил с моментом M, сила $\vec{F}$ 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: $\delta A(P_3) = P_3 \delta s_C \cos 120^\circ = -P_3 \frac{\delta x R}{4r}$, $\delta A(F) = F \frac{\delta x R}{2r} \cos 30^\circ$. Модуль силы упругости пружины, растянутой из недеформированного положения на расстояние x: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.12). Работа силы упругости при перемещении вдоль линии действия на расстояние δx вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}} \delta x \cos 180^\circ = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи составляет

$$\delta A = \delta A(M) + \delta A(P_1) + \delta A(P_3) + \delta A(F) + \delta A(F_{\text{упр}}) =$$

$$= M\frac{\delta x}{r} - \frac{P_1 \delta x R}{2r} - P_3\frac{\delta x R}{4r} + F\frac{\delta x R}{2r}\cos 30^\circ - cx\delta x = P(1{,}174 - 5x)\delta x,$$

откуда обобщённая 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:

$$x_1 = \frac{xR}{r} = 1{,}5\,x(t) = 0{,}057\sin 2{,}63t - 0{,}34\cos 2{,}63t + 0{,}34 \text{ м};$$

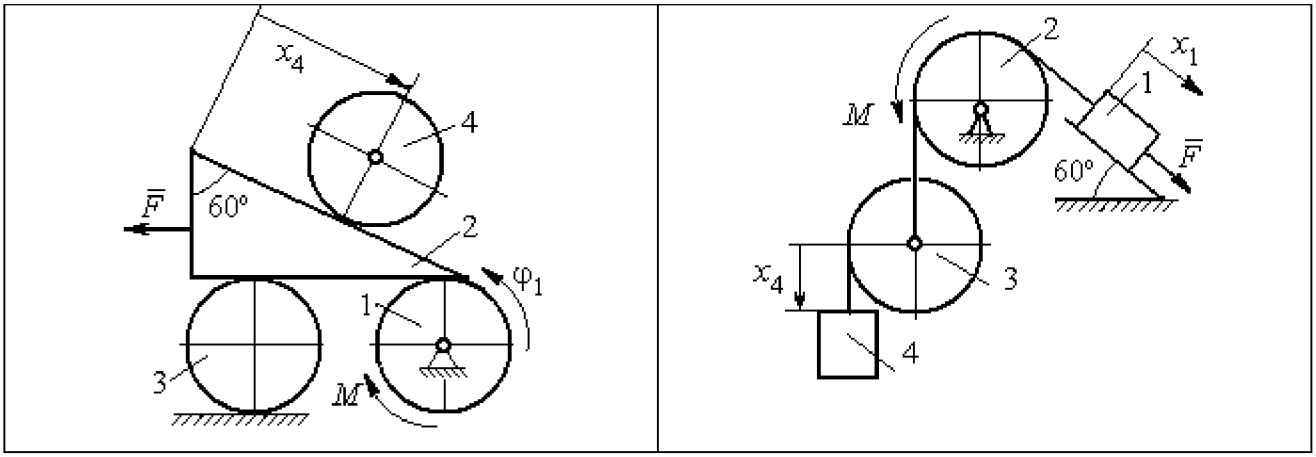
$$\varphi_2 = \frac{x}{r} = 5\,x(t) = 0{,}19\sin 2{,}63t - 1{,}15\cos 2{,}63t + 1{,}15 \text{ рад}.$$

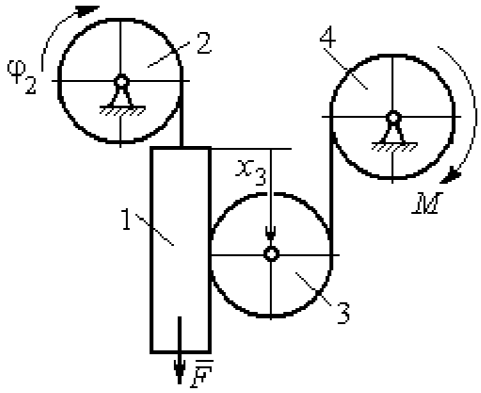
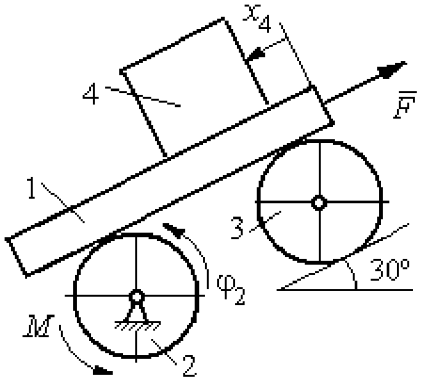
Амплитуда колебаний бруса $A = \sqrt{0{,}057^2 + 0{,}34^2} = 0{,}35$ м.

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 $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$, силы $\vec{F}$ 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
	

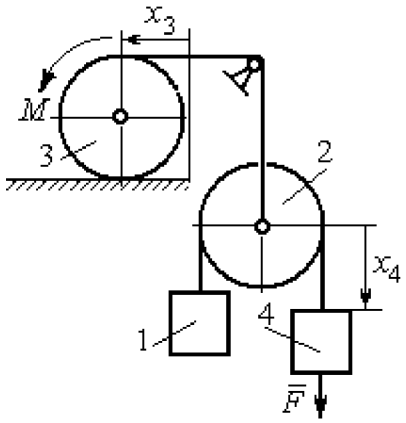
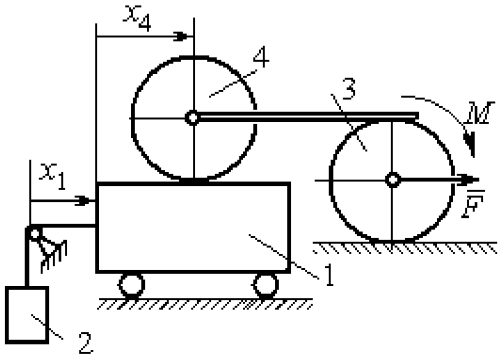
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 6.13. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

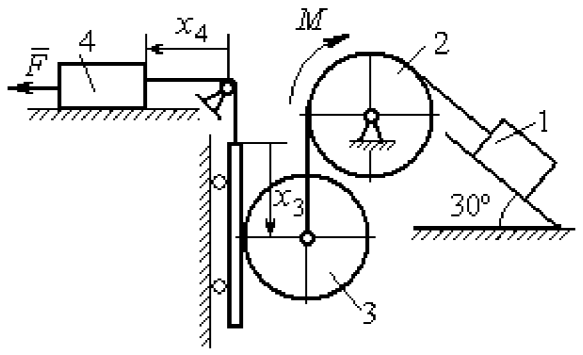
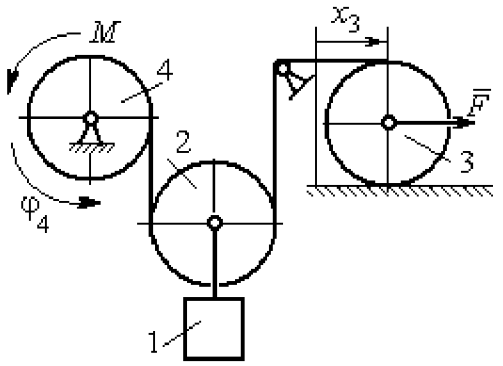
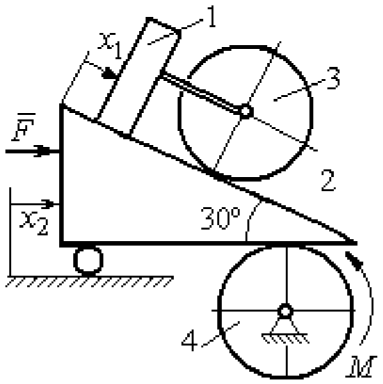
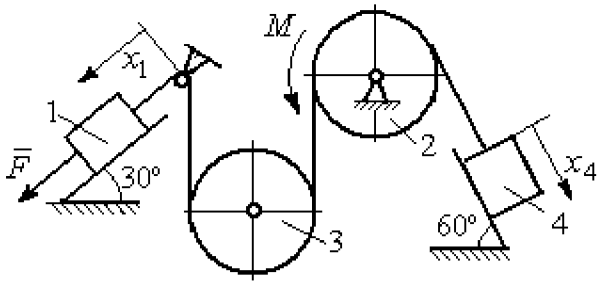
Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

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	$2P$	$1{,}5P$	$4P$	$2P$
M, Н·м	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$2Pr$

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 $\vec{F}$. 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 $P_1 = P_6 = P$, $P_3 = 3P$, $P_4 = P_5 = P_2 = 2P$, $F = P$, $M = 3Pr$.

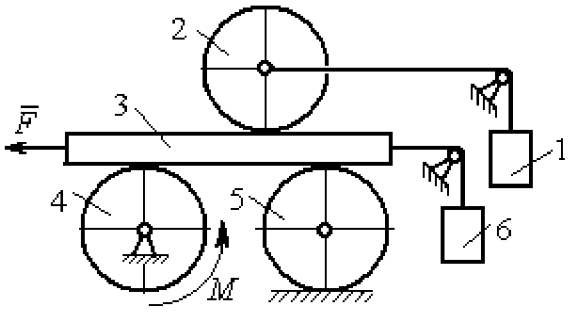


Рис. 6.15. Механическая система с двумя степенями свободы

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, причём, в соответствии с выбором обобщённых координат и скоростей, $V_3=\dot{x}_3$.

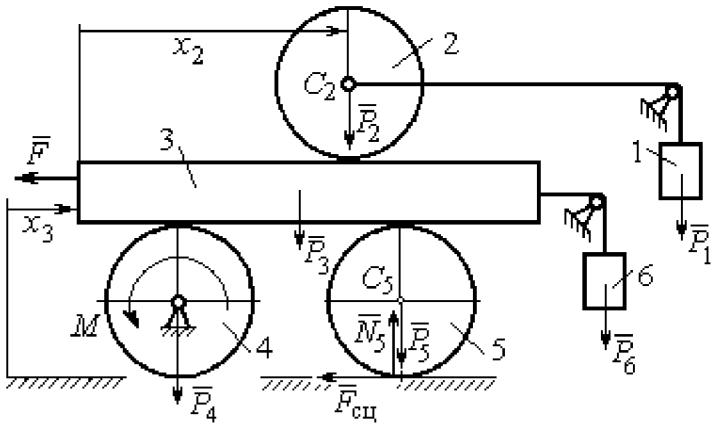


Рис. 6.16. Действующие силы и обобщённые координаты механической системы

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 $\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_2r} + \vec{V}_{C_2e}$ (рис. 6.17, *b*), где $\vec{V}_{C_2e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости платформы, $V_{C_2e} = V_3 = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{C_2r}$ – 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*).

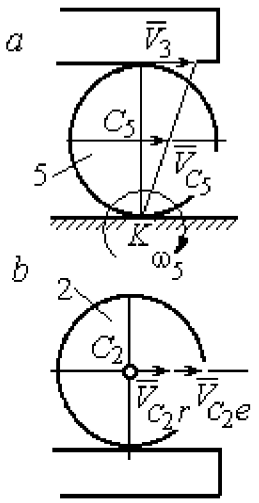


Рис. 6.17. Скорости центров катков 2 и 5

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:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 =$$

$$= \frac{P_1}{2g}V_1^2 + \frac{1}{2}\frac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \frac{1}{2}J_2\omega_2^2 +$$

$$\frac{P_3}{2g}V_3^2 + \frac{1}{2}J_4\omega_4^2 +$$

$$\frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2 + \frac{1}{2}J_5\omega_5^2 + \frac{P_6}{2g}V_6^2,$$

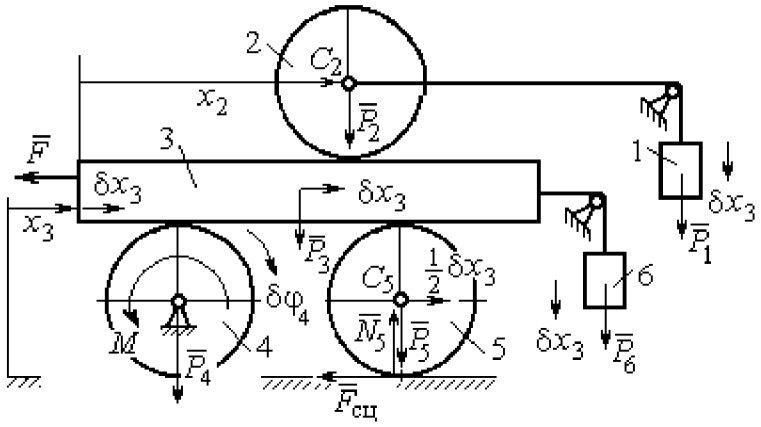


Рис. 6.18. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_3 > 0$, $\delta x_2 = 0$

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 $\vec{P}_2$, $\vec{P}_5$, $\vec{P}_3$ 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 $\vec{P}_4$ равна нулю, так как точка приложения силы лежит на неподвижной оси вращения блока 4.

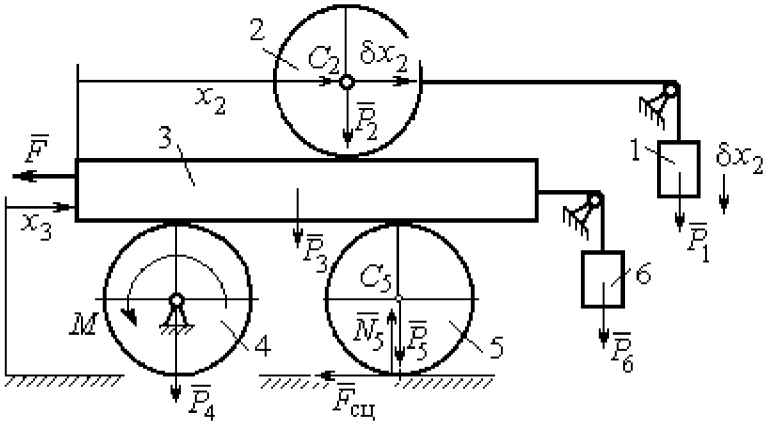


Рис. 6.19. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_2>0$, $\delta x_3=0$

Работу будут производить сила $\vec{F}$, пара сил с моментом M и силы тяжести грузов $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_6$. 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:

$$\delta A = -P\delta x_3 - 3Pr\frac{\delta x_3}{2r} + P\delta x_3 + P\delta x_3 = -\frac{1}{2}P\delta x_3,$$

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 $\delta A = P_1 \delta x_2 = P \delta x_2$, 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: $\frac{\partial T}{\partial x_3} = 0$, $\frac{\partial T}{\partial x_4} = 0$.

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 $\varphi_2 = \frac{1}{R_2} x_2 = \frac{1}{2r} x_2 = 0{,}097 \frac{gt^2}{r}$. Вращение блока 4 описывается уравнением $\varphi_4 = \frac{1}{R_4} x_3 = \frac{1}{2r} x_3 = -0{,}047 \frac{gt^2}{r}$.

Движение катка 5 описывается двумя уравнениями: уравнением движения центра масс катка $x_{C_5} = \frac{1}{2} x_3 = -0{,}047 gt^2$ и уравнением вращательного движения катка $\varphi_5 = \frac{x_3}{2R_5} = -0{,}024 \frac{gt^2}{r}$.

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., Лятцев С. А. Лекции по теоретической механике. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 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

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

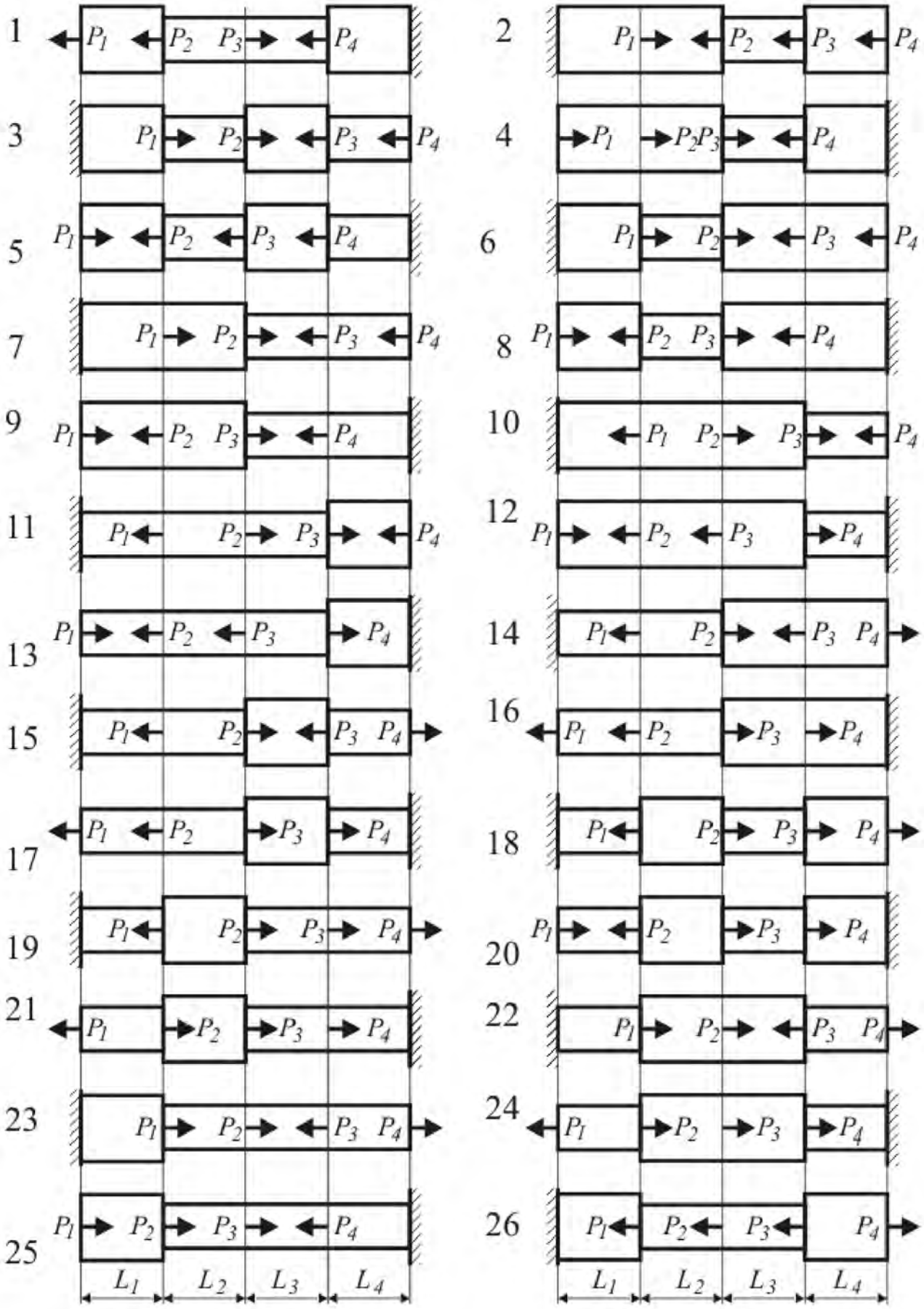


Рис. 1. Расчетная схема стержня

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 $n_m = 1{,}5$.

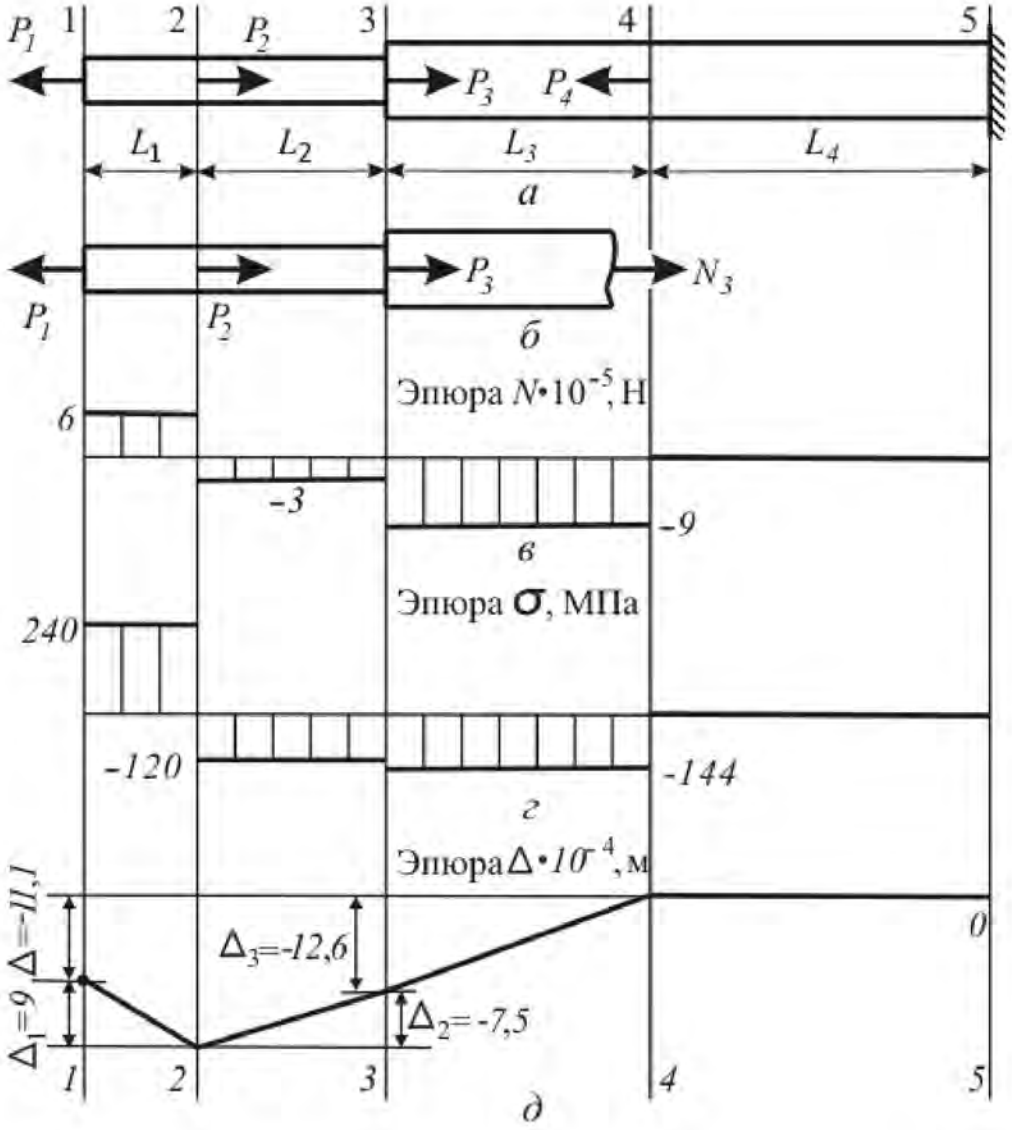


Рис. 2. Эпюры продольных сил, напряжений и перемещений

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 $[\sigma]$:

$$[\sigma] = \sigma_m / n_m = 3{,}6 \cdot 10^8 / 1{,}5 = \ 2{,}4 \cdot 10^8 \text{ [Па]}.$$

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 [τ] 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, об/мин	δ	Мощность, кВт					Длина участка, м				[τ], МПа	$[\theta^\circ]$, град/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, об/мин	δ	Мощность, кВт					Длина участка, м				[τ], МПа	$[\theta^{\circ}]$, 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

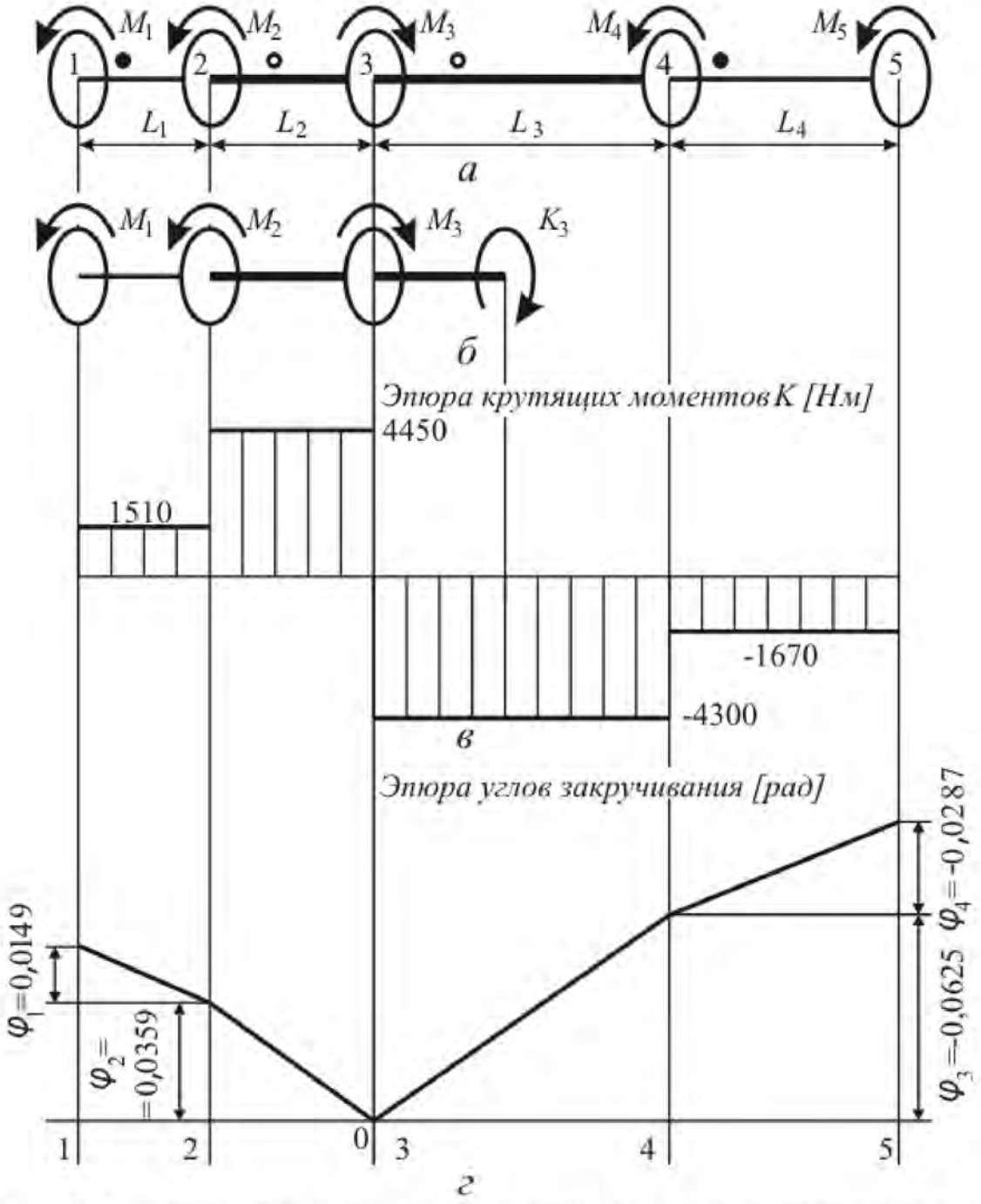


Рис. 3. Расчетная схема вала, эпюры момента и углов закручивания

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..$M_т = \max\{K_2, |K_3|\} = \max\{4450, |-4300|\} = 4450$ [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

$$\varphi_i = M_i \cdot L_i/(G \cdot J_{рк}),\ \ (i = 1{,}4).$$

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

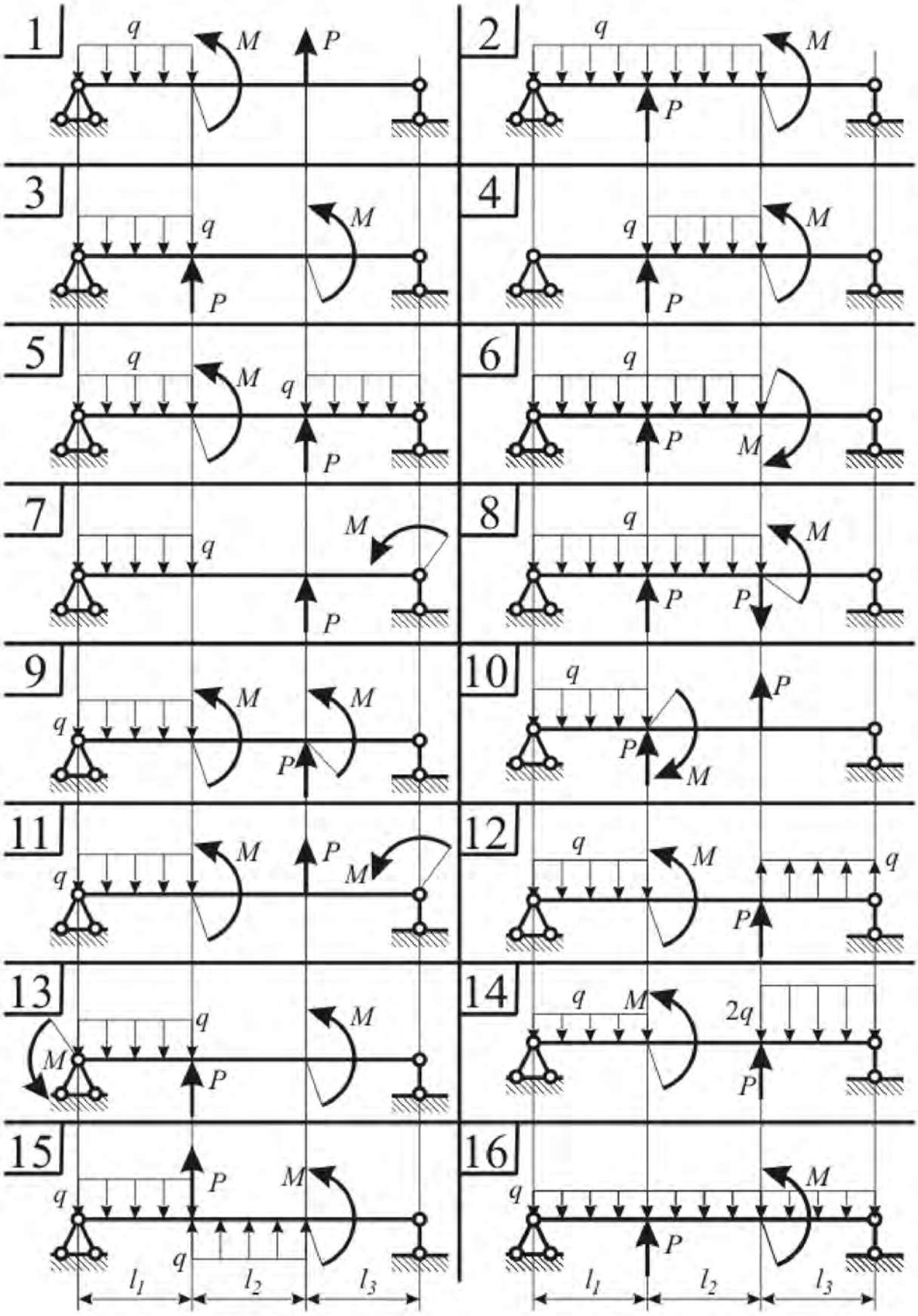


Рис. 4.1. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 1 - 16

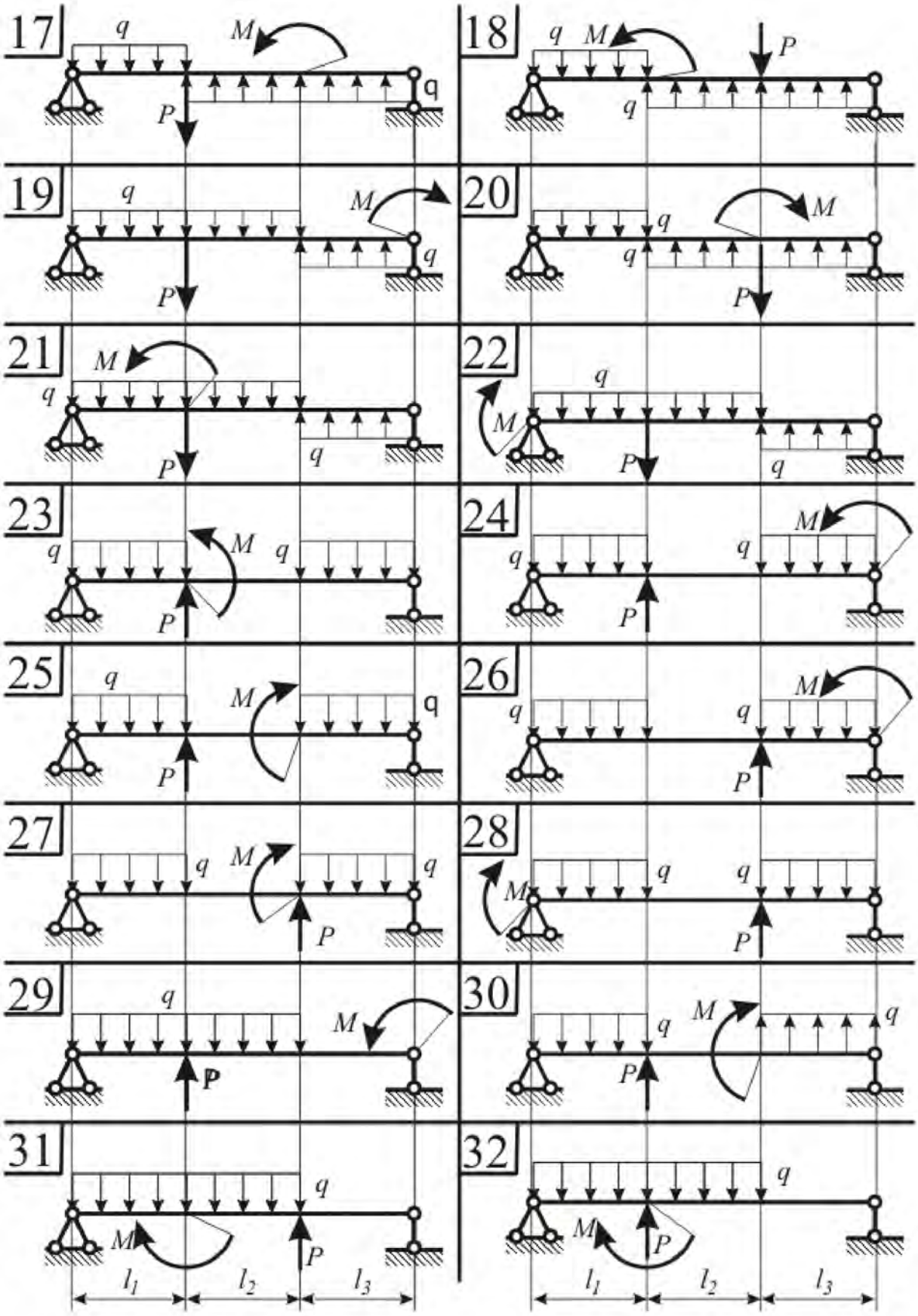


Рис. 4.2. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 17 - 32

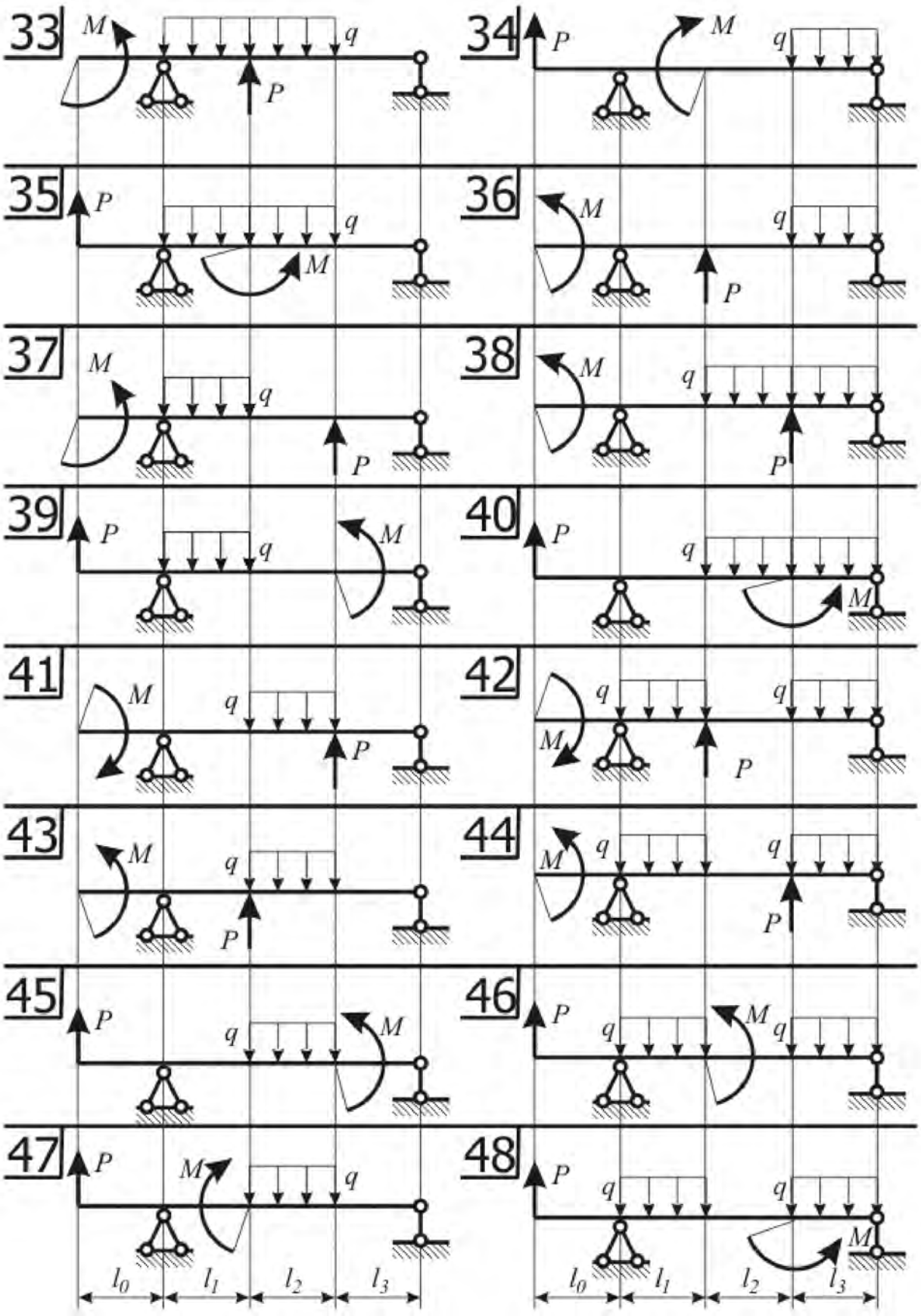


Рис. 4.3. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 33 - 48

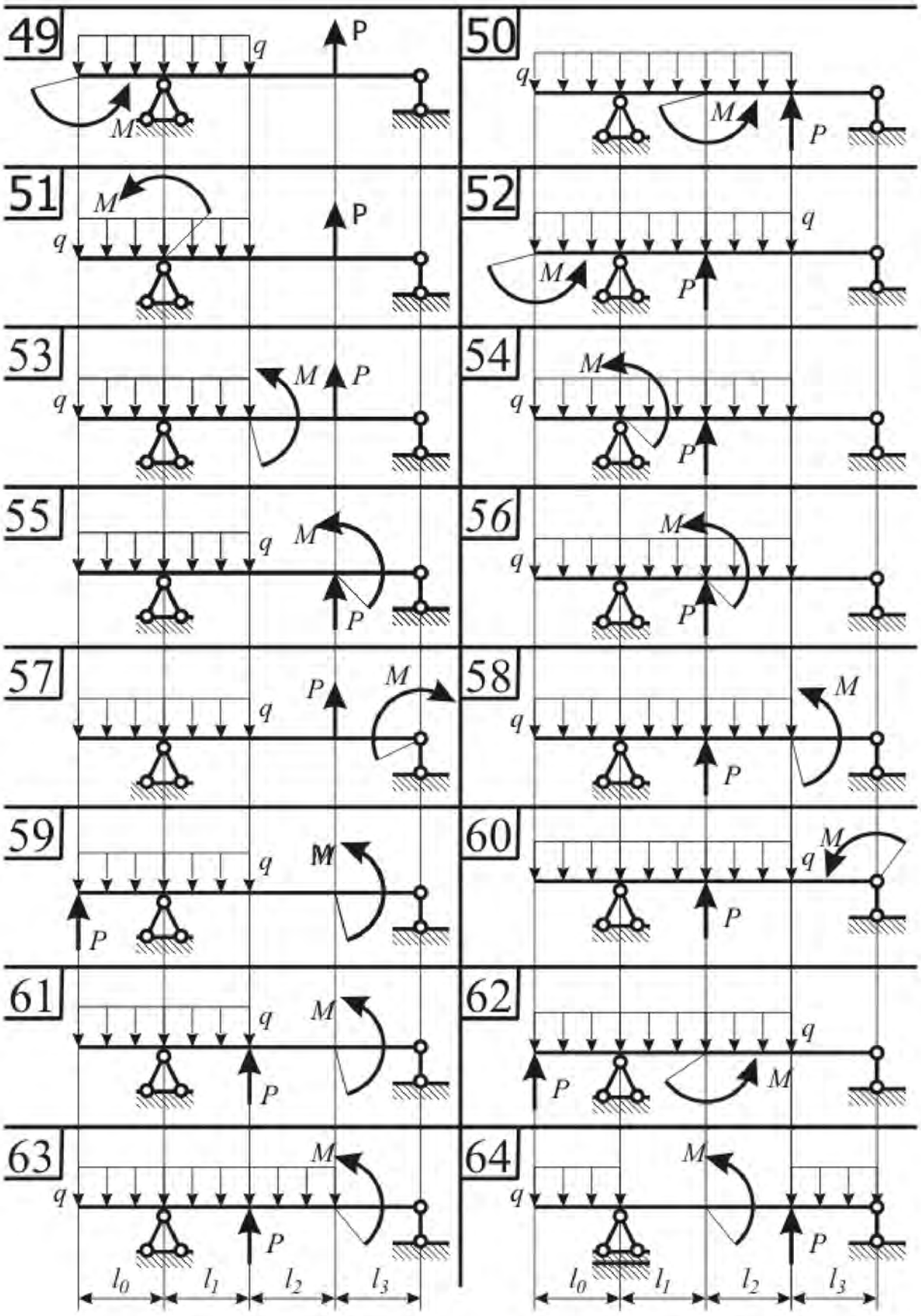


Рис. 4.4. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 49 - 64

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.

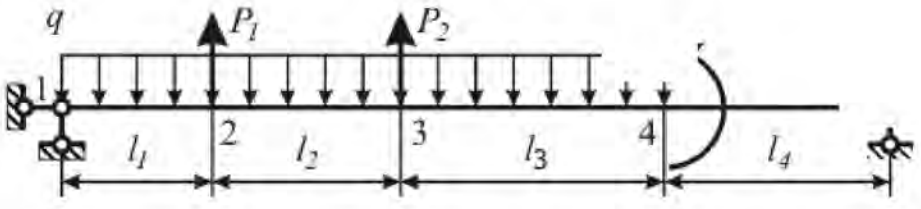


Рис. 4.5. Схема нагружения однопролетной балки

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).

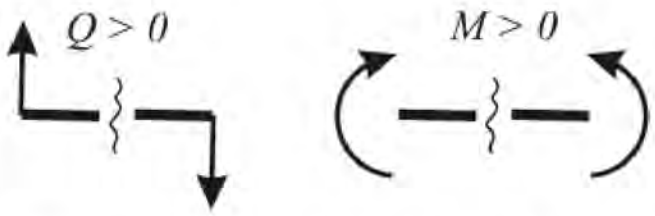


Рис. 4.6. Правило знаков для внутренних силовых факторов

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]).

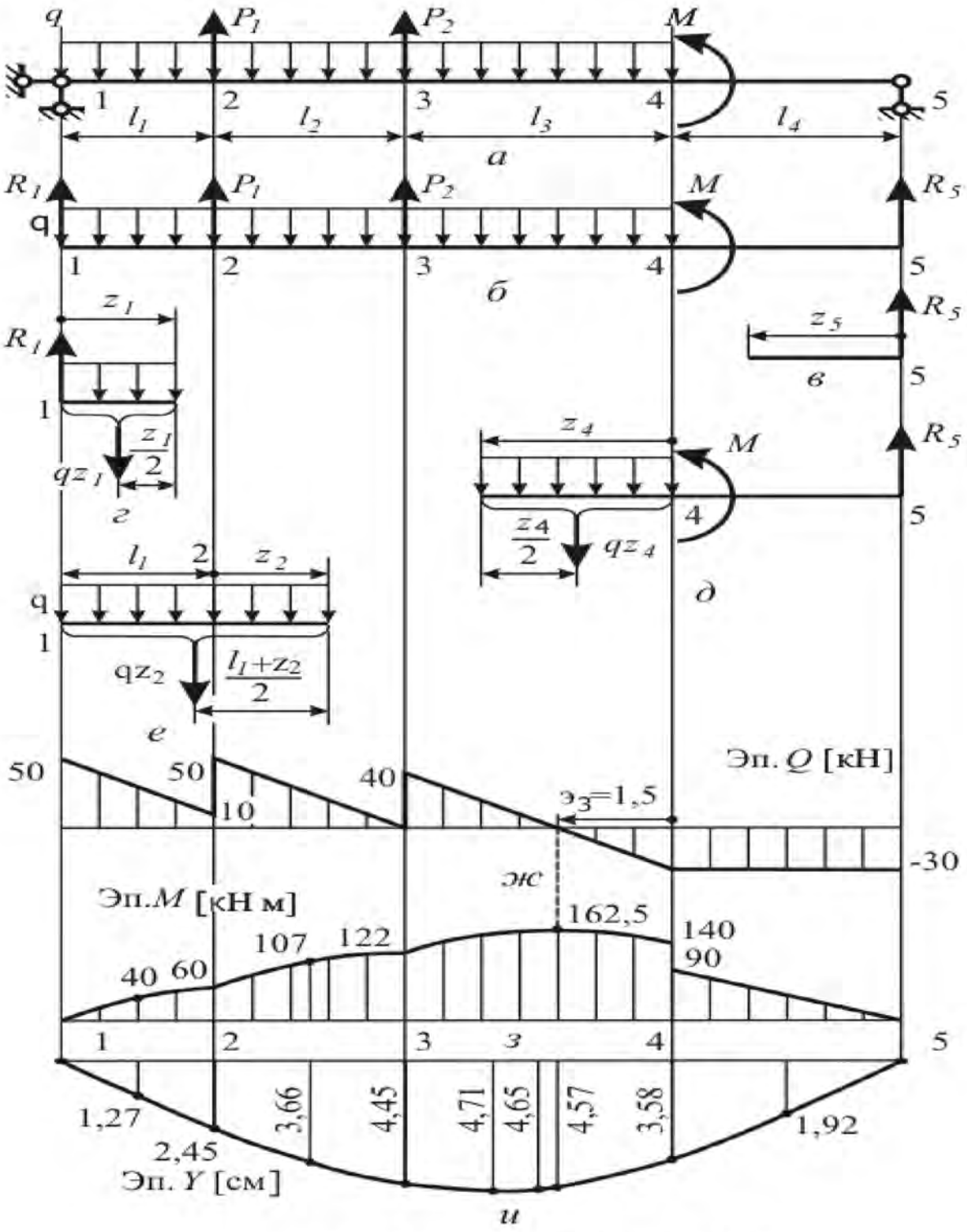


Рис. 4.7. Изгиб балки. Эпюры Q, M, Y

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 $Q_1 \neq 0$ 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.

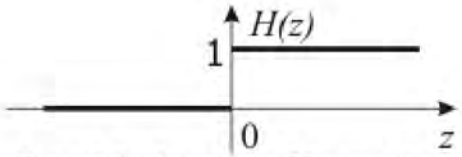


Рис. 4.8. Функция Хевисайда

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

$$EJ_x = 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4} = 3{,}81 \cdot 10^7 \quad [\text{Н}\cdot\text{м}^2].$$

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.

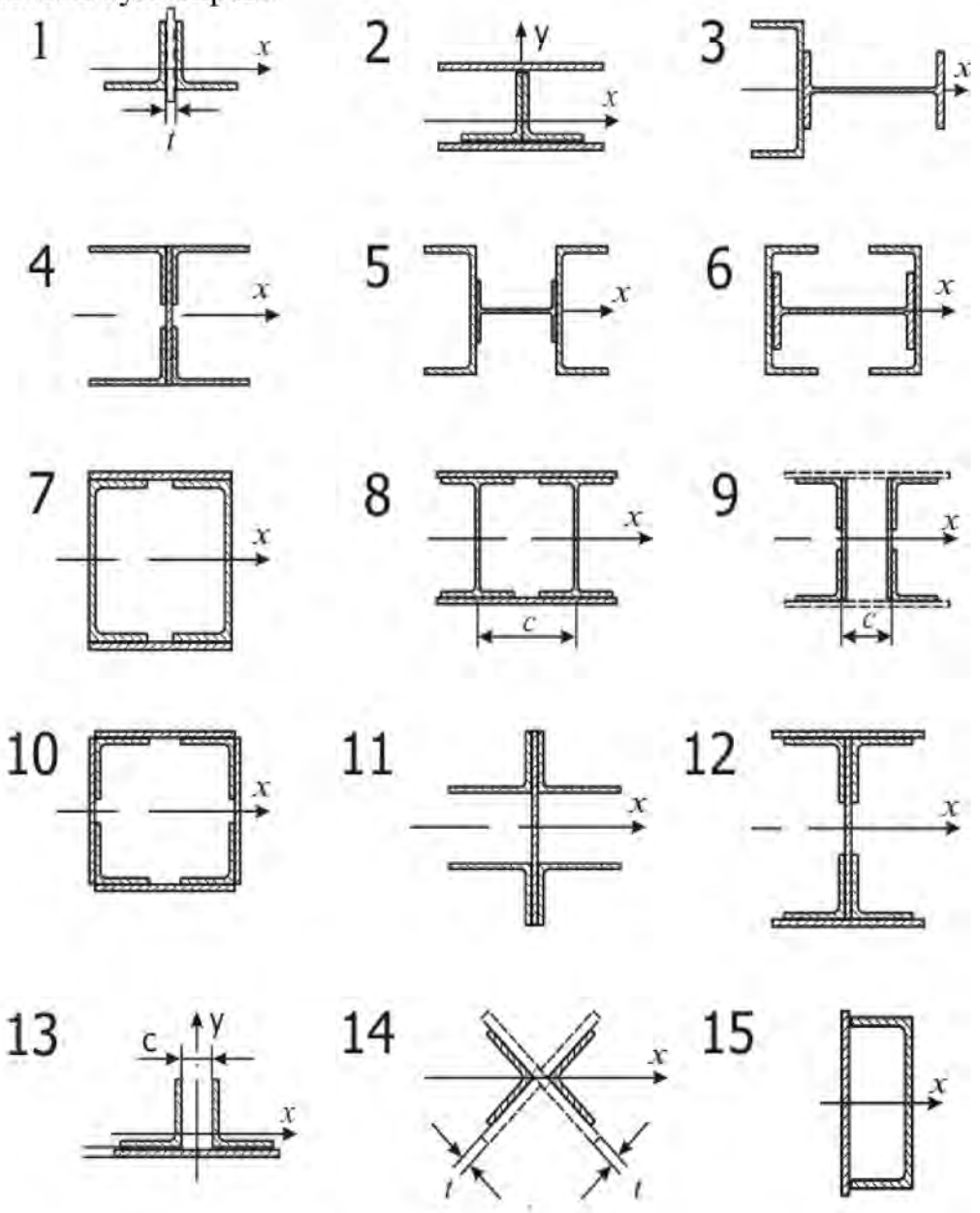


Рис. 5.1. Схемы поперечных сечений 1 – 15

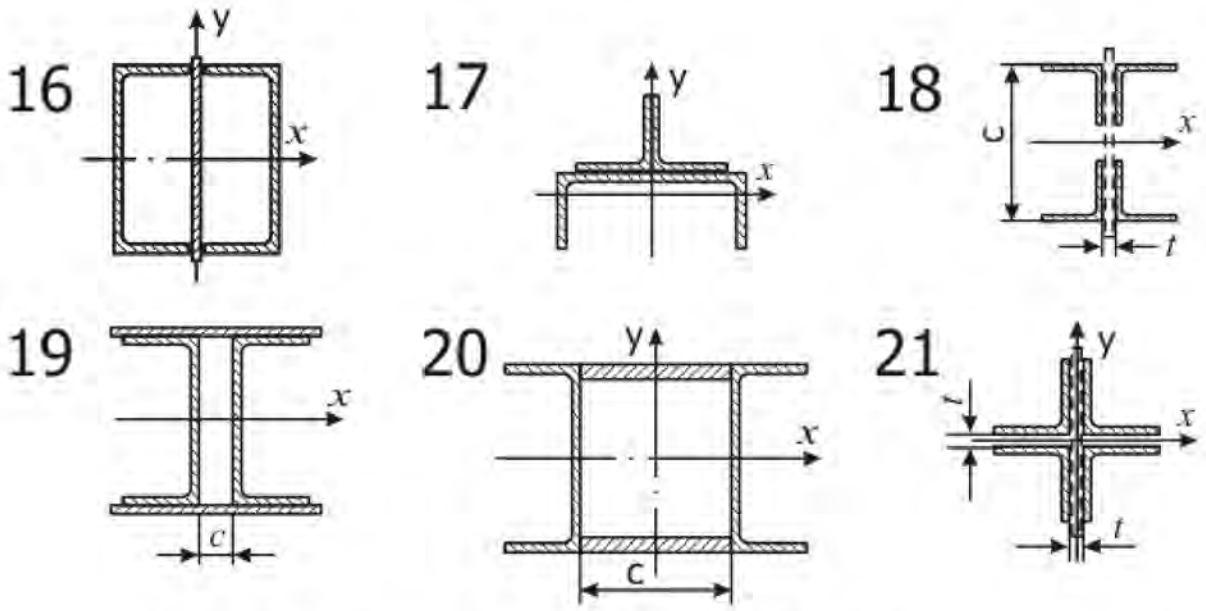


Рис. 5.2. Схемы поперечных сечений 16– 21

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.

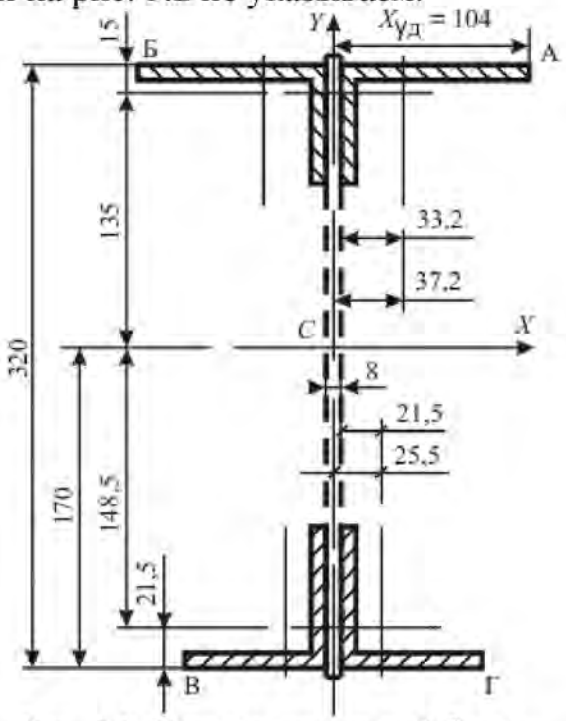


Рис. 5.3. Сечение составной балки

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.

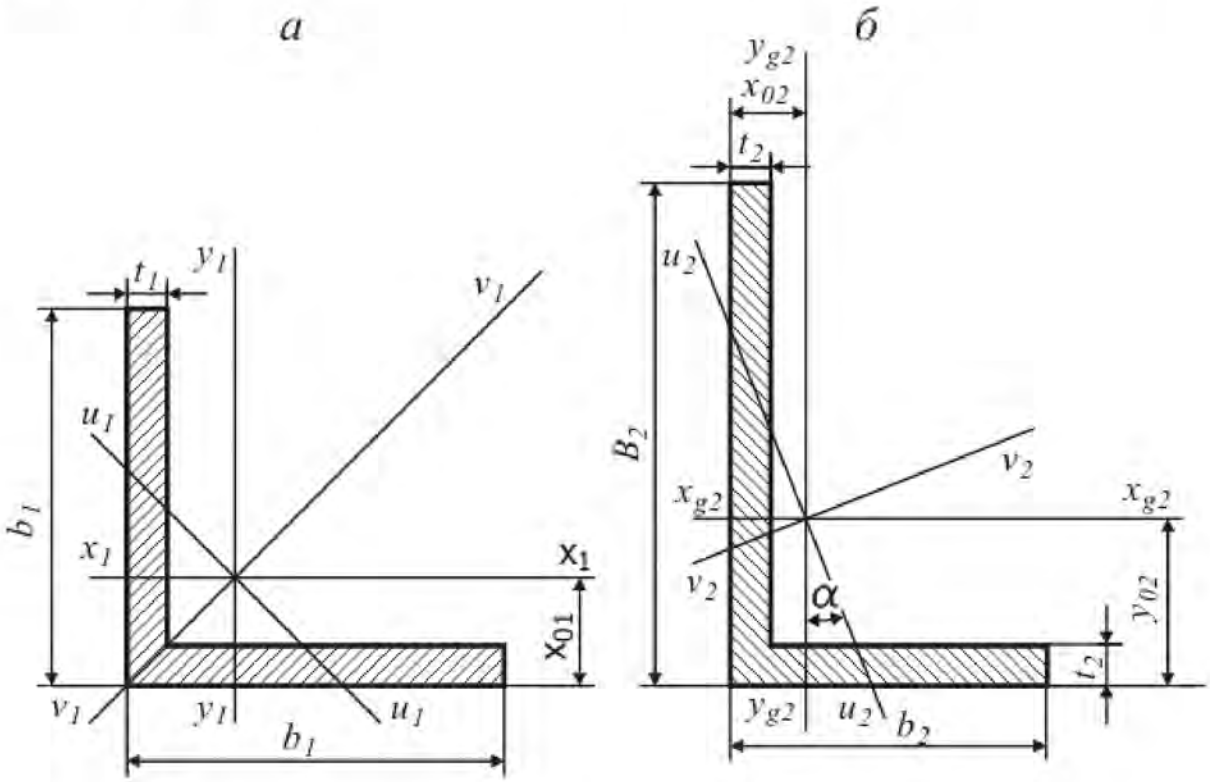


Рис. 5.4. Составные части поперечного сечения балки: а – равнополочный уголок ГОСТ 8509-93; б – неравнополочный уголок ГОСТ 8510-86.

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 CXYявляются 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.

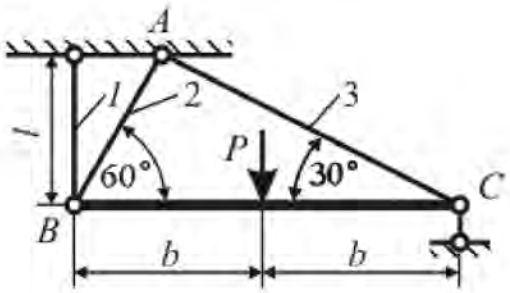


Рис.6.1. Статически неопределимая система

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).

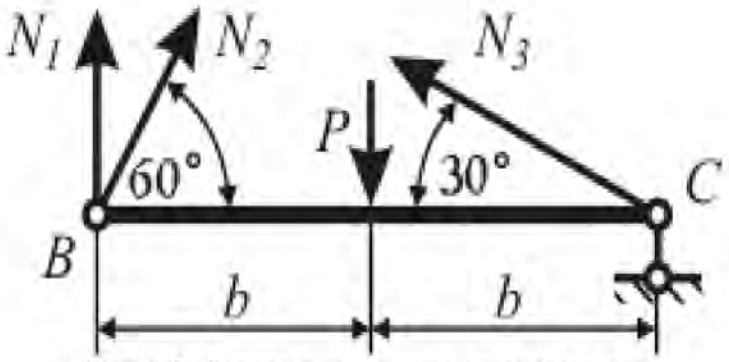


Рис.6.2. Уравновешенная система сил

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.

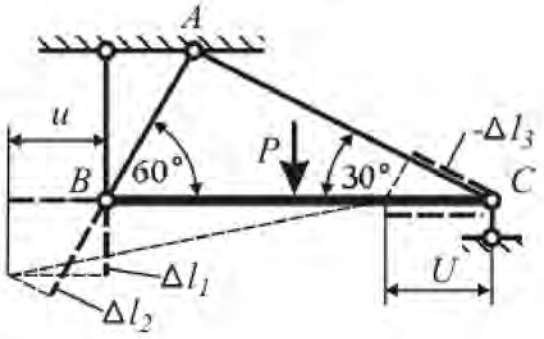


Рис.6.3. Деформации и перемещения

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

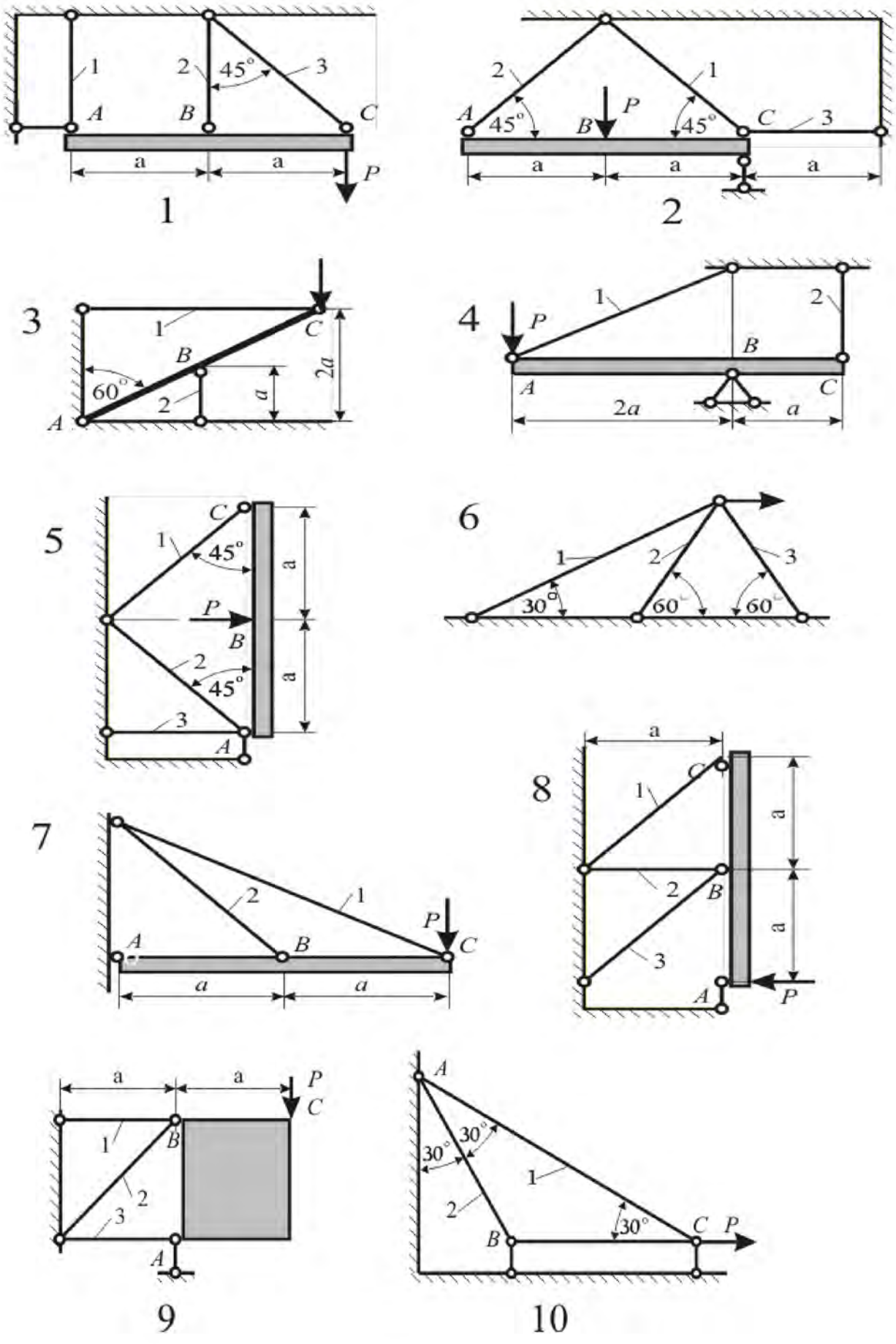


Рис.6.4. Схемы 1 – 10 стержневых систем

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 σ = 200 [МПа]. Данные для расчёта взять из табл. 7.

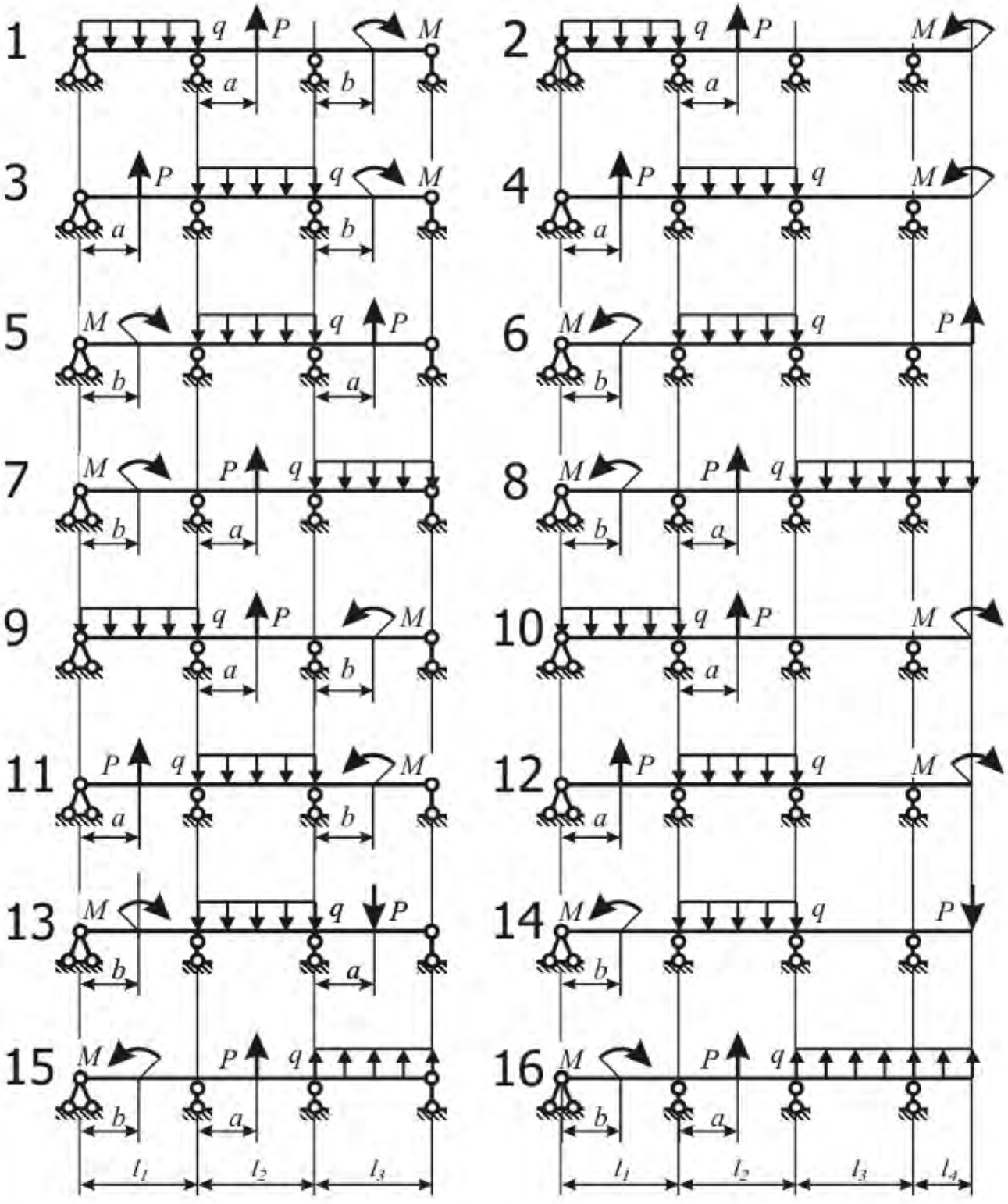


Рис. 7.1. Многопролётная неразрезная балка (варианты 1 – 16)

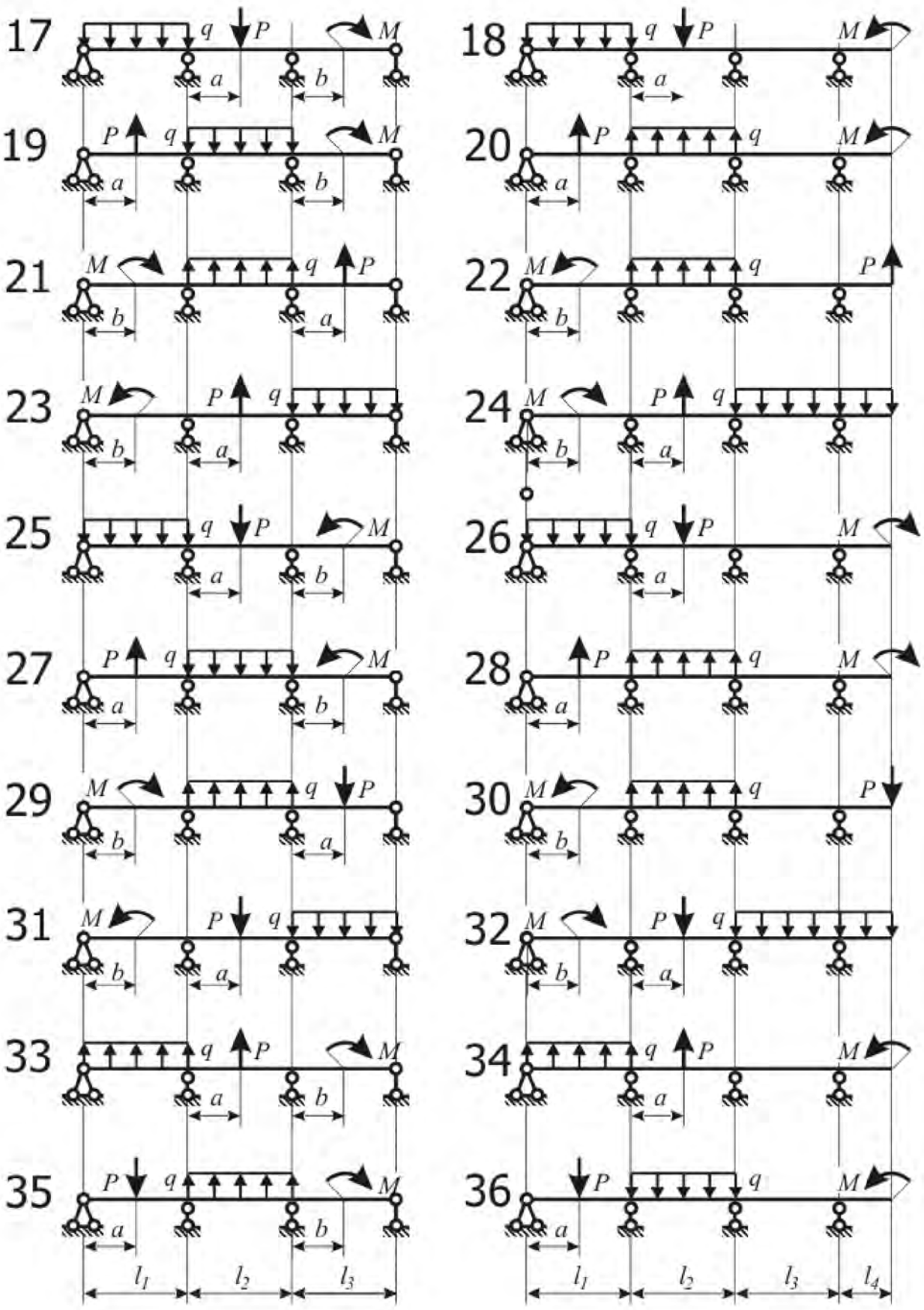


Рис. 7.2. Многопролётная неразрезная балка (варианты 17 – 36)

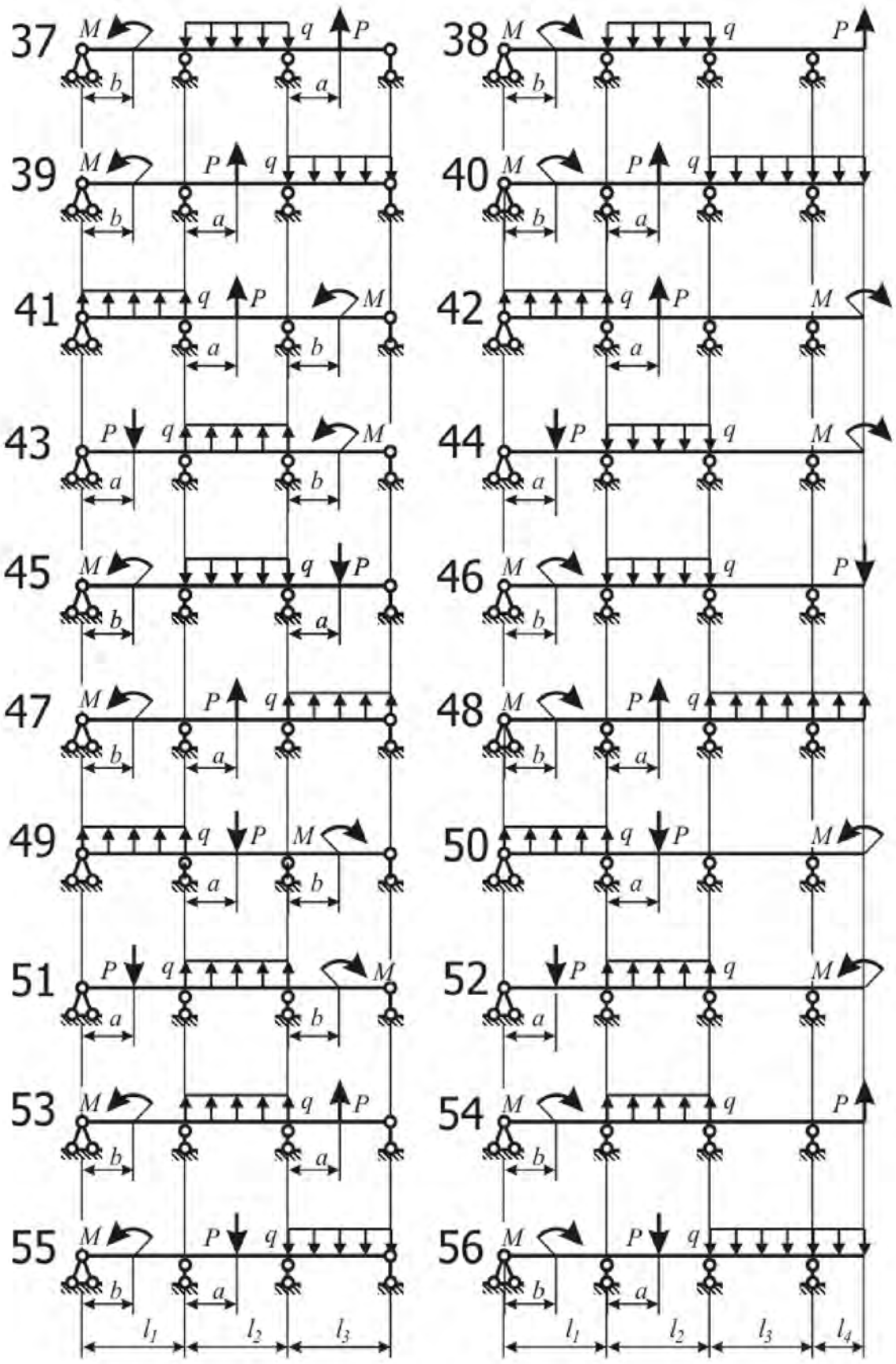


Рис. 7.3. Многопролётная неразрезная балка (варианты 37 – 56)

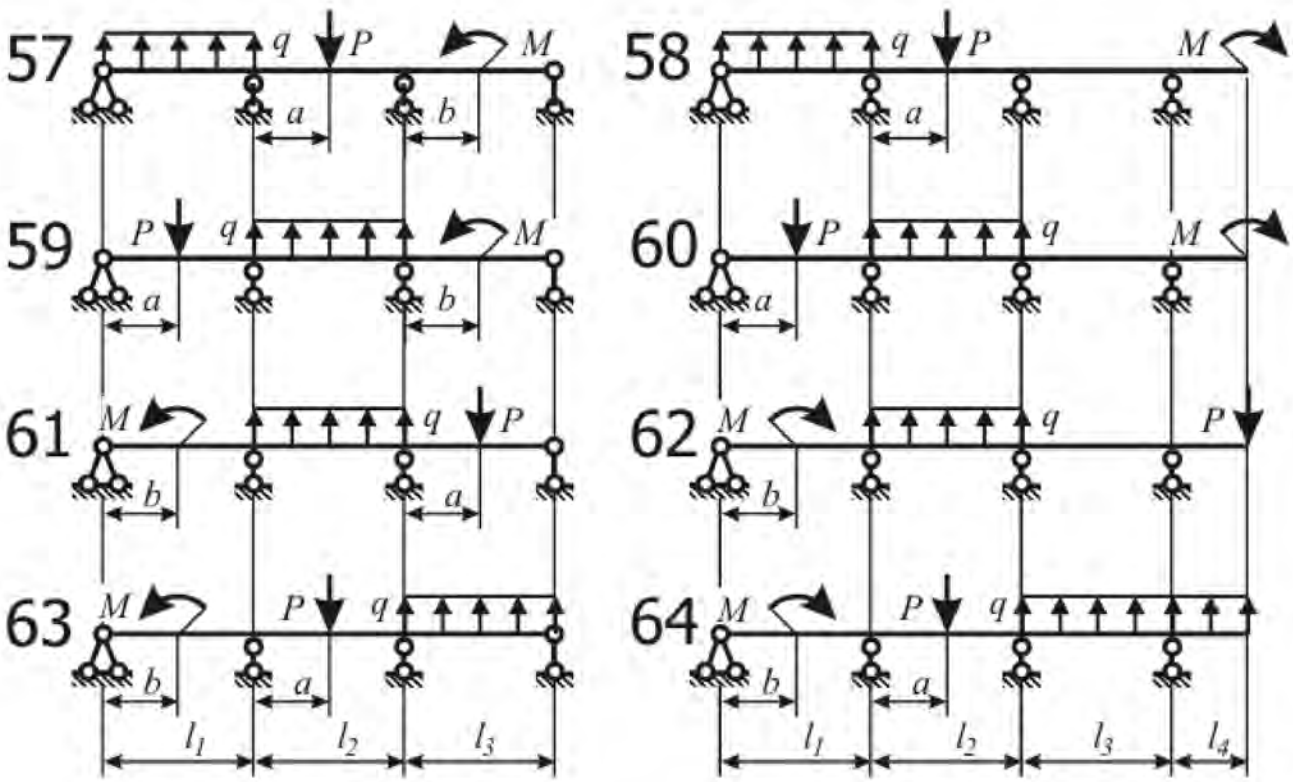


Рис. 7.4. Многопролётная неразрезная балка (варианты 57 – 64)

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.

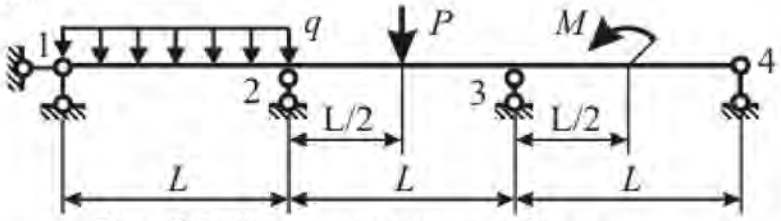


Рис. 7.5. Схема неразрезной балки

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.

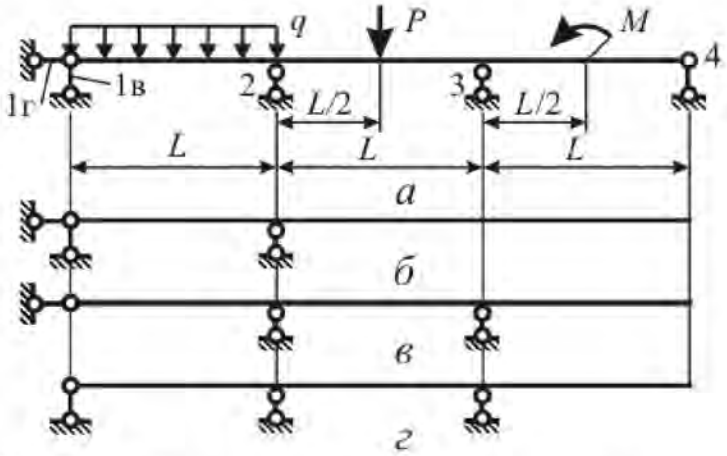


Рис. 7.6. К выбору основной системы

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.

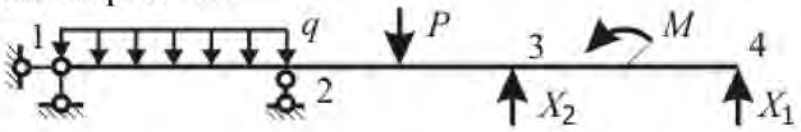


Рис. 7.7. Эквивалентная система

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_2 и от 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.

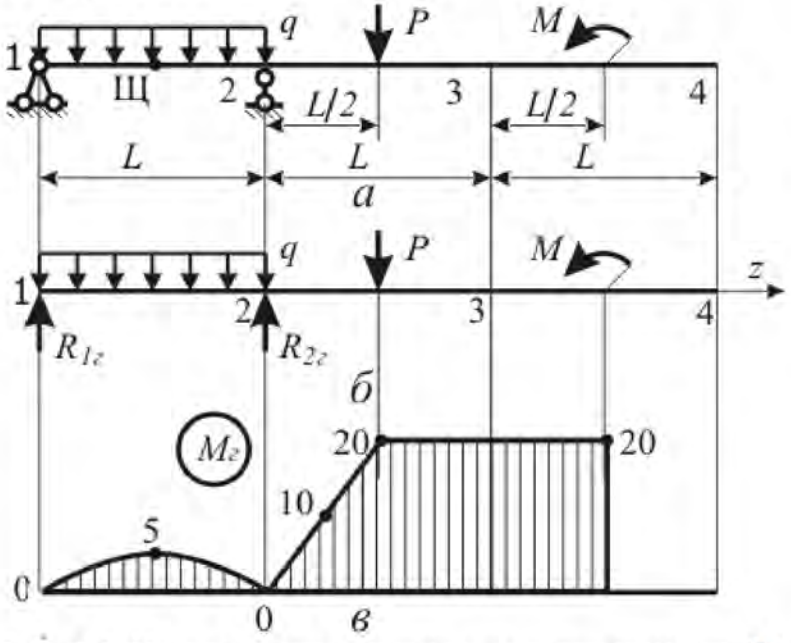


Рис. 7.8. К построению эпюры грузового момента $M_г$

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).

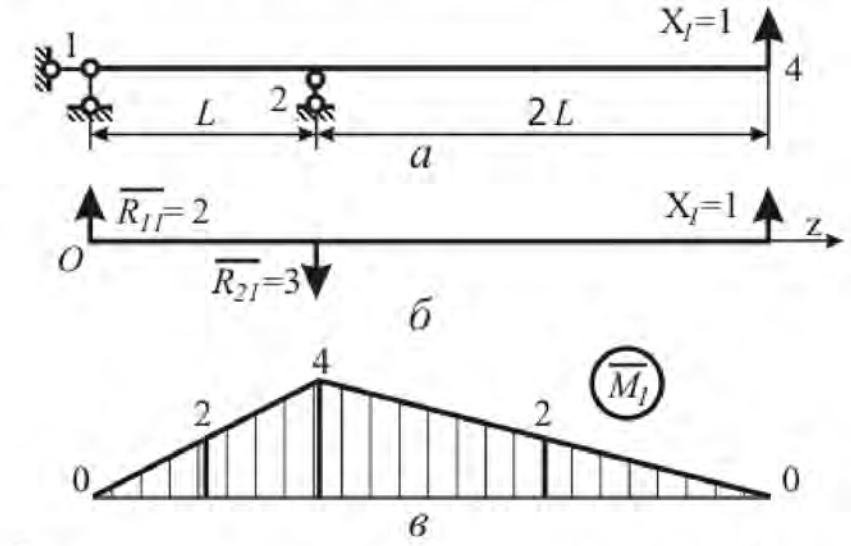


Рис. 7.9. К построению единичного момента $\overline{M_1}$

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).

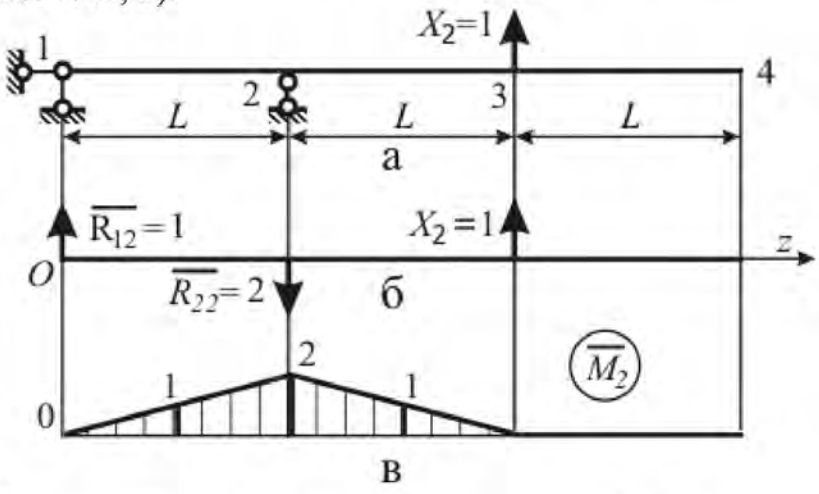


Рис. 7.10. К построению эпюры $\overline{M_2}$

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

$$\Delta_1 = \int_0^{3L} M_z(z) \cdot \overline{M_1}(z)/(EJ) \cdot dz = 127/(EJ);$$

$$\Delta_2 = \int_0^{3L} M_z(z) \cdot \overline{M_2}(z)/(EJ) \cdot dz = 30.0/EJ.$$

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

$$R_1 = R_{1\varepsilon} + X_1\overline{R_{11}} + X_2\overline{R_{12}} = 10{,}0 - 11{,}8\cdot 2 + 21{,}0\cdot 3 = 7{,}33;$$

$$R_2 = R_{2\varepsilon} - X_1\overline{R_{21}} - X_2\overline{R_{22}} = 30 - (-11{,}8)\cdot 1 - 21{,}0\cdot 2 = 23{,}5.$$

Строим истинную эпюру поперечной силы Q (рис. 7.11, ж).

13. Истинную эпюру изгибающих моментов, в неразрезной балке находим по формуле

$$M(z) = M_\varepsilon(z) + X_1\overline{M_1}(z) + X_2\overline{M_2(z)}\,.$$

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 $k_{[\sigma]} = [\sigma]/\sigma_{max} = 2 \cdot 10^8/1{,}45 \cdot 10^8 = 1{,}38$.

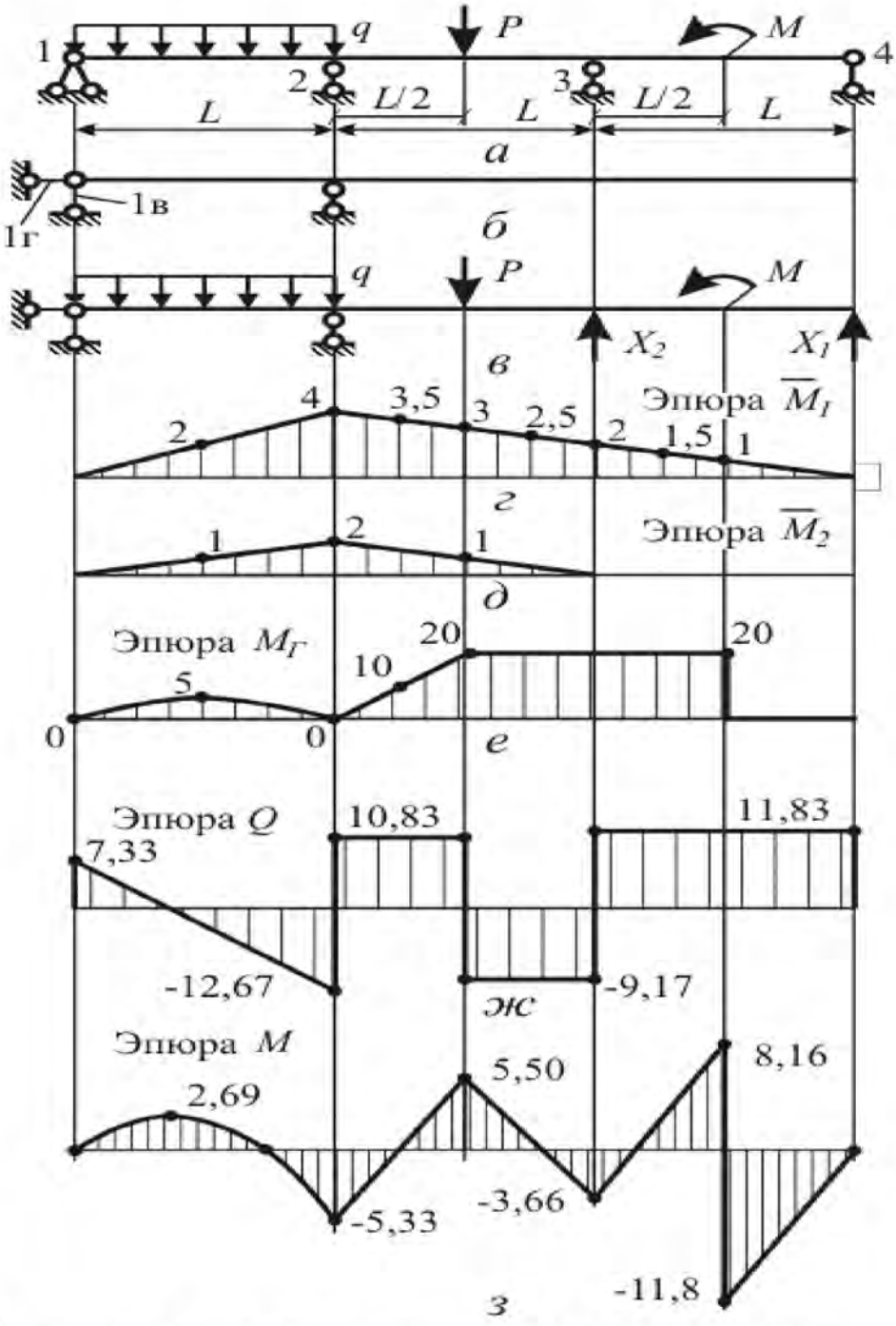


Рис. 7.11. Раскрытая методом сил статическая неопределимость

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.

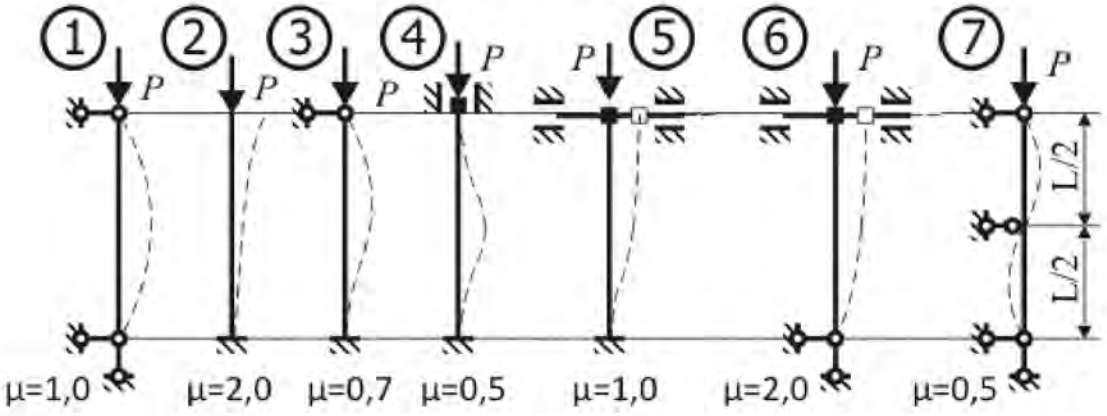


Рис. 8.1. Способ закрепления стержня и коэффициент приведённой длины μ

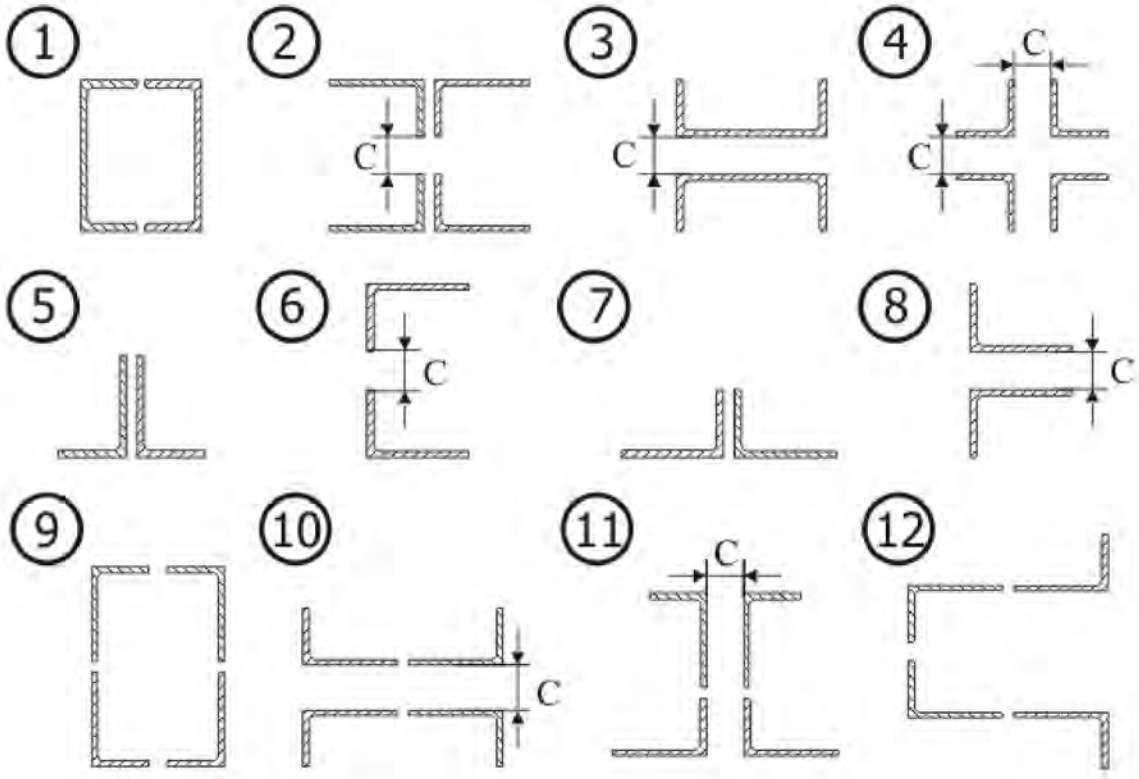


Рис. 8.2. Схемы поперечных сечений 1 – 12 стержня

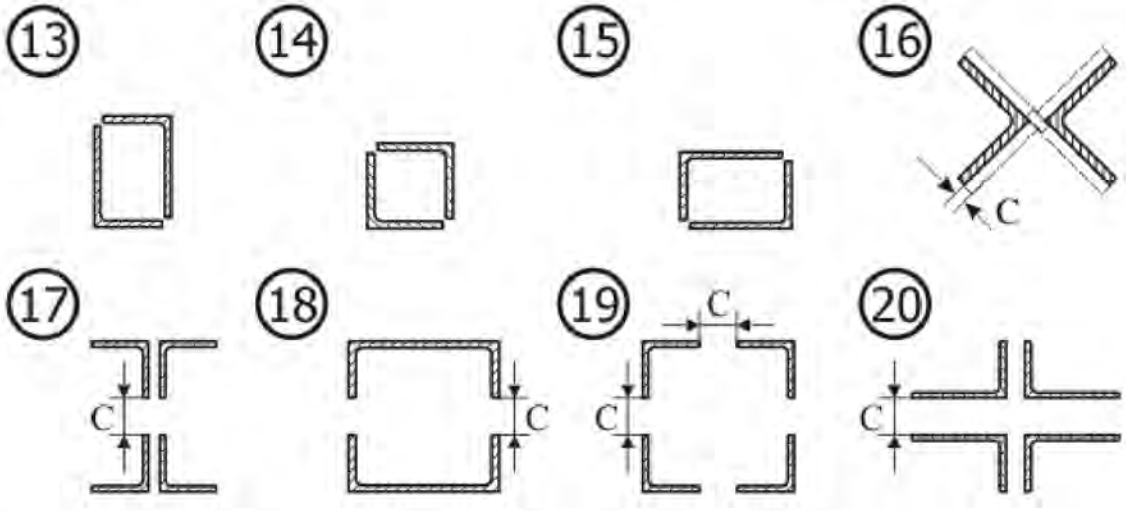


Рис. 8.3. Схемы поперечных сечений 13 – 20 стержня

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

$$i_з = d_з\sqrt{1 + k\hat{}2}/4 = 0{,}104\sqrt{1 + 0{,}5\hat{}2}/4 = 0{,}0290 \text{ м};$$

гибкость

$$\lambda_з = L/i_з = 5/0{,}0290 = 172\,.$$

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.

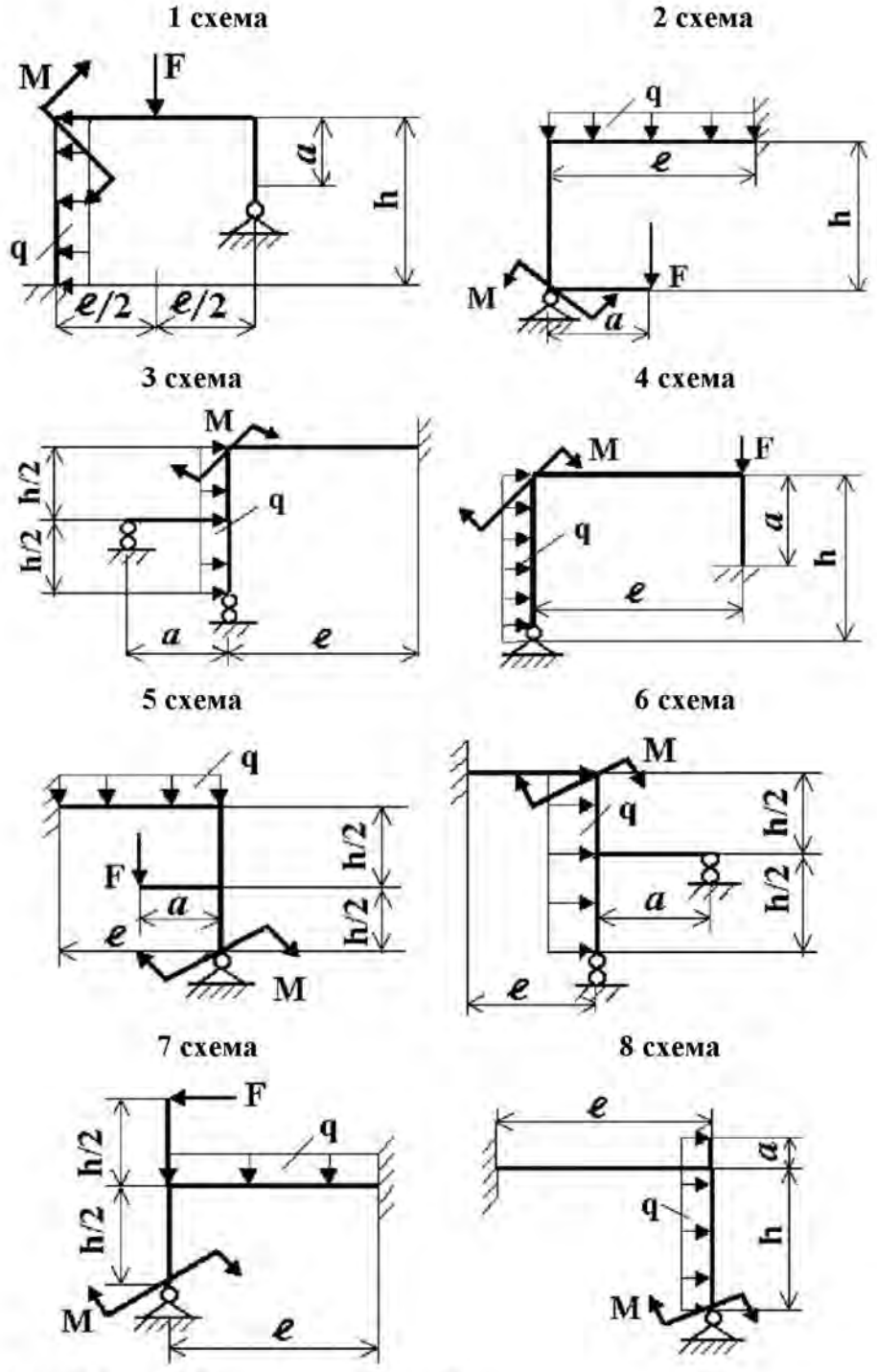


Рис. 9.1 Рама: схемы 1 … 8

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.

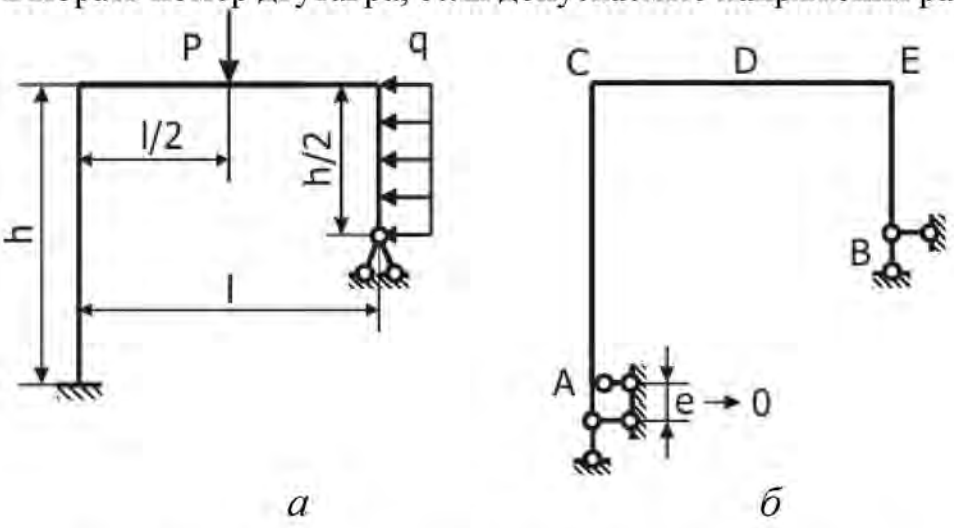


Рис. 9.2 Рама: а) схема; б) количество опорных стержней

РЕШЕНИЕ

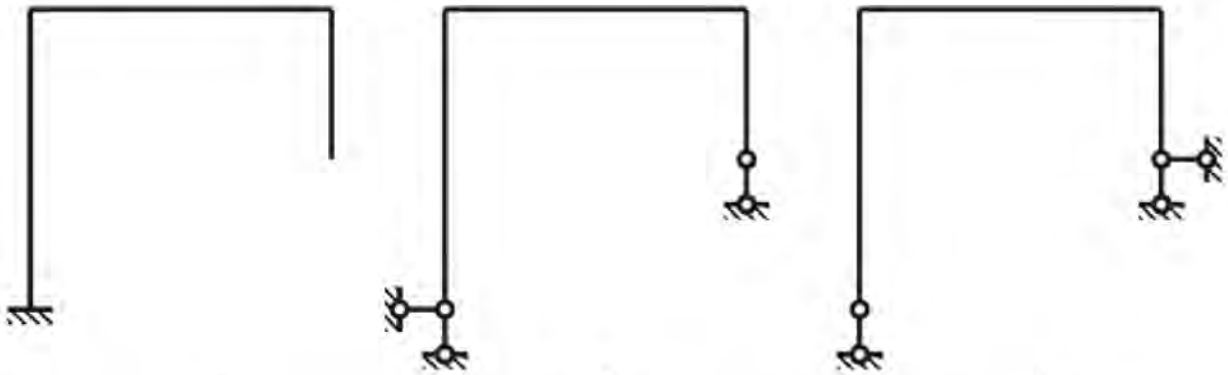
1. *Степень статической неопределимости рамы.* Число опорных стерней равно 5 (заделка эквивалентна 3 опорным стержням (рис. 9.2. *б*), шарнирно-неподвижная опора образована 2 стержнями). Для определения опорных реакций плоской рамы имеем 3 уравнения статики. **Степенью статической неопределимости** называется разность между числом опорных стержней и числом уравнений статики. Рама дважды статически неопределима

$$N_{\text{неоп}} = K_{\text{резк}} - K_{\text{ур}} = 5 - 3 = 2.$$

2. *Выбор основной системы.* Удалив в заданной системе 2 опорных стержня, получим необходимое условие статической определимости

$$K_{\text{реак}} - K_{\text{ур}} = 0.$$

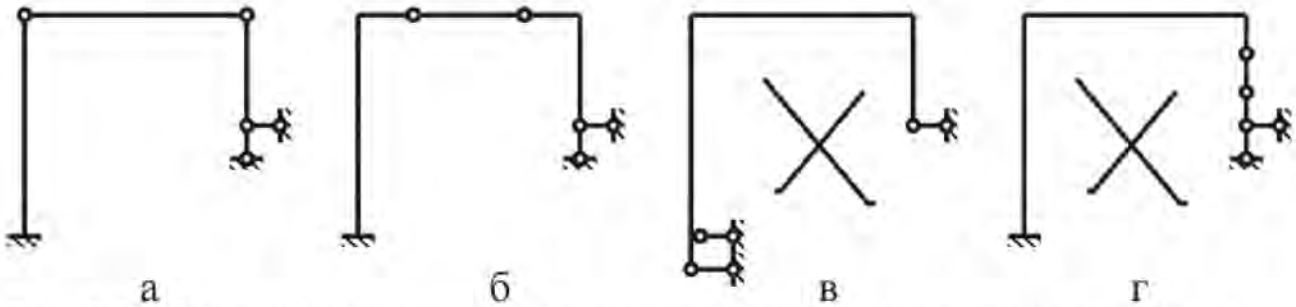
Основной системой называется **неизменяемая** статически определимая система, полученная из заданной системы отбрасыванием избыточных связей. На рис. 9.3 приведены основные системы, полученные отбрасыванием двух лишних опорных стержней.



а б в

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.



а б в г

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.

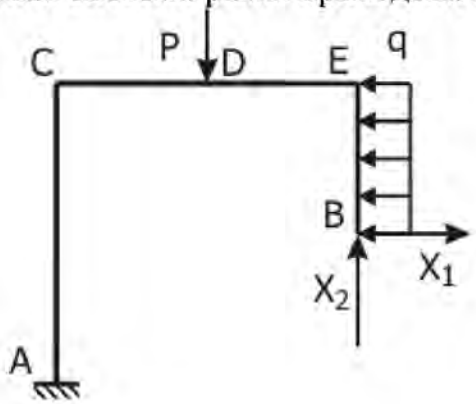


Рис. 9.5 Эквивалентная система

4. *Эпюры моментов.* При построении эпюр изгибающих моментов методом сечений применяем правило знаков для момента в балке, закреплённой горизонтально (рис. 9.6).

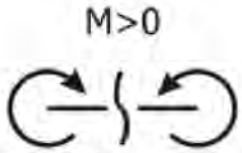


Рис. 9.6 Правило знаков для M

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.

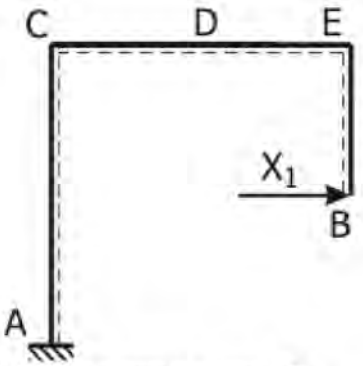


Рис. 9.7 К построению $\bar{M}_1$

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).

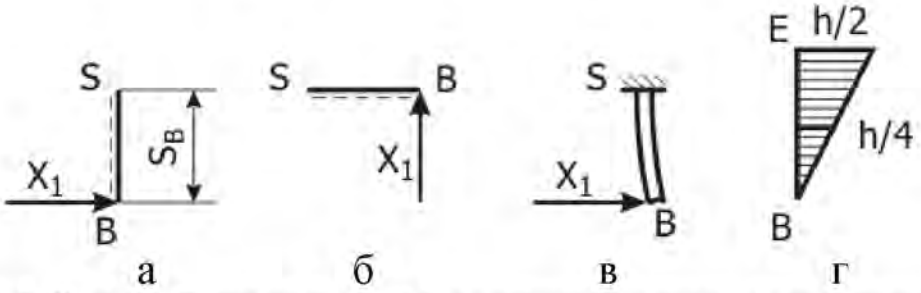


Рис. 9.8. Эпюра $\bar{M}_1$ на участке BE: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) сжатые волокна; г) эпюра на участке

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.

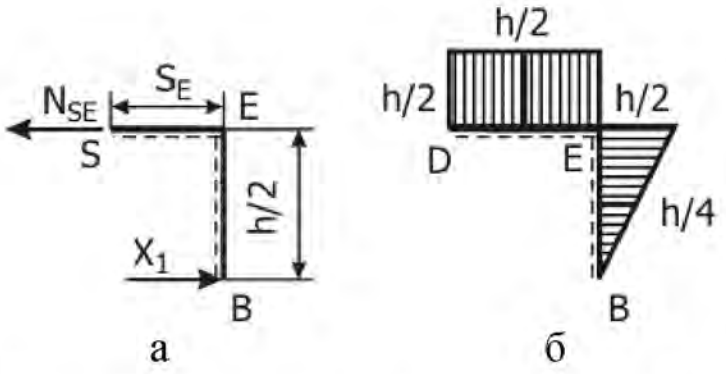


Рис. 9.9 Эпюра $\bar{M}_1$ на участке ED: а) отрезанный кусок; б) эпюра

4.1.3. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке DC.* Эпюра на участке DC строится аналогично предыдущему. Результаты построения даны на рис. 9.10.

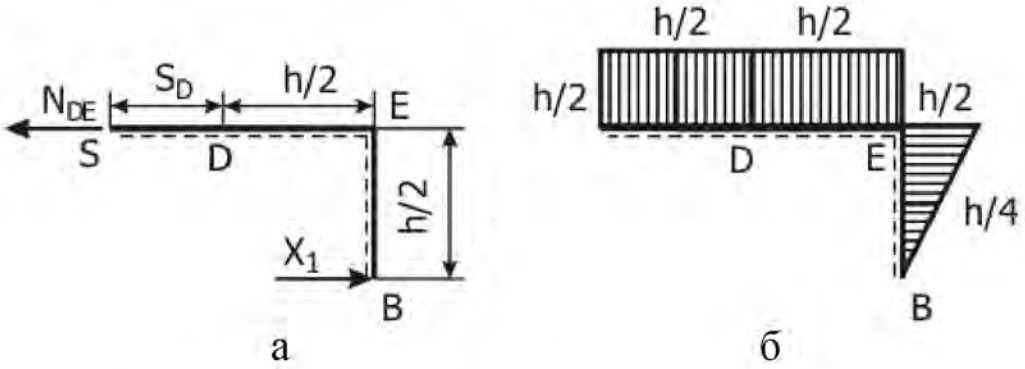
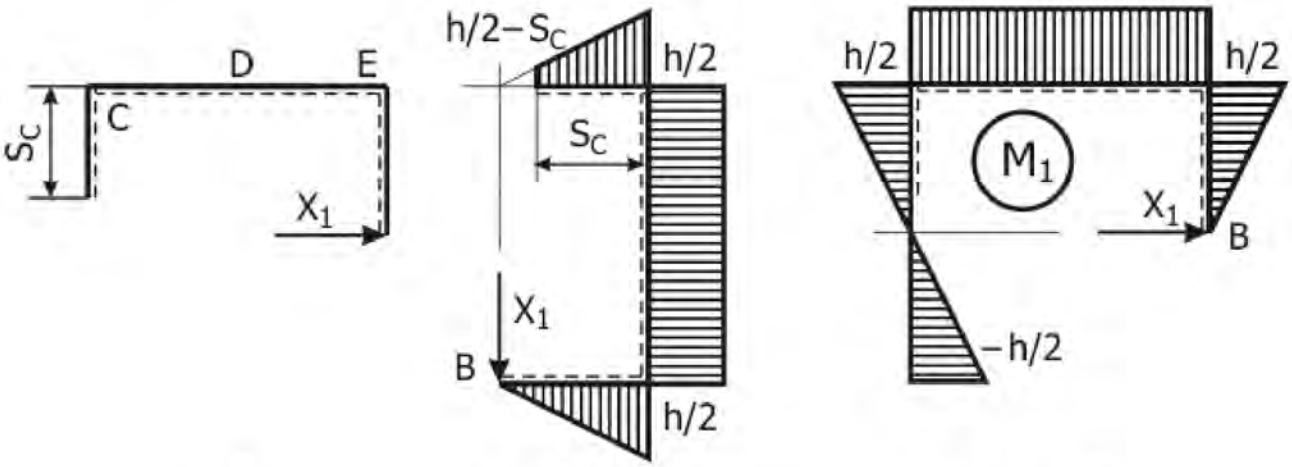


Рис. 9.10 К построению эпюры $\bar{M}_1$ на участке DC: а) отрезанный кусок; б) эпюра

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.

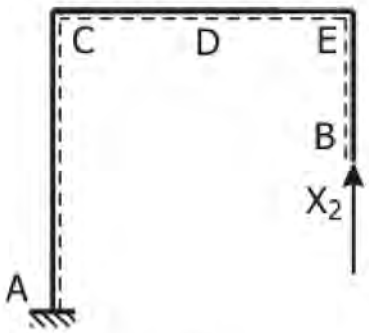


Рис. 9.12 К построению эпюры $\bar{M}_2$

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.

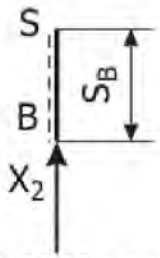
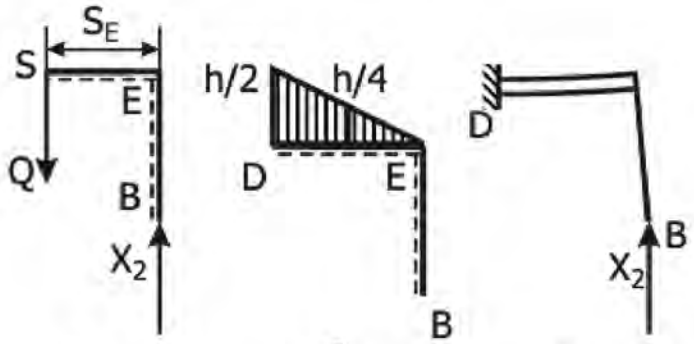


Рис. 9.12 К построению $\bar{M}_2$ на участке BE

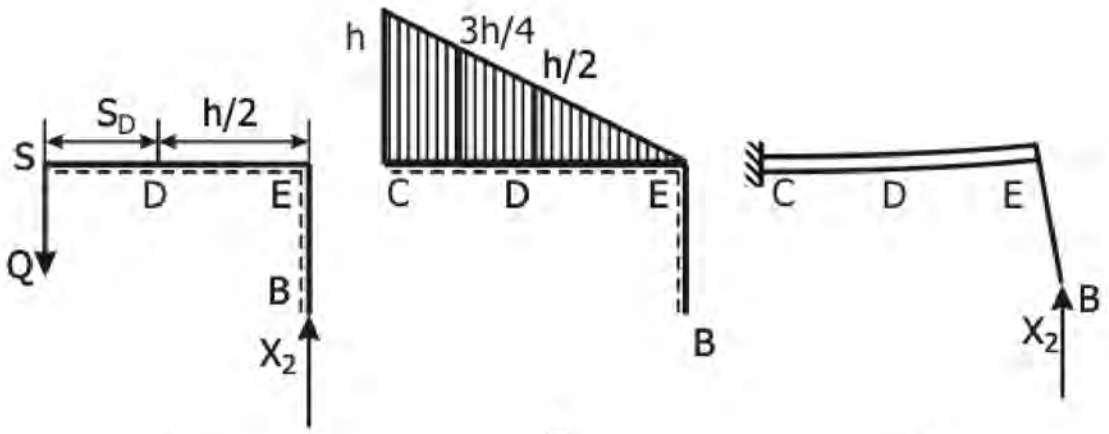
4.2.2. *Участок* ED. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии s_E от точки E. Рассматриваем равновесие свободного куска (рис. 9.13). Пунктирная линия на разрезанном участке лежит ниже сплошной, поэтому поворот не нужен. Поперечная сила Q, приложенная в сечении S, уравновешивает силу $\bar{X}_2$ и 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

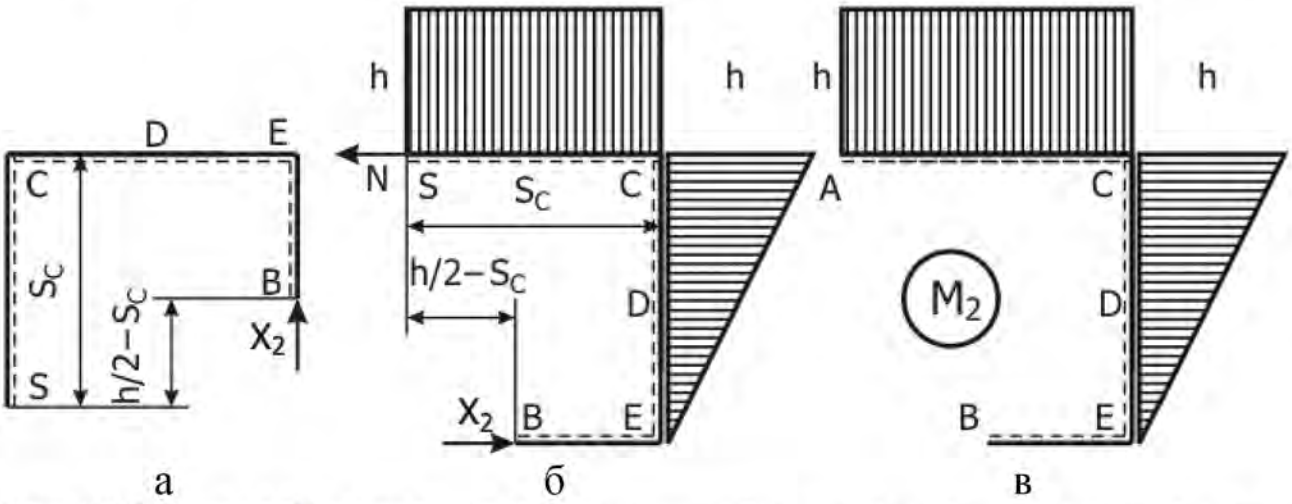
4.2.3. *Участок* DC. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии S_D от точки D. Рассматриваем равновесие свободного куска (рис. 9.14.а). Пунктирная линия на разрезанном участке лежит ниже сплошной, поэтому поворот не нужен. Поперечная сила Q, приложенная в сечении S, уравновешивает силу $\bar{X}_2$ 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).

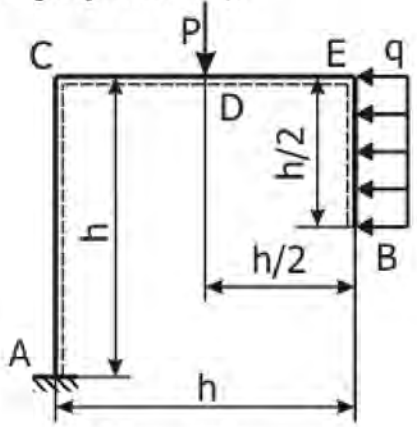


Рис. 9.16 К построению эпюры грузового момента $M_г$

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).

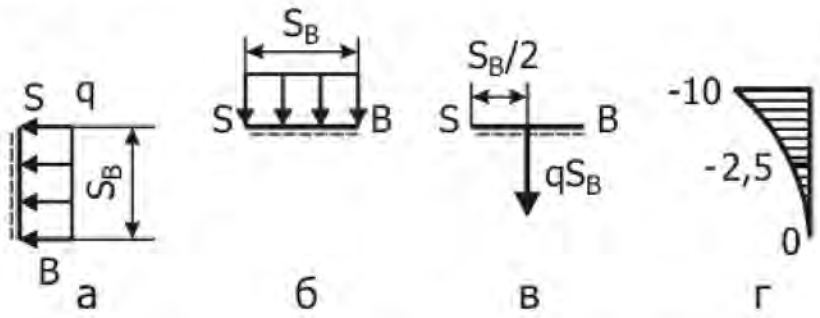


Рис. 9.17 Эпюра грузового момента $M_г$ на участке BE

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).

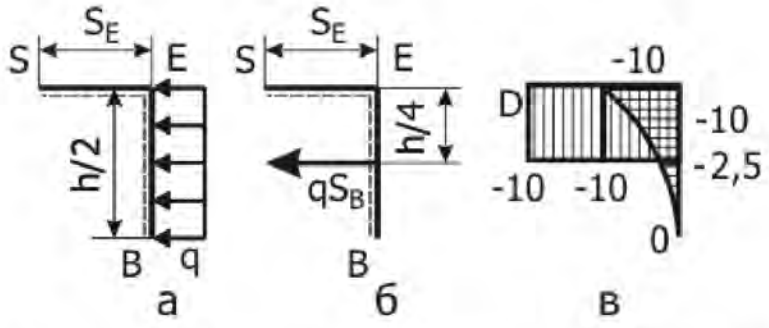


Рис. 9.18 Эпюра грузового момента $M_г$ на участке ED

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).

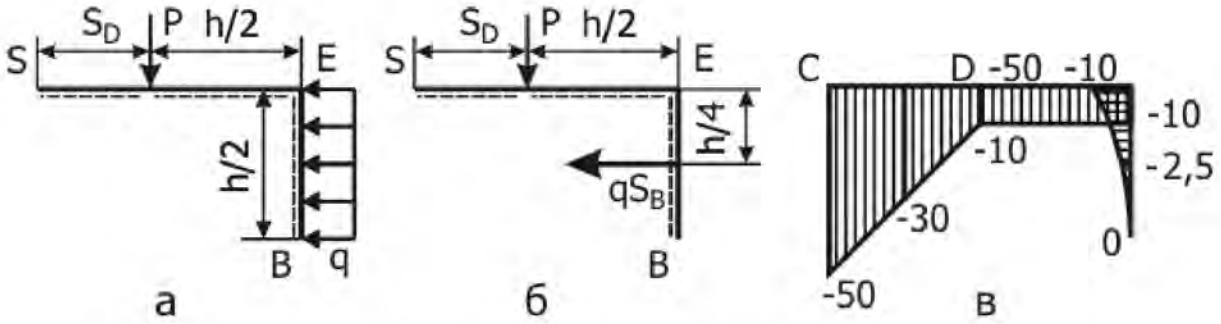


Рис. 9.19 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке DC

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).

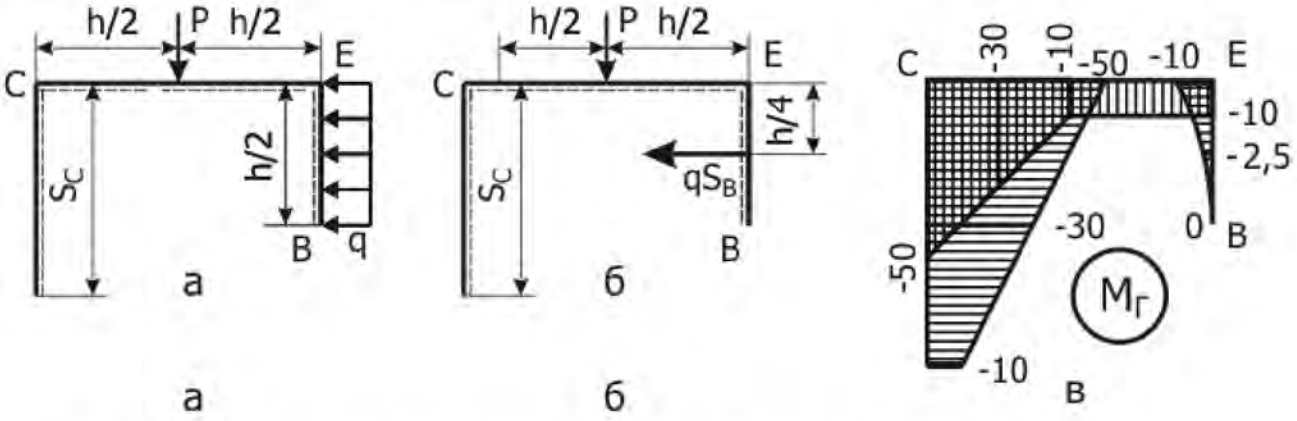


Рис. 9.20 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке AC

4.5. *Аналитические выражения для эпюры* $M_Г$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$M_Г = \begin{cases} qs_B^2/2; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ qh^2/8; & \text{участок } ED \quad 0 \le S_E \le h/2; \\ -pS_D - qh^2/8; & \text{участок } DC \quad 0 \le S_D \le h/2; \\ -p\,h/2 - qh^2/8 + qhs_c; & \text{участок } CA \quad 0 \le S_C \le h/2. \end{cases}$$

5. *Вычисление коэффициентов системы канонических уравнений*

5.1. *Коэффициенты при неизвестных*

Интегралы вычисляем по формуле Симпсона

$$I = \int_0^l f(s)g(s)ds = l/6\left(f(s_н)g(s_н) + 4f(s_c)g(s_c) + f(s_к)g(s_к)\right),$$

где $s_н$, s_c, $s_к$ – 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

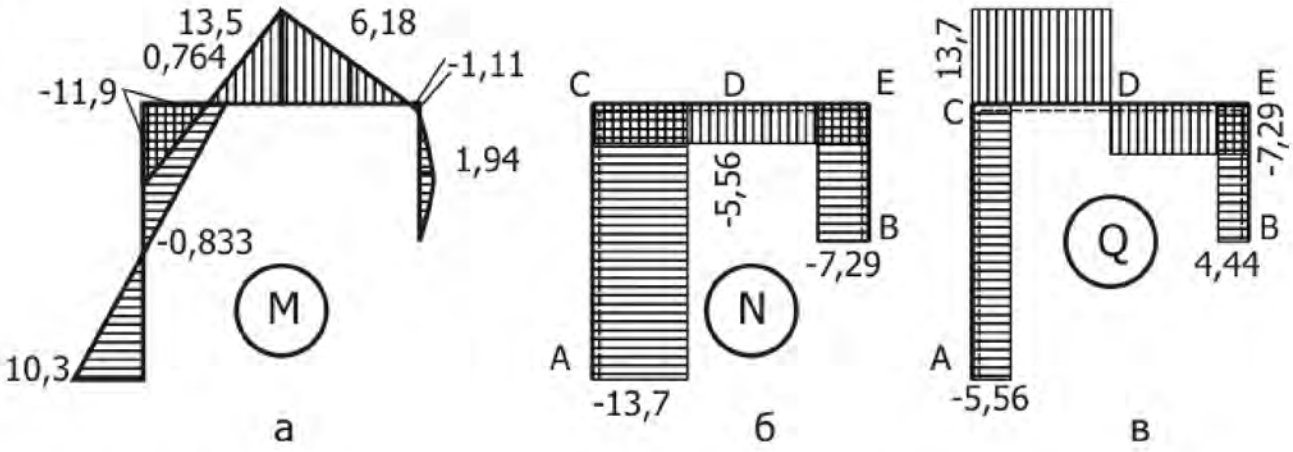


Рис. 9.21 Эпюры момента M, осевой силы N, поперечной силы Q

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»

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.

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.

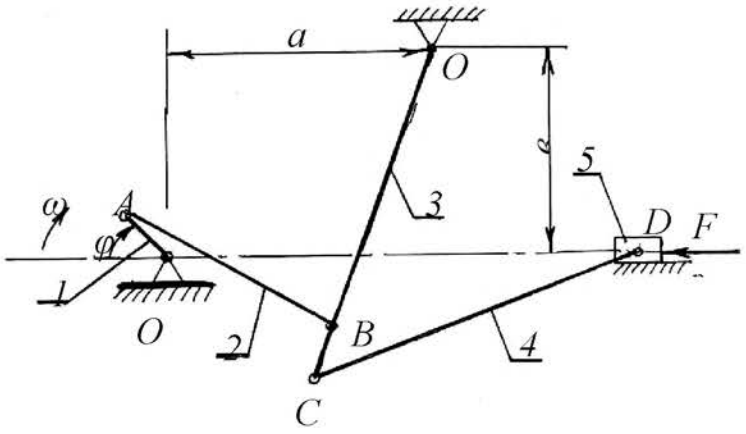
Оформление необходимой документации.

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.

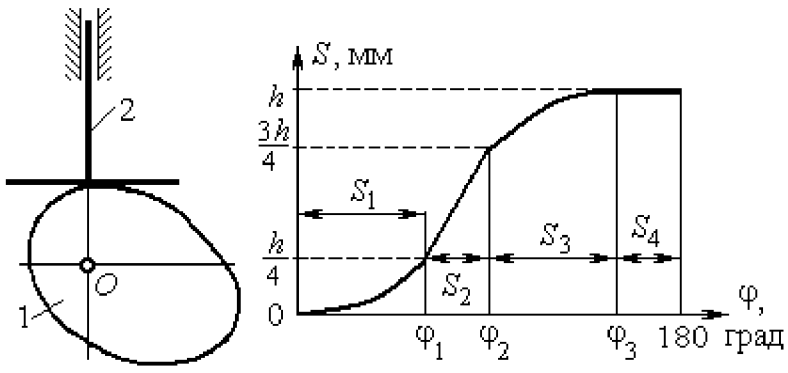


№ варианта	φ - Угол поворота кривошипа, град	*a, мм.*	*в, мм.*	*O_1A, мм.*	*AB, мм.*	*O_2B, мм.*	*O_2C, мм.*	*CD, мм*	Скорость вращения кривошипа, об/мин
1	45	900	700	200	800	1000	1200	1200	190
2	90	900	700	200	800	1000	1200	1200	95
3	235	60	40	100	110	120	100	250	200
4	255	40	60	100	110	120	120	250	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;

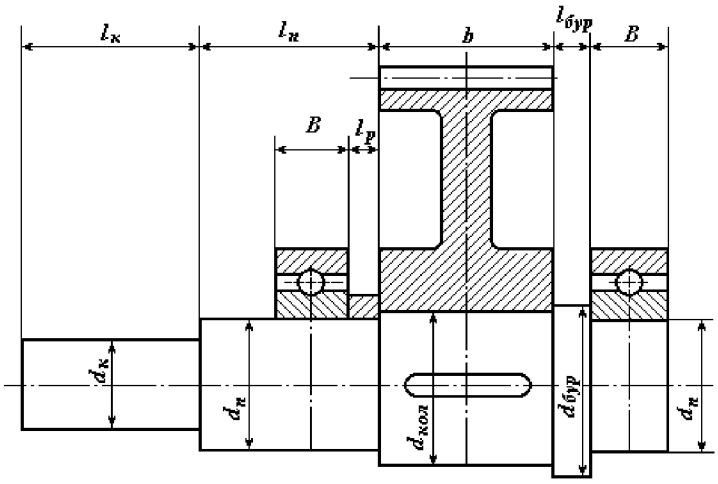
B - ширина подшипника;

$d_{кол}$ - диаметр вала под зубчатым колесом;

b - ширина зубчатого колеса;

$l_{бур}$, $d_{бур}$ - длина и диаметр буртика на валу;

$l_р$ - длина распорной втулки.

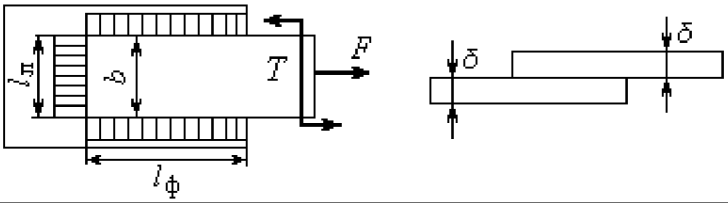


Исходные данные для зубчатой передачи

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.

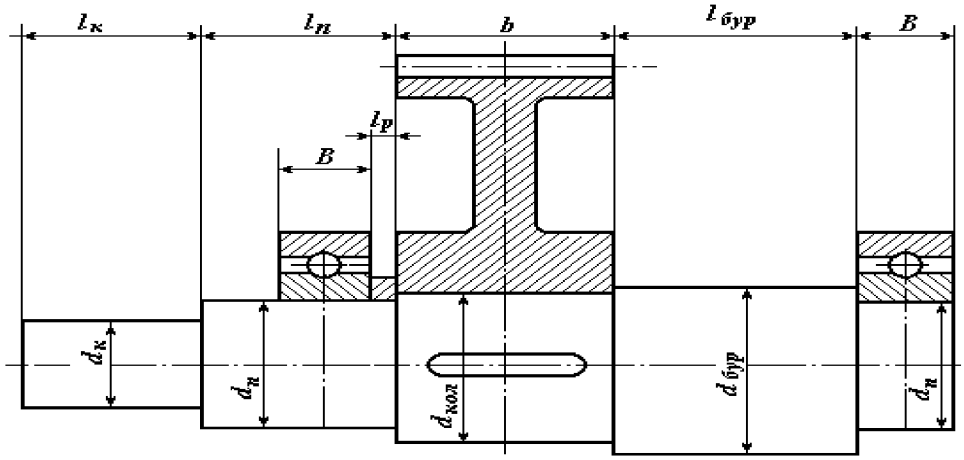


Параметры соединения	Номер задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Материал	Ст5	Ст6	Ст3	Ст6	Ст5	Ст6	Ст3	Ст5	Ст6	Ст3
F, кН	23	26	20	31	27	29	18	25	32	18
T, кНм	8	10	6	10	8	10	12	10	14	8
δ, мм	6	8	10	12	14	16	8	10	12	14
Запас прочн-ти,s	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,4	1,6	1,4	1,5	1,6
Сварка,	РучнЭ 50А	РучнЭ 42	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 σ_B. 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
σ_B, МПа	750	650	700	750	650	700	750	650	650	700

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ГИДРОМЕХАНИКА

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2019

Авторы: Двинин Л.А., доцент, к.т.н., Двинина Л. Б., доцент, к.т.н.

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 p=720 мм рт. ст. в единицах измерения системы СИ.

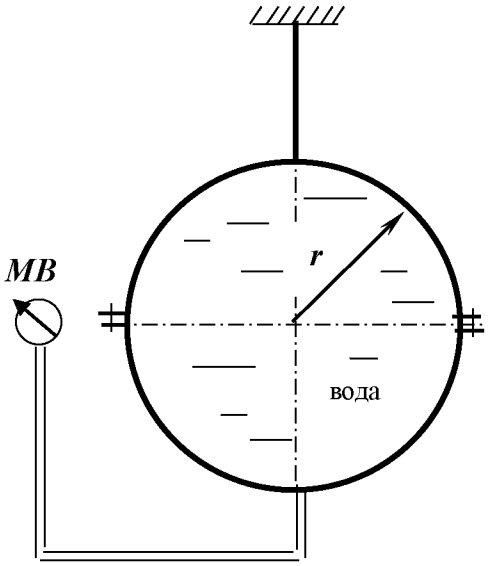
3.Определить какое давление – манометрическое или вакуум – показывает мановакуумметр, если абсолютное давление в измеряемой области равно 68 кПа. Величину давления представить в барах.

4.Определить давление в резервуаре, заполненном водой, на глубине h = 1,2 м, если избыточное давление на поверхности жидкости $p_{изб}$=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.

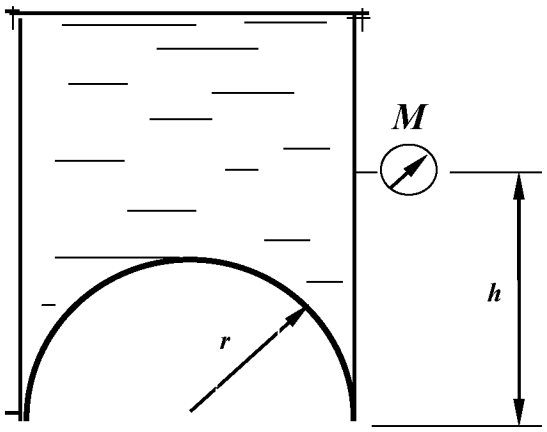
3.Определить абсолютное давление в резервуаре, заполненном воздухом, если показание вакуумметра, установленного на резервуаре, равно $p_{вак}$=0,6 ат.

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).

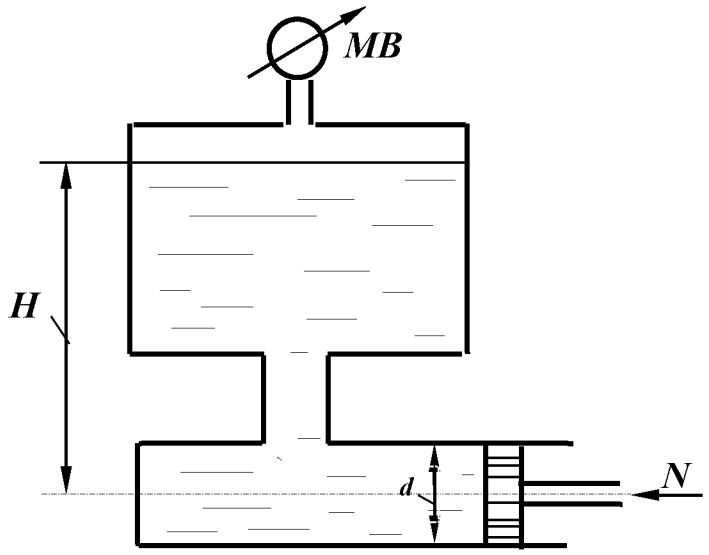
3.Манометрическое давление в измеряемой области равно $p_{ман}$ = 32 кПа. Записать величину абсолютного давления в области измерения.

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 p = 500 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

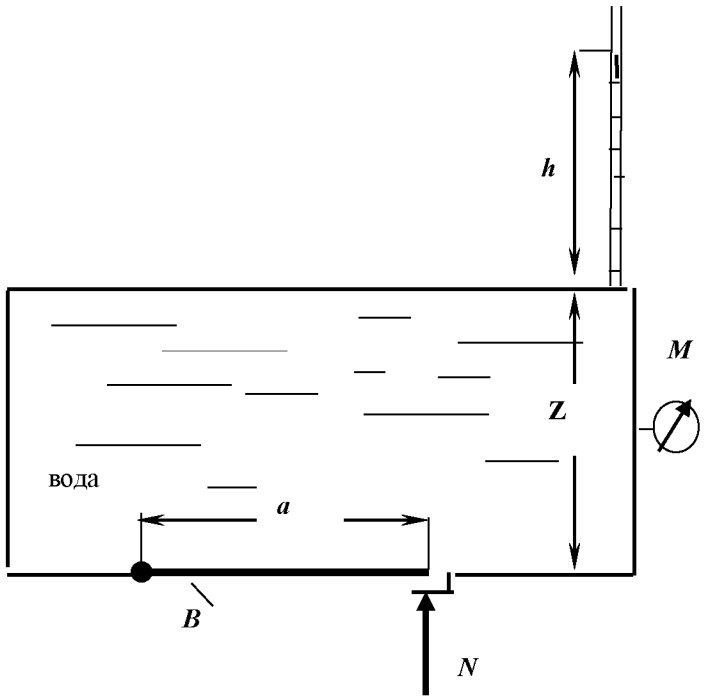
3.Вакуумметрическое давление в измеряемой области равно $p_{вак}$=38 кПа, записать величину абсолютного давления в области измерения.

4.Определить, каким должно быть давление на поверхности масла закрытого резервуара, если показание манометра на глубине h = 0,8 м равно $p_{ман}$= 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 p = 200 мм рт. ст. в Па.

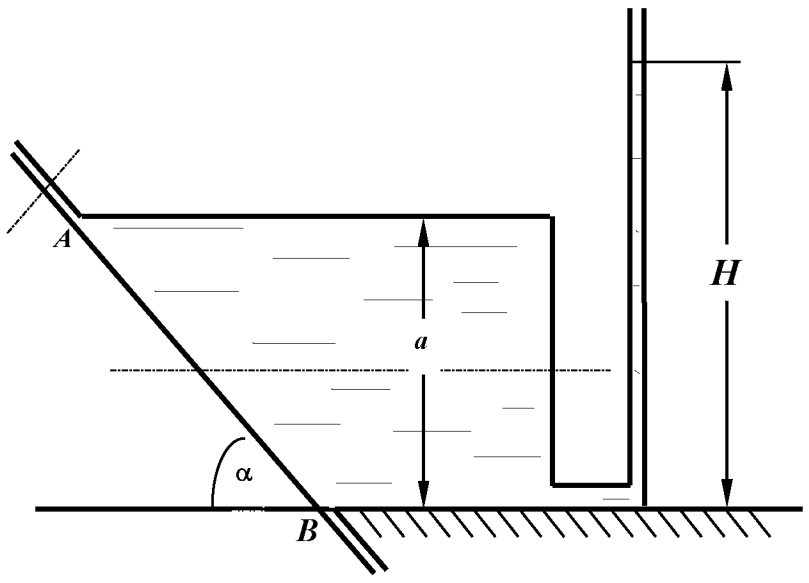
3.Определить, какое давление, манометрическое или вакуум, показывает мановакуумметр и его величину, если абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,8 ат.

4.Определить, каким будет показание мановакуумметра на глубине h = 2,2 м закрытого резервуара, заполненного водой, если на поверхности жидкости действует вакуумметрическое давление $p_{вак}$= 0,1 ат.

5.Дать определение свойства жидкости ***вязкость***.

Задача

Определить силу давления на крышку маслобака AB, если показание пьезометра H = 400 мм, угол наклона крышки α = 45°. В сечении бак имеет форму квадрата со стороной a = 200 мм. Плотность масла $\rho_м$ = 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.

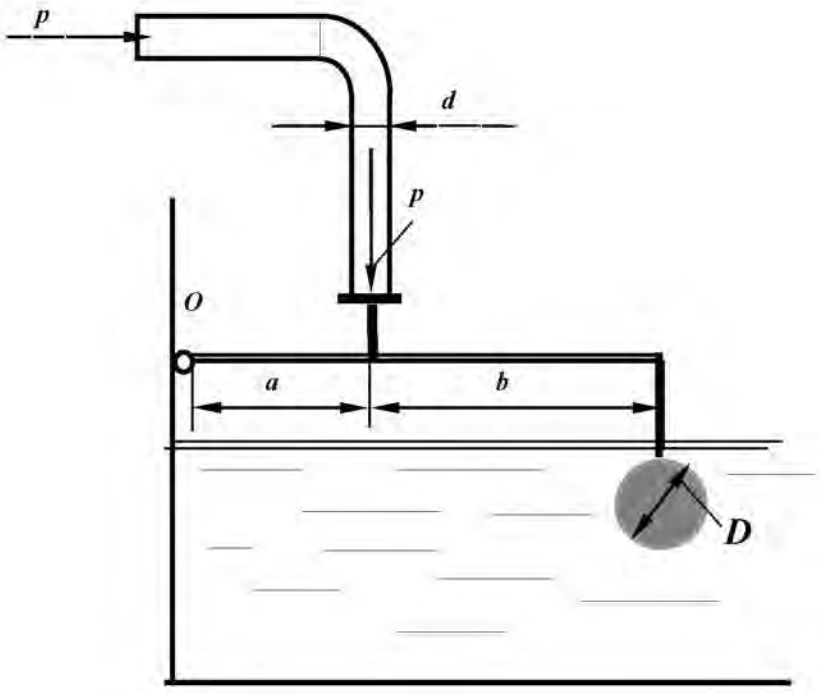
3. Дать понятие абсолютного давления. Записать абсолютное давление при манометрическом давлении $p_{ман}$= 32 кПа.

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.

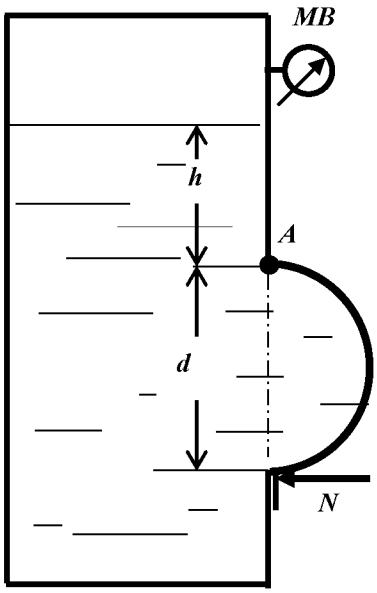
4. Показание манометра на определенной глубине открытого резервуара, заполненного бензином плотностью $\rho_{бен}$= 700 кг/м^3, равно $p_{ман}$= 0,12 ат. Как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить маслом плотностью $\rho_{мас}$= 900 кг/м^3.

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 p =196 кПа в технических атмосферах (ат).

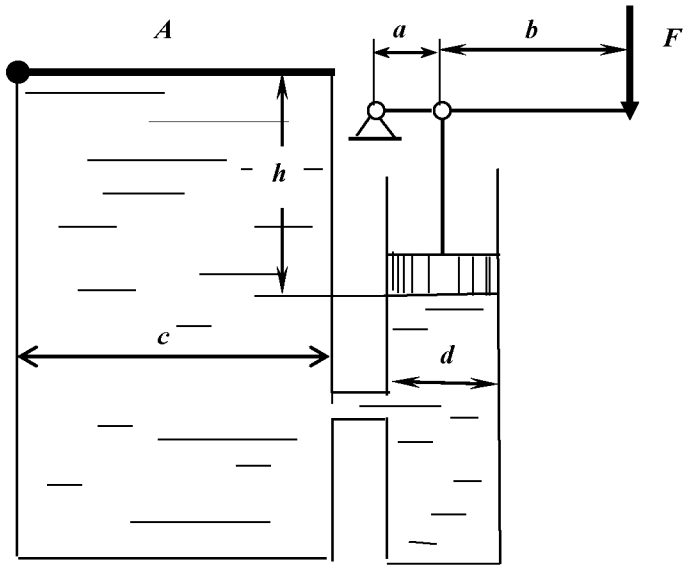
3.Определение абсолютного давления. Чему равно абсолютное давление при манометрическом давлении $p_{ман}$= 62 кПа.

4.Показание манометра, установленного на закрытом резервуаре, заполненном маслом плотностью $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3, равно $p_{ман}$= 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 p = 12 м вод. ст., в единицах измерения системы СИ.

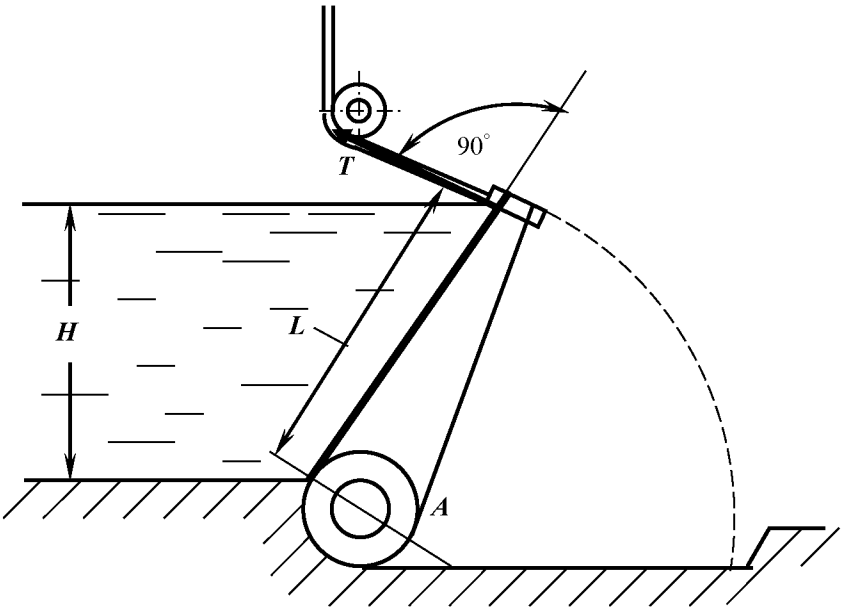
3.Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,38 ат. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления, рассчитать его величину в системе СИ.

4.Определить давление на поверхности жидкости закрытого резервуара, если показание ртутного U- образного манометра, установленного на глубине h = 1,5 м равно p = 100 мм рт.ст.

5.Какой зависимостью выражается гидростатический напор?

Задача

Плоский прямоугольный затвор с размерами L = 2,5 м и B = 10 м создает подпор воды 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.

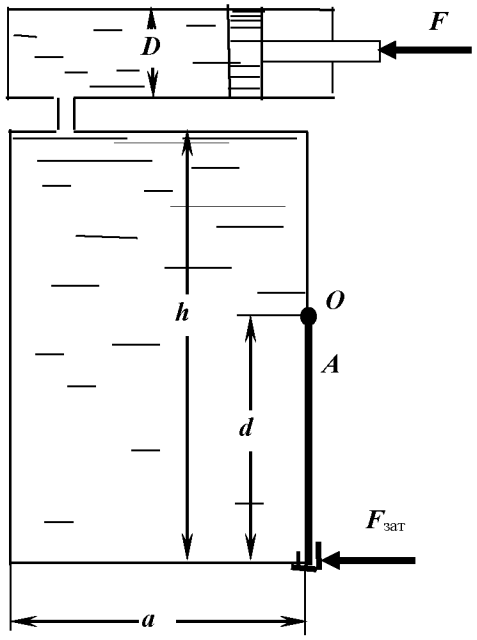
4.Вакуумметрическое давление на поверхности воды в закрытом резервуаре равно $p_{вак}$= 0,6 ат. Установить, каким прибором следует измерить давление на глубине h = 1,5 м и рассчитать его величину.

5.Как расположена линия действия силы избыточного (весового) давления жидкости, действующей на плоскую фигуру любой формы?

Задача

Жидкость в емкости axaxh нагревается на 20°С. 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; β_T=150·10^{-6}1/град; β_p=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.

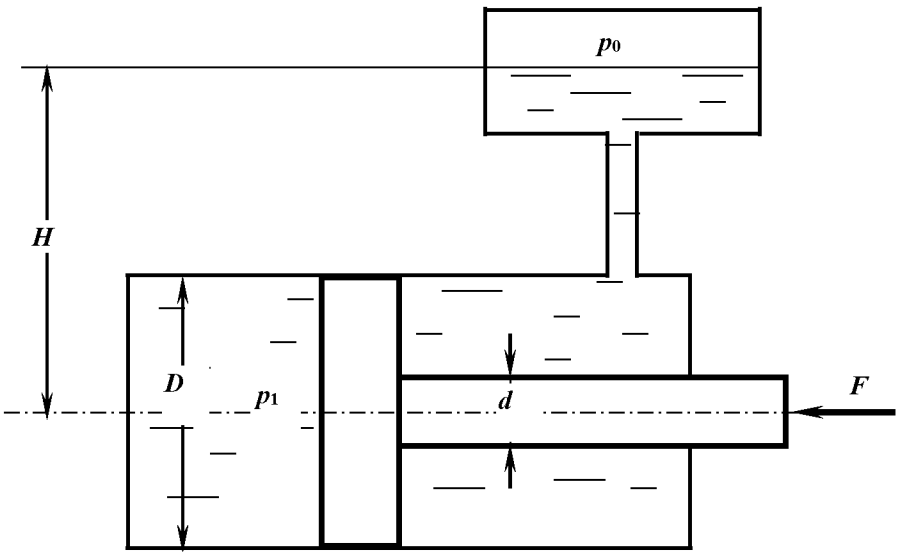
3. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание вакуумметра в этой области $p_{вак}$= 0,6 ат.

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.

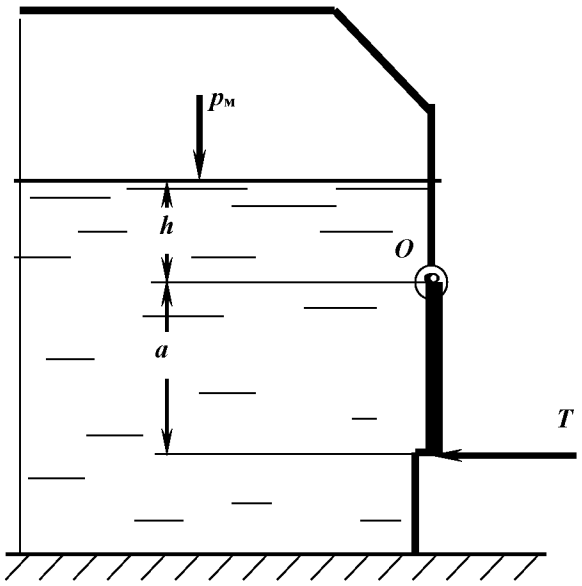
3.Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$ =198 кПа. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления и рассчитать показание этого прибора.

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 p = 300 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

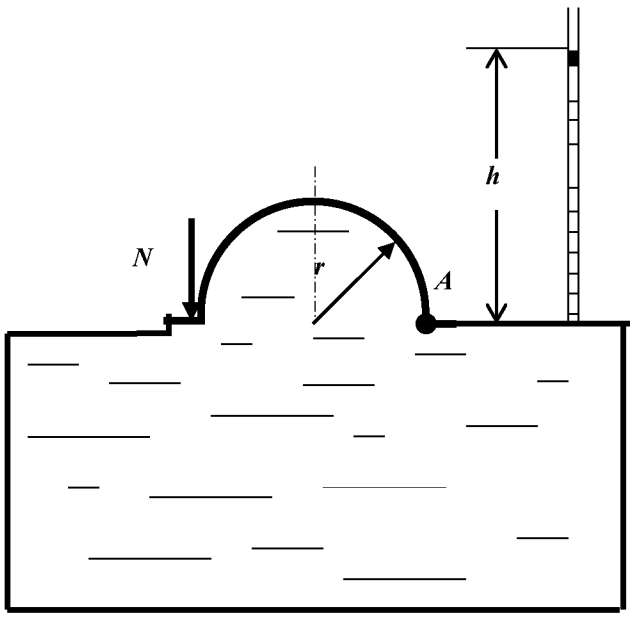
3. Показание манометра в измеряемой области равно $p_{ман}$= 0,12 ат. Представить расчет абсолютного давления в этой области и его величину в системе СИ.

4. В закрытом резервуаре, заполненном бензином, показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман}$= 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: h = 1м, 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.

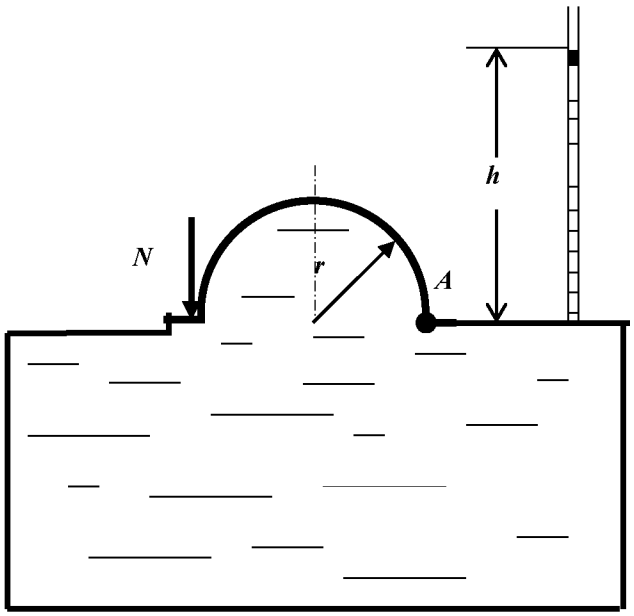
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 68 кПа. Определить, каким будет показание мановакуумметра, установленного в этой области, и величину давления.

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.

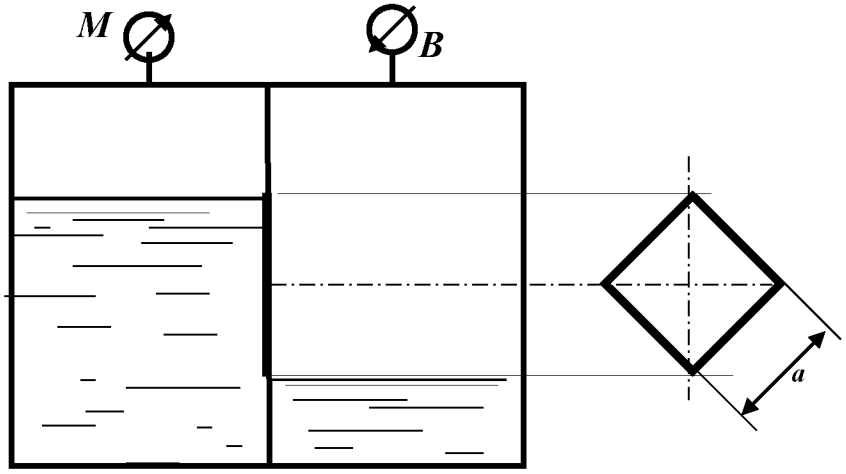
4.В чем физический смысл понятия ***гидростатического давления***.

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.

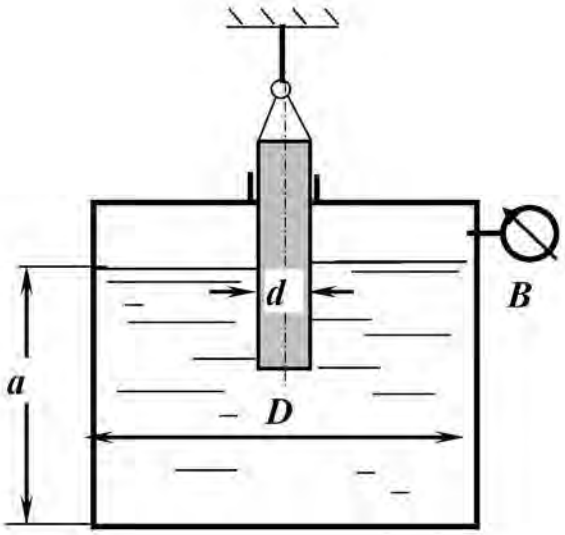
3.В закрытом резервуаре, заполненном спиртом (ρ□= 800 кг/м^3) , показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман}$= 0,07 ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению.

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?

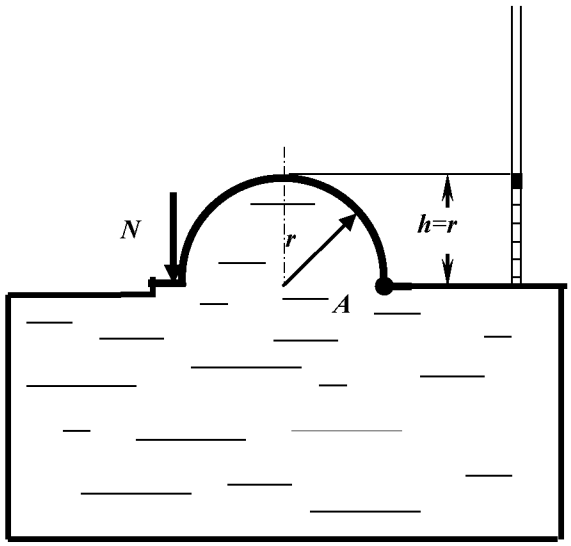
3.Показание манометра на определенной глубине в открытом резервуаре с водой равно $p_{ман}$=0,34 ат. Определить, как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить нефтью плотностью $\rho_м$= 840 кг/м^3.

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 p = 15 м вод. ст., в единицах измерения системы СИ.

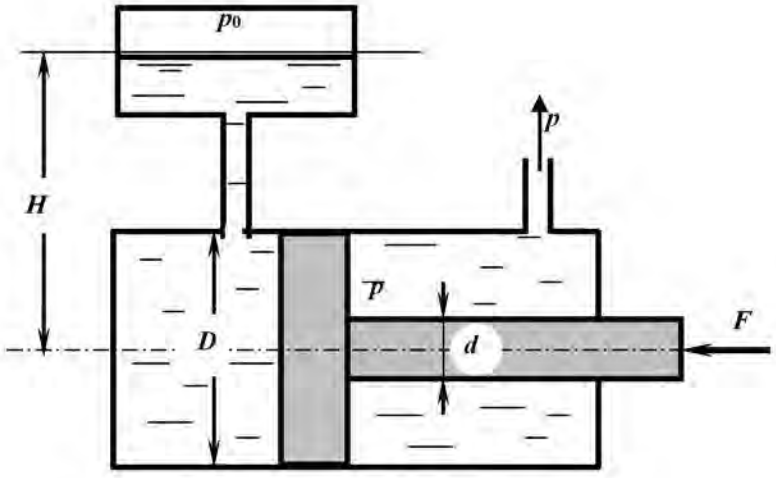
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,5 ат. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления, определить показание прибора и его величину в системе СИ.

4. Определить давление на поверхности воды в закрытом резервуаре, если показание ртутного U- образного манометра, установленного на глубине h = 1,5 м равно p = 100 мм рт.ст.

5. Какой зависимостью выражается ***гидростатический закон распределения давления***?

Задача

Определить давление p в правой полости гидроцилиндра, заполненного маслом Индустриальное 20 (ρ = 890 кг/м^3), если сила, действующая на шток поршня (D = 200 мм, d = 50 мм), равна F = 5 кН, избыточное давление на поверхности жидкости p_o= 1,4 ат, 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.

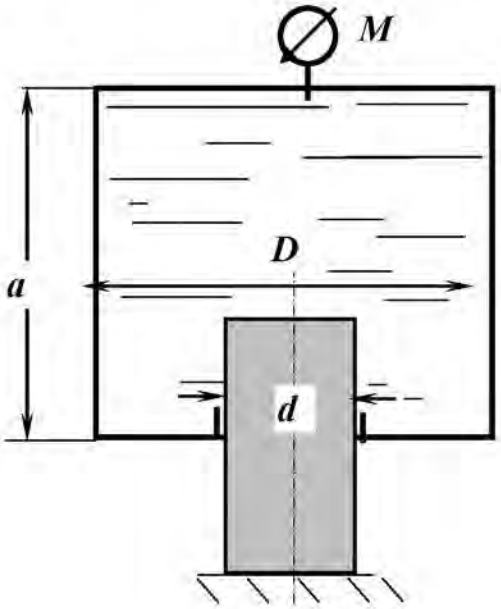
3.Определить показание механического вакуумметра, установленного на воздушном резервуаре, если показание ртутного вакуумметра, присоединенного к тому же резервуару, составляет 0,2 м.

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 ($\rho = 700$ кг/м^3), показание манометра на некоторой глубине составляет $p_{ман} = 0{,}14$ ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению.

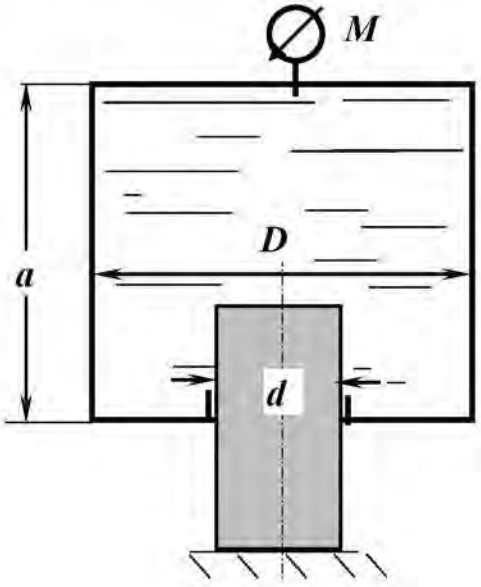
3. В закрытом резервуаре, заполненном водой, показание манометра на глубине $h = 3$ м равно $p_{ман} = 0{,}6$ ат. Определить абсолютное давление на поверхности жидкости.

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.

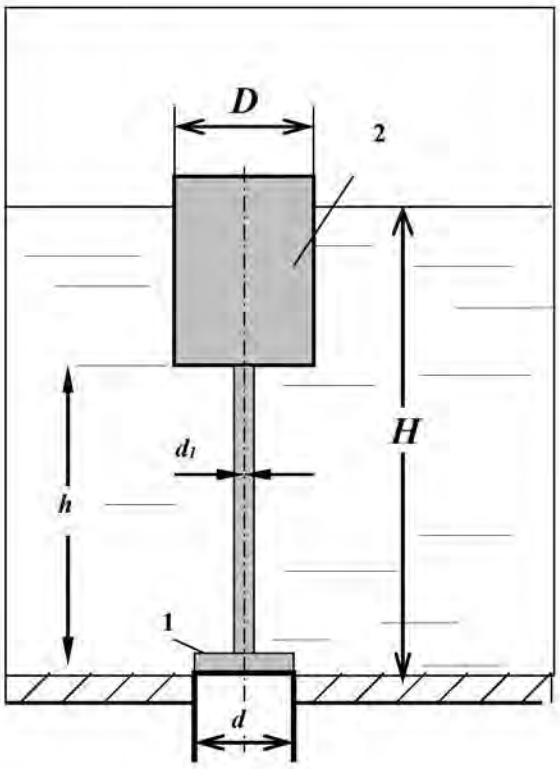
3. Представить давление p = 4,2 бар в единицах измерения системы СИ.

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.

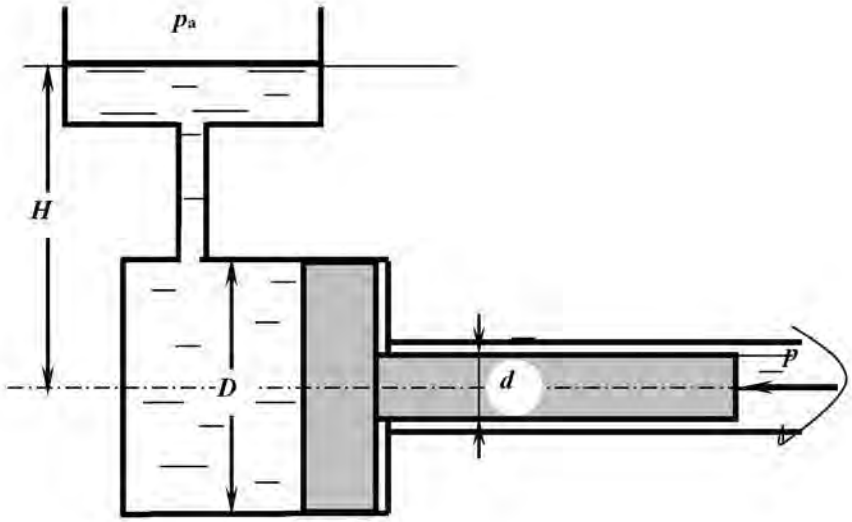
3.Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости; пояснить параметры, входящие в уравнения.

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***.

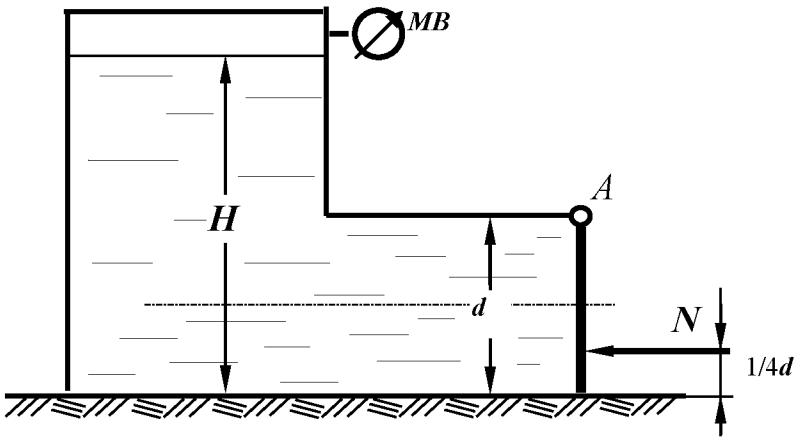
3.Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание манометра в этой области равно $p_{ман}$= 2,8 ат.

4.Вакуумметрическое давление на поверхности воды в закрытом резервуаре равно $p_{вак}$= 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.

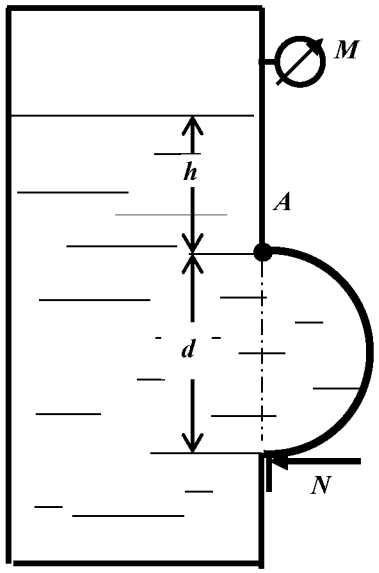
4.Эпюры гидростатического давления, примеры построения.

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.

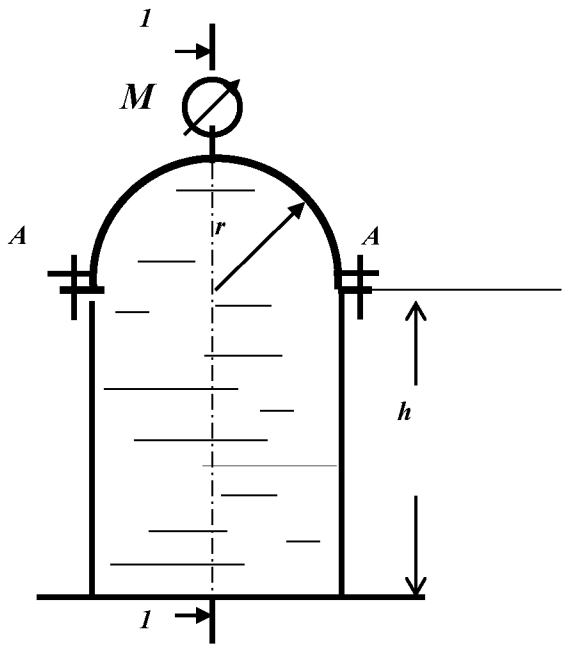
3. Сопоставить формулы силы давления жидкости на плоскую стенку и горизонтальной составляющей силы давления на криволинейную поверхность. В чем их аналогия и различия?

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_M =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.

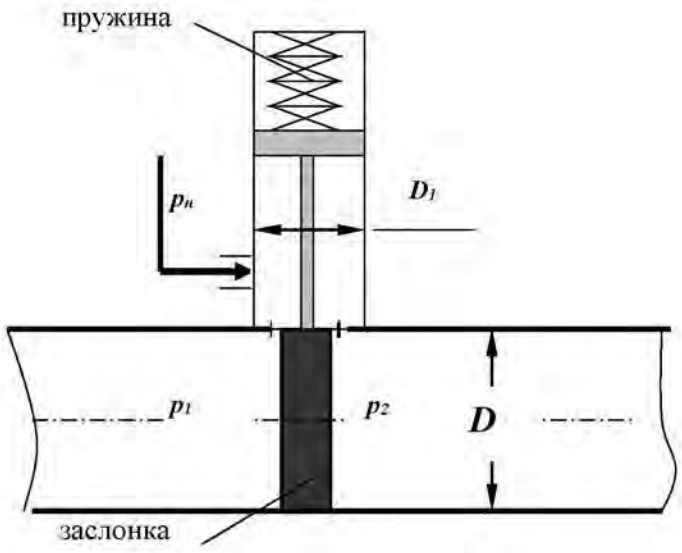
3. Что такое поверхность равного давления? Каковы ее свойства? Что представляет собой поверхность равного давления в случае равновесия жидкости под действием одной силы тяжести?

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.

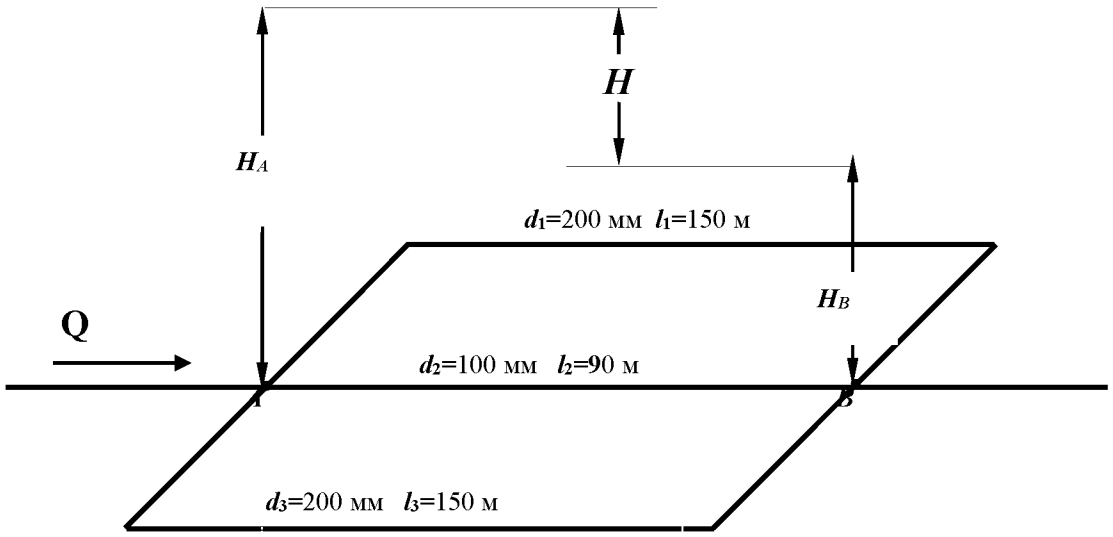
3. Рассчитать коэффициент сопротивления вентиля $\zeta_{вент}$, если потери напора в нем составляют $h_{вент}$= 0,25 м при скорости V= 0,5 м/с.

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 ν = 0,7x10^{-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.

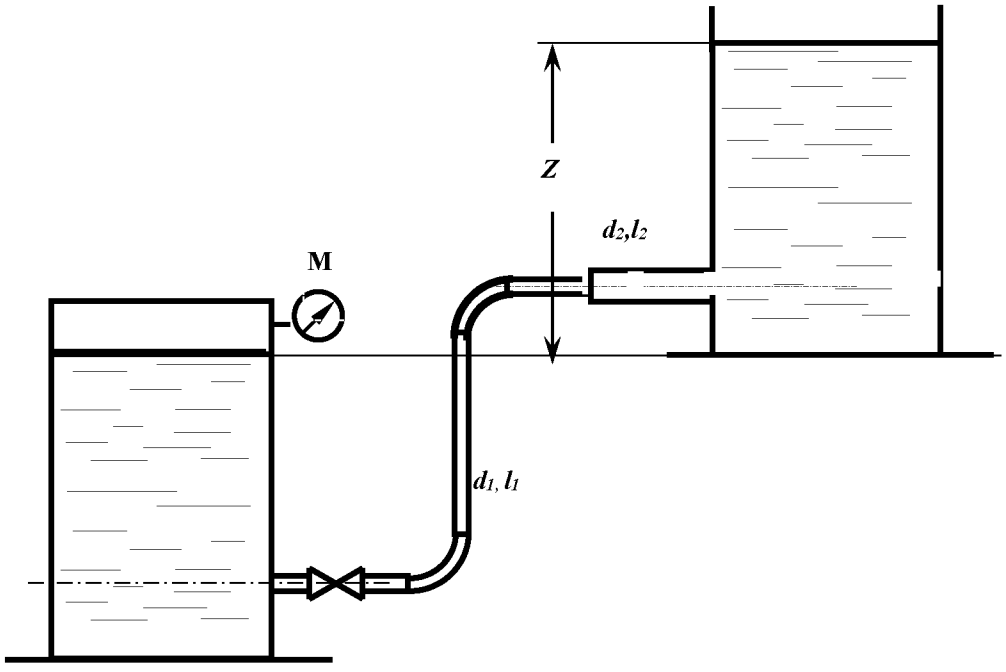
3.Геометрический смысл уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Диаграмма уравнения.

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°.



№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.

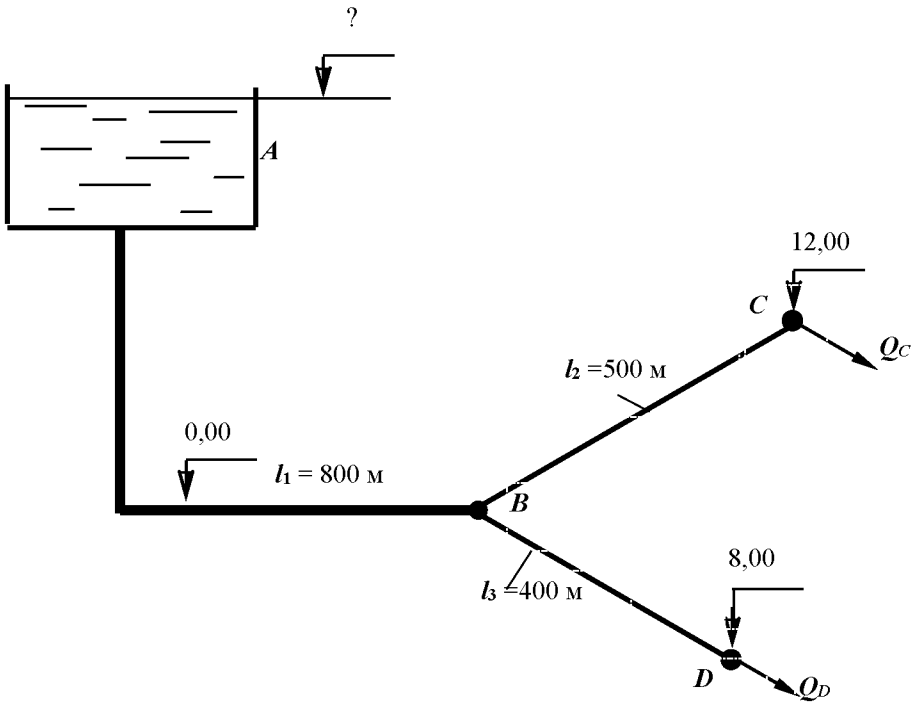
4.Какие гидравлические сопротивления называются местными? Привести расчетную формулу определения потерь напора в местных сопротивлениях.

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 Q_C=11 л/с, другая -к пункту ***D***, где потребляется Q_D =95 л/с. Определить диаметры каждого участка и отметку уровня воды в баке, при условии, что $V \leq$ 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.

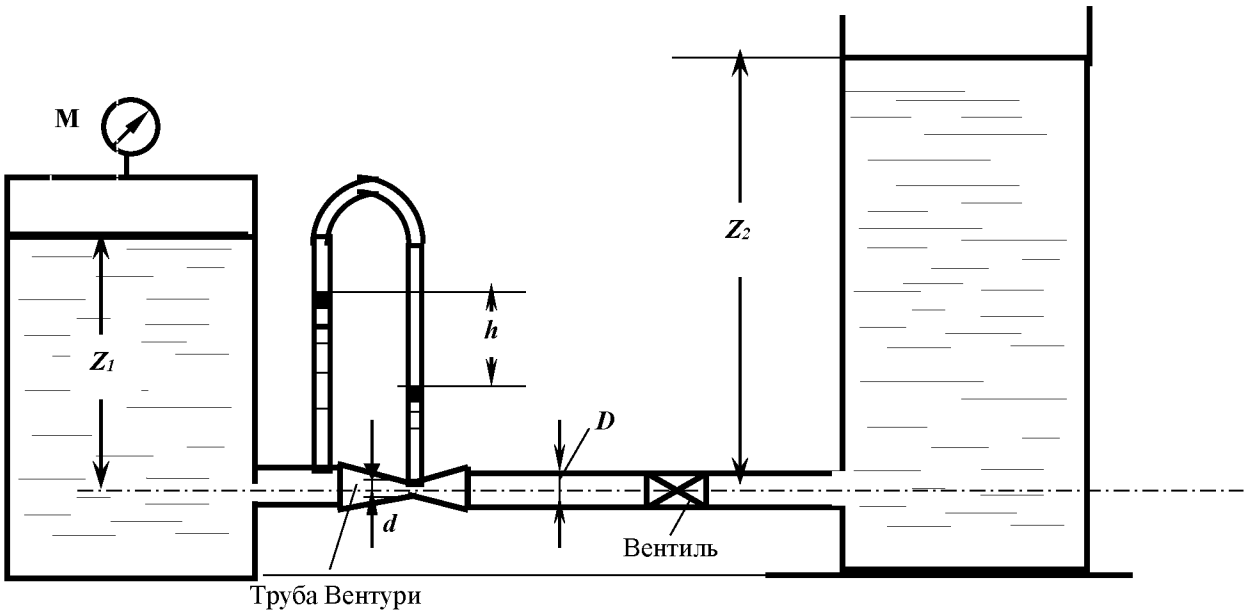
3.Каким прибором определяется полный напор в точке потока жидкости? Начертить схему прибора.

4.Какие внешние факторы вызывают потери напора по длине? Записать расчетные зависимости для определения этих потерь.

5.Определить режим движения жидкости в трубе диаметром d = 50 мм при расходе **Q** = 1,2 л/с, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

В трубопроводе диаметром D = 100 мм длиной l = 100 м установлен расходомер Вентури с модулем $d^2/D^2 = 0{,}3$.Определить расход воды Q по перепаду уровней жидкости в дифманометре h = 0,5 м. Определить избыточное давление на поверхности жидкости в баке, под действием которого происходит движение при следующих данных: Z_1 = 2 м, 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.

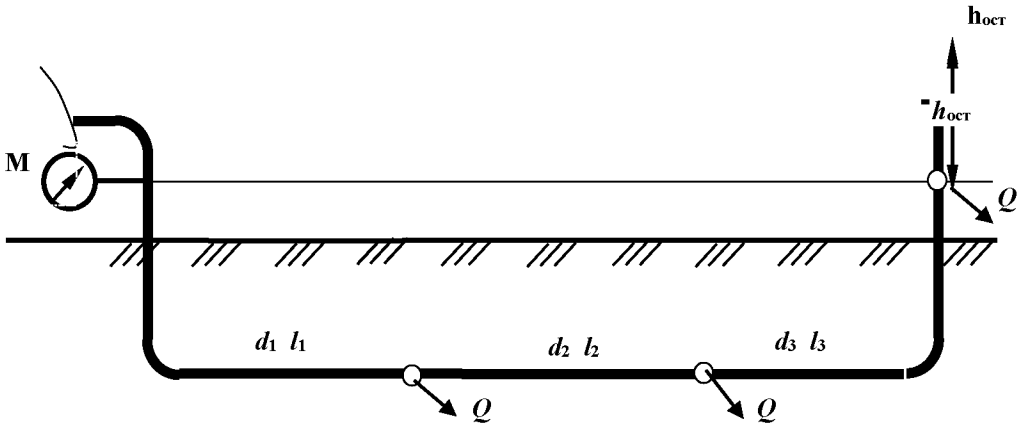
3.Представить уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения. Дать пояснение всех параметров, входящих в уравнение.

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_M = 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.

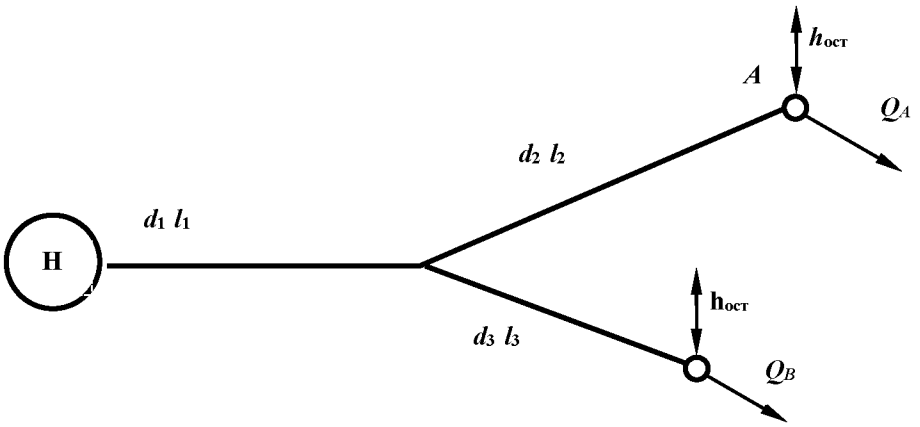
3. Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, построить диаграмму уравнения, пояснить параметры, входящие в уравнение.

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.

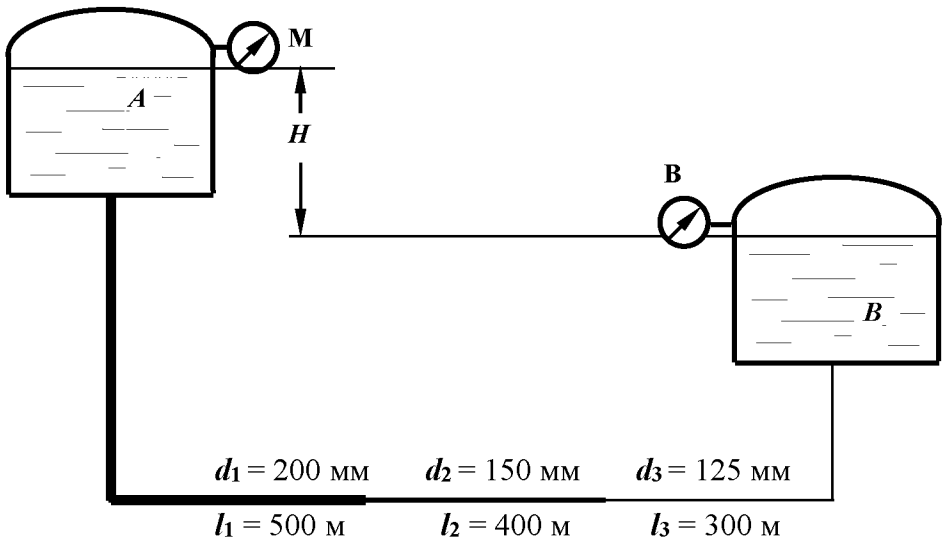
3.Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

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?

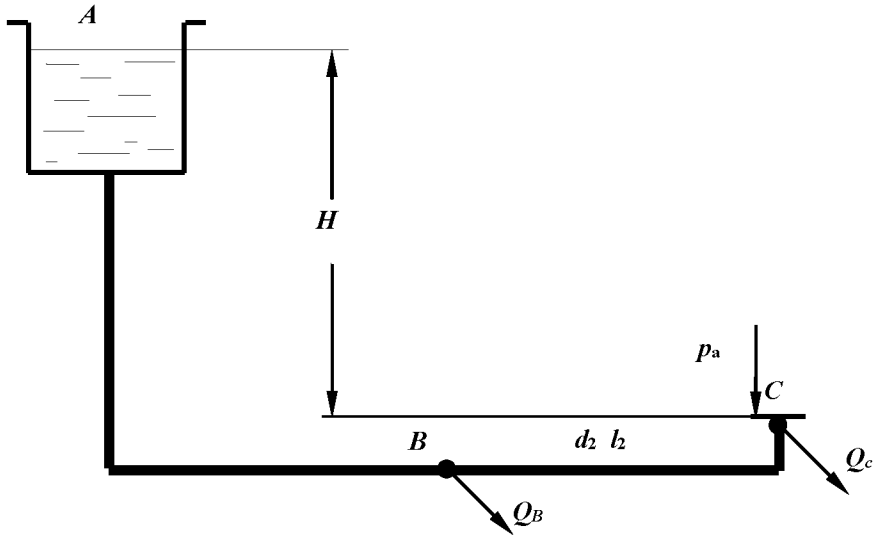
3.Построить диаграмму уравнения Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости; пояснить геометрический смысл уравнения.

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?

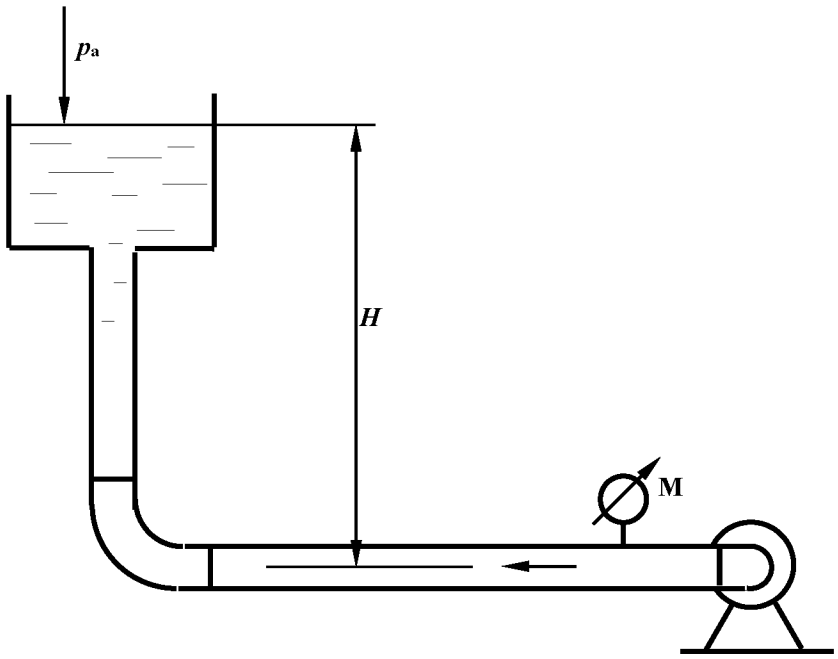
3.Рассчитать при каком значении коэффициента сопротивления пробкового крана $\zeta_{кр}$ будет обеспечен расход **Q** = 1 л/с в трубе диаметром ***d*** = 50 мм, если величина потерь напора в кране составляет $h_{кр}$= 25 см.

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.

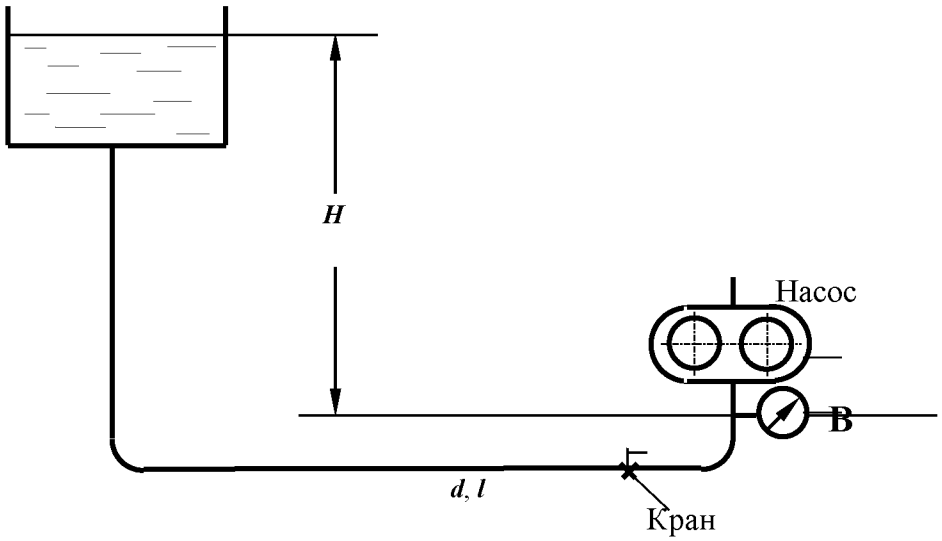
3.Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение, исходя из геометрической интерпретации уравнения.

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, $\nu = 38 \cdot 10^{-6}$ 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 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 V =0,8 м/с, а коэффициент сопротивления пробкового крана равен $\zeta_{кр}$= 7,0.

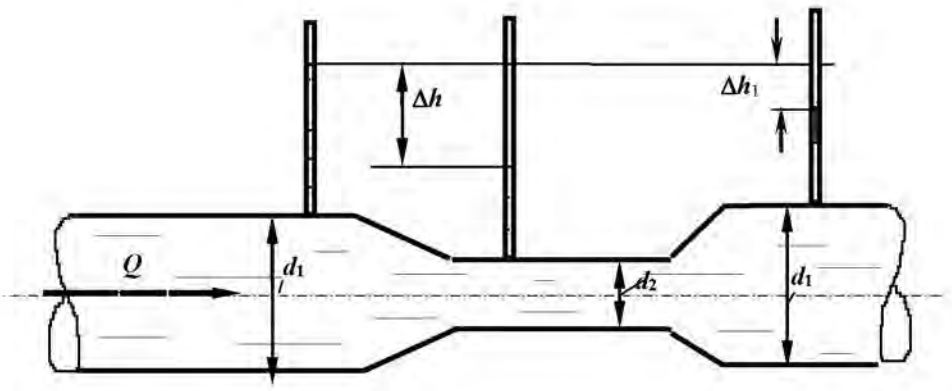
5.Определить, каким должно быть давление в начале трубы для транспортирования воды, если длина участка составляет L = 150 м, диаметр d = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм, показание манометра в конце участка p = 0,7 ат, пропускная способность трубы равна Q = 6,3 л/с, кинематической коэффициент вязкости жидкости ν = 10^{-6} м^2/с.

Задача

Определить разность показаний пьезометров Δh, установленных на водомере Вентури с диаметрами d_1 = 100 мм, d_2 = 50 мм, если расход воды равен Q = 3 л/с.

Потерями напора в водомере пренебречь, коэффициент Кориолиса α принять равным 1.

Найти также Δh_1 для случая учета сопротивления трубы Вентури , если принять $\zeta_{Вентури}$= 0,5.



№12

1.Каким должен быть коэффициент сопротивления вентиля, чтобы при пропускной способности трубопровода Q = 2,5 л/с потери напора в вентиле составили $h_{вент}$= 32 см. Диаметр трубопровода равен 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.

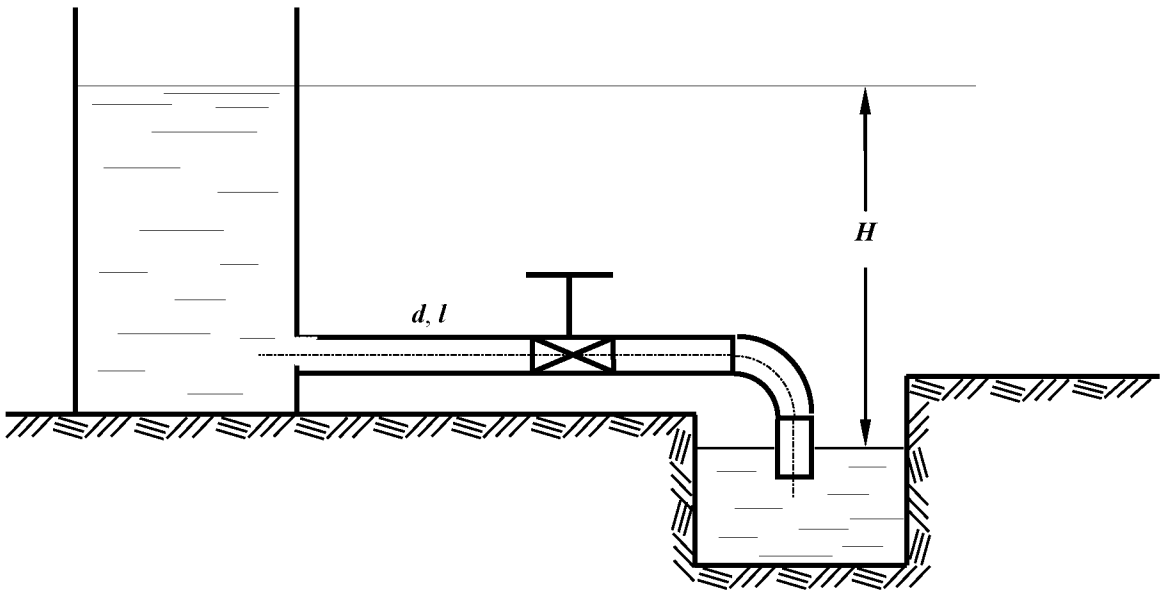
4.Разность показаний пьезометров, установленных на расстоянии L = 5 м в горизонтальной водопроводной трубе диаметром d = 50 мм, равна 30 см. Определить коэффициент гидравлического трения (λ), если расход воды составляет Q = 2,5 л/с.

5.Что такое квадратичная область сопротивления?

Задача

Определить, какой должна быть разность уровней трансформаторного масла в резервуаре и отстойнике, чтобы по трубе диаметром d = 50 мм и длиной l = 25 м проходил расход 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.

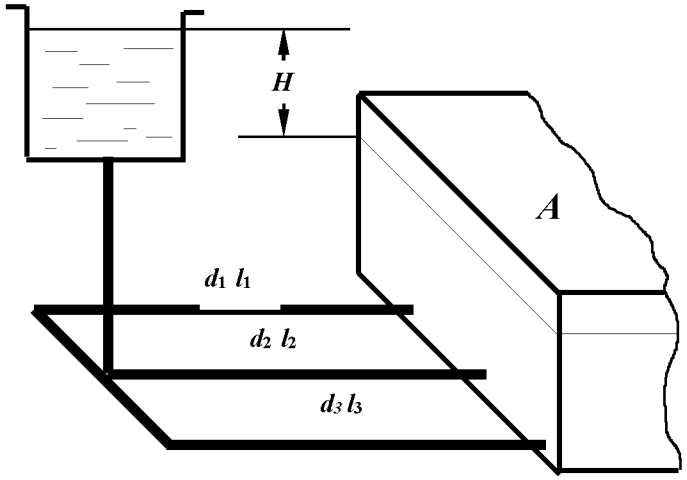
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке реальной жидкости. Записать уравнения.

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.

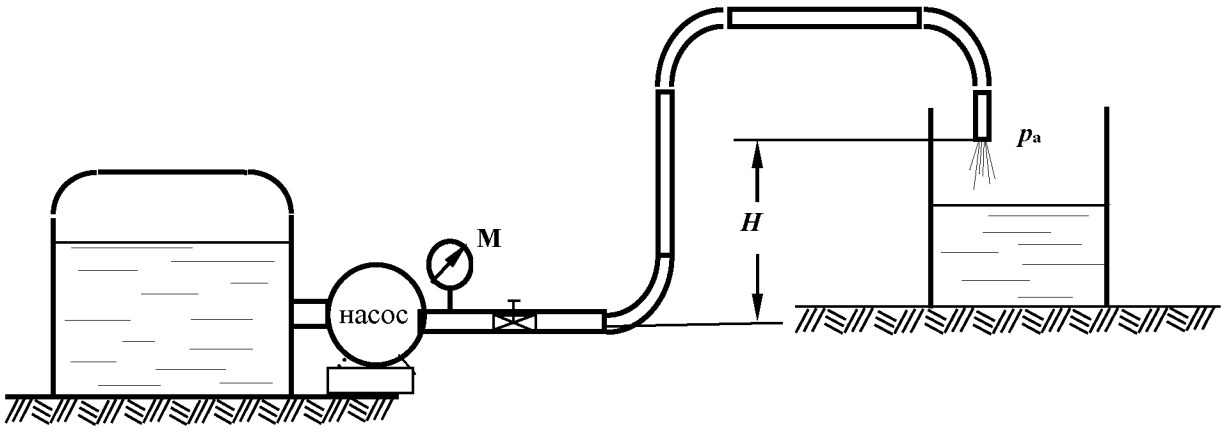
3.Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости. Дать пояснения параметров, входящих в уравнение, учитывая его геометрическую интерпретацию. Построить диаграмму уравнения.

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 $\nu = 3{,}0\cdot10^{-6}$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.

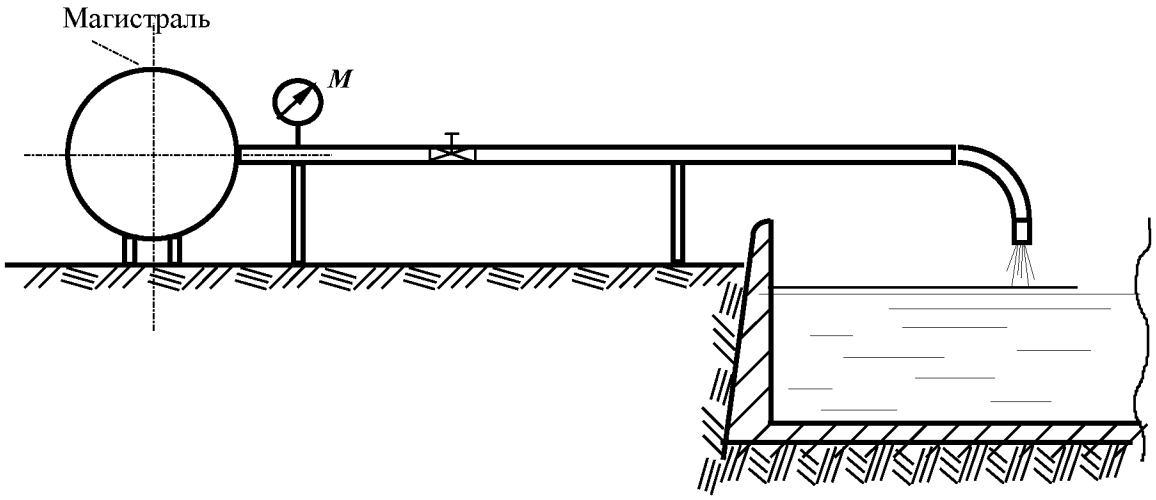
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки реальной жидкости к целому потоку? Записать уравнения.

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 u =1,0 м/с.

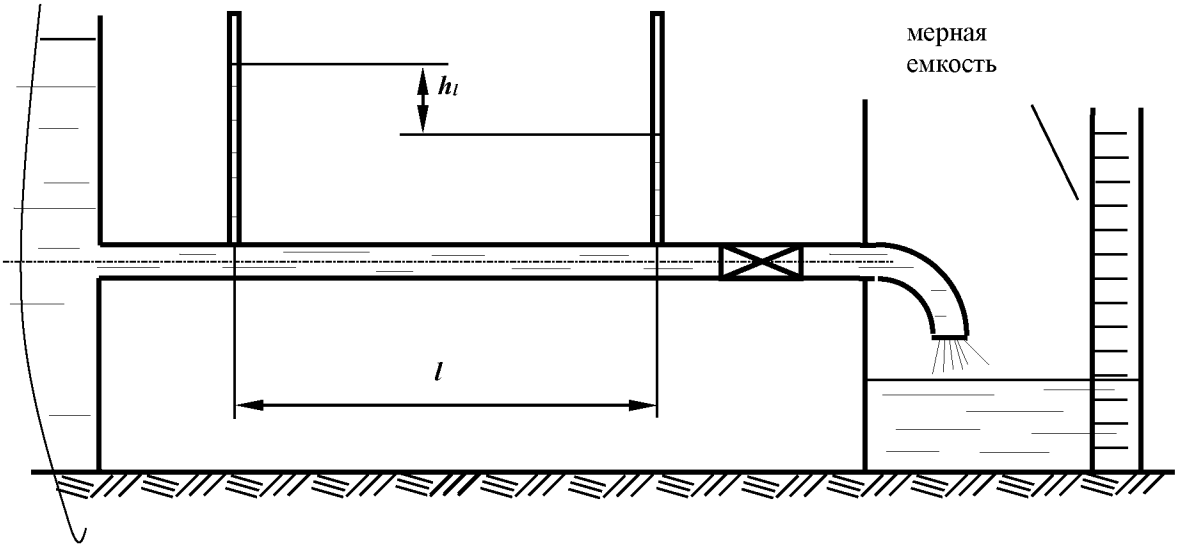
3. Чем отличается уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости от уравнения для элементарной струйки реальной жидкости? Начертить диаграммы для каждого случая.

4. Рассчитать критическую скорость для потока нефти в трубе диаметром d =150 мм, если коэффициент кинематической вязкости нефти равен $\nu = 1{,}4 \times 10^{-4}$ м^2/с.

5. Определить давление в конце водопроводной трубы длиной L = 150м, 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 разность показаний пьезометров, выведенных на расстоянии l = 20 м на стальной трубе диаметром d = 50 мм с эквивалентной шероховатостью $\Delta_э$ = 0,5 мм, если за 30 сек. в мерную емкость набирается 50 литров воды. Кинематический коэффициент вязкости воды равен $\nu = 0{,}0115 \cdot 10^{-4}$ 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.

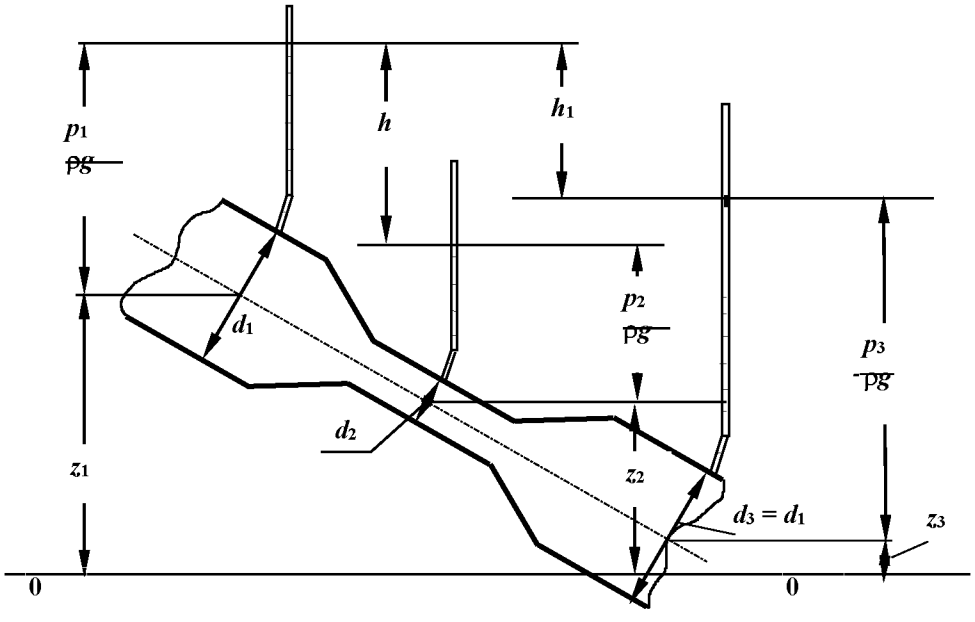
3.Рассчитать скорость по оси потока, если разность показаний трубки Пито, установленной в центре сечения, и пьезометра в этом же сечении равно 10 см. Нарисовать схему установки приборов.

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.

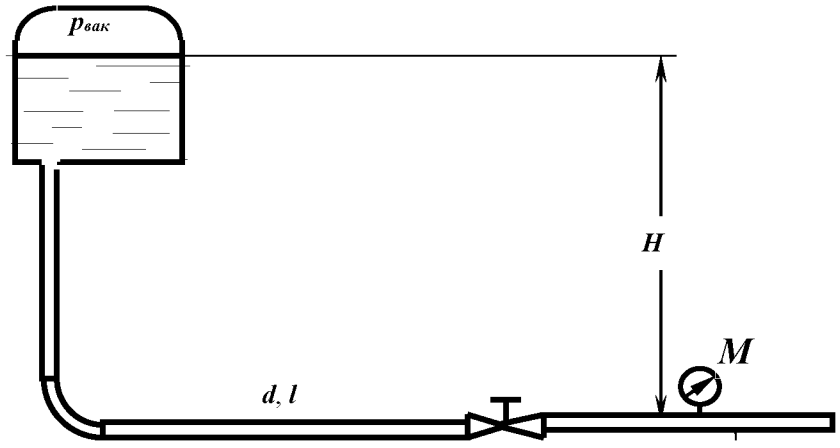
3.Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения, пояснить энергетический смысл членов уравнения.

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 Q = 2,4 л/с при скорости V = 1,1 м/с.

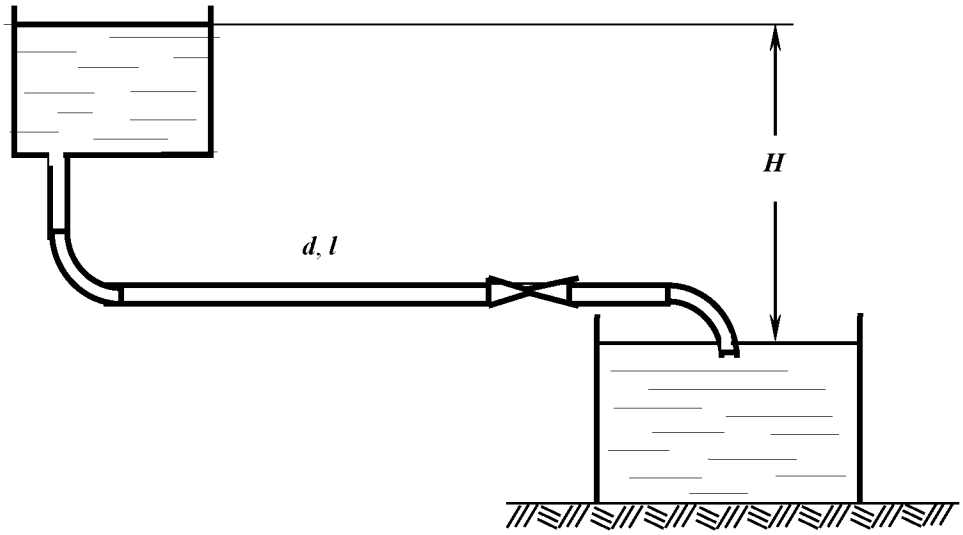
3.Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение, исходя из геометрической интерпретации уравнения.

4.Определить разность показаний пьезометров, установленных на горизонтальной трубе d = 50 мм на расстоянии L = 5 м при расходе Q = 3,14 л/с; коэффициент Дарси принять равным 0,04.

5.Определить режим движения воды и нефти в трубе диаметром d = 10 см при скорости движения 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 l = 10 м и диаметром d = 50 мм под напором 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.

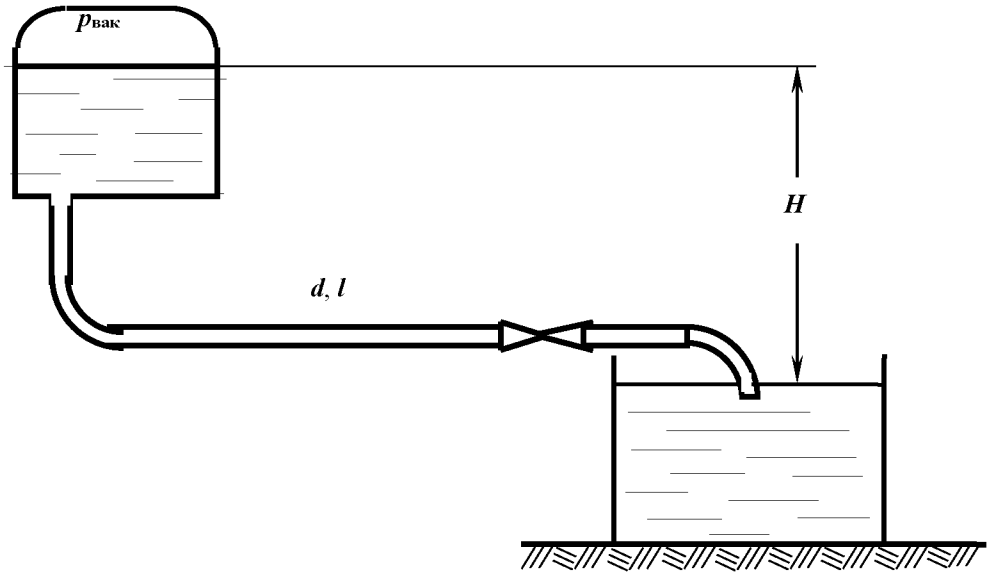
3.Каков геометрический и энергетический смысл каждого члена уравнения Бернулли в отдельности и всего уравнения в целом?

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?

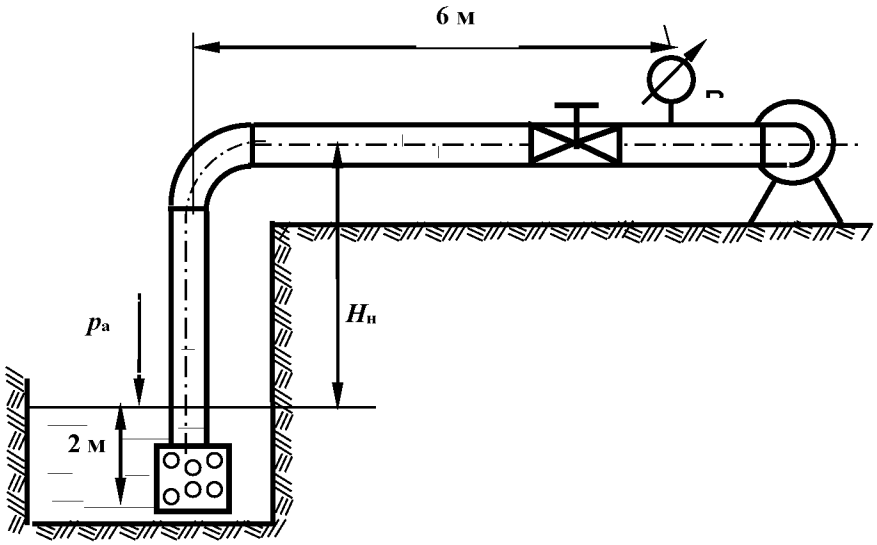
3.Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения, пояснить энергетический смысл членов уравнения

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(

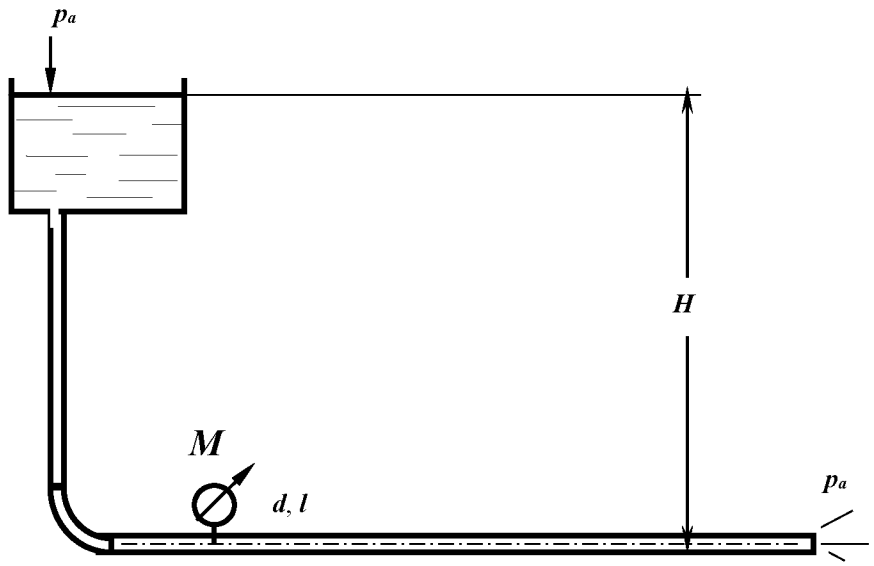
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке вязкой жидкости? Как изменится диаграмма уравнения?

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?

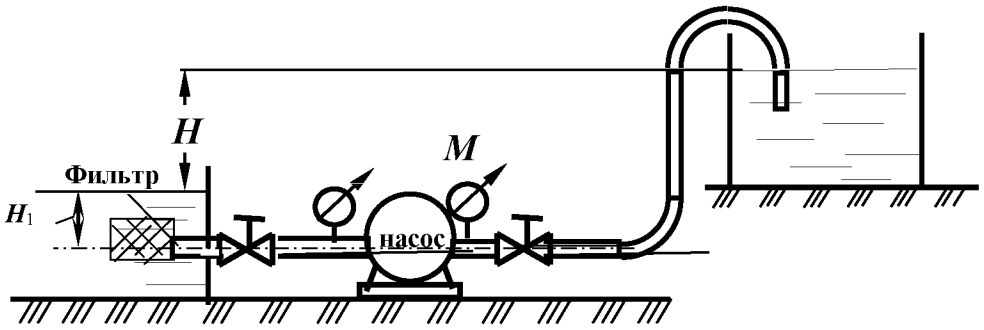
3.В каком смысле следует понимать определение ***потери энергии,*** учитывая, что уравнение Бернулли – закон сохранения энергии при движении жидкости? Может ли потерянная энергия снова перейти в механическую энергию движущегося потока?

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?

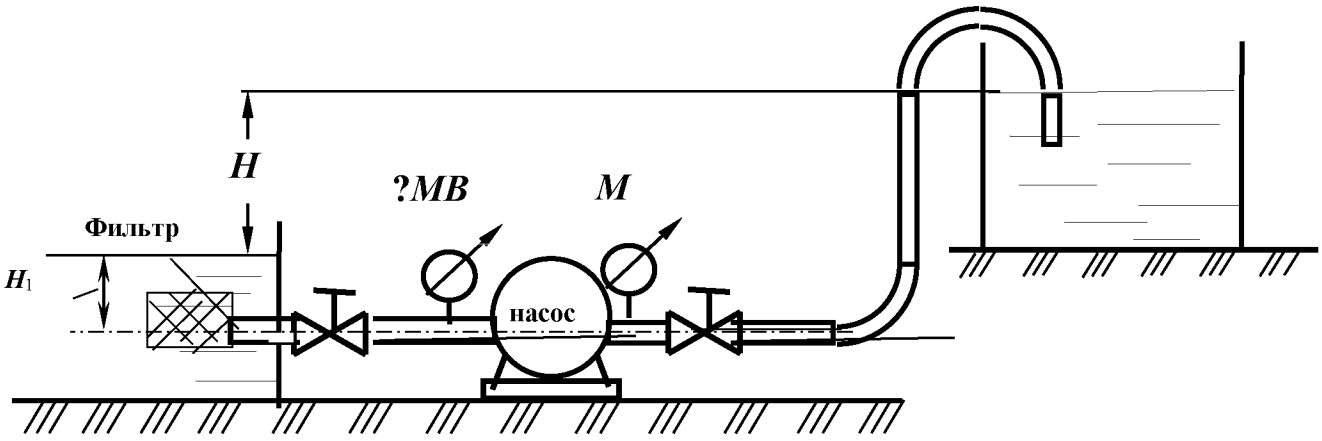
3.Как изменится расход воды в новой стальной трубе диаметром d = 100 мм и длиной L = 100 м, если потери напора составляют 0,5 м, а температура воды изменилась от 5° до 20°С?

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?

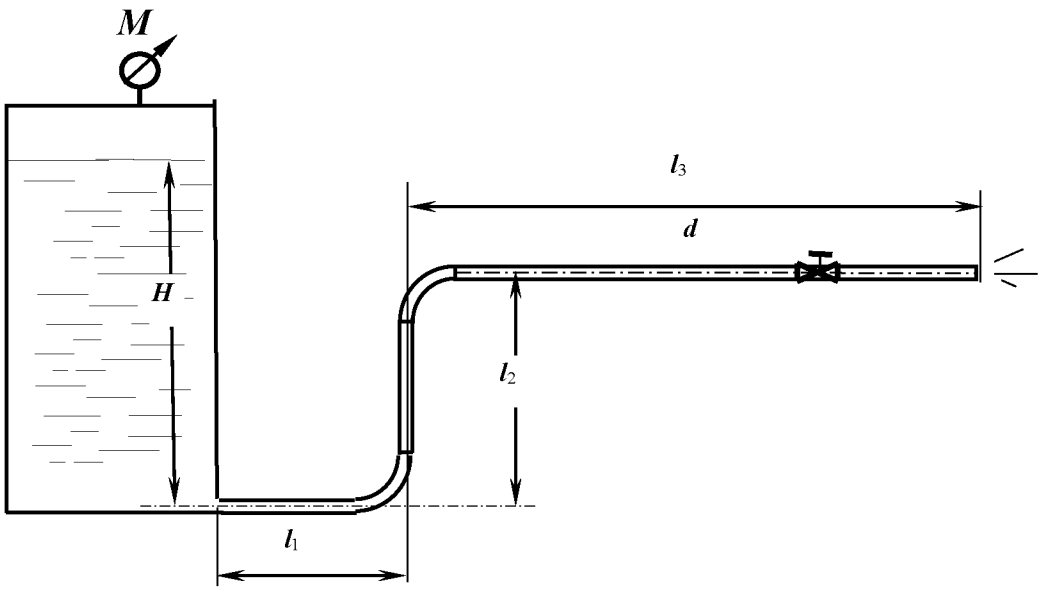
3.Определить давление в начале трубопровода диаметром d = 150 мм и длиной L = 10 км, при подаче жидкости с плотностью ρ = 880 кг/м^3 и вязкостью ν = 1,09 Ст при весовом расходе **G** =12000 Н/сутки. Конечная точка трубопровода лежит выше начальной на 100 м, а давление в конце трубопровода p_2 =1,5 ати.

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.

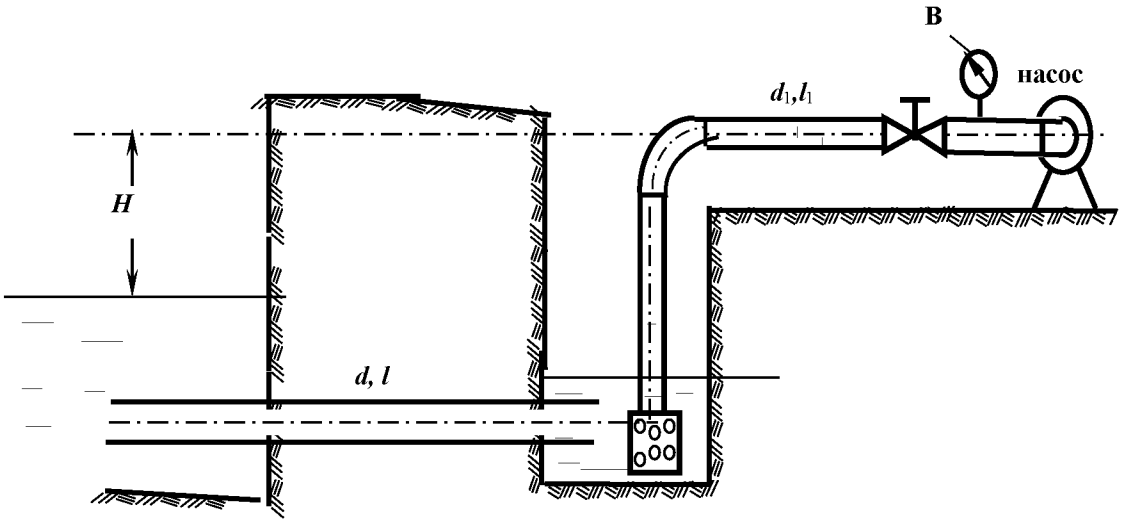
3.Представить уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения.

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.



МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Б1.Б.1.21.01 ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность **- 21.05.04 Горное дело**

Специализация №3 **«Открытые горные работы»**

форма обучения: очная, заочная

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Автор: Лель Ю.И., профессор, д.т.н.,
Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.
Арефьев С.А., доцент, к.т.н.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 5
1. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА..... 6
1.1. Краткая геологическая характеристика месторождения..... 6
1.2. Объем и размеры карьера..... 6
1.3. Запасы полезного ископаемого и объем вскрыши в контурах карьера..... 6
1.4. Производительность карьера и срок его службы..... 7
1.5. Параметры вскрывающих выработок..... 8
1.6.Параметры системы разработки..... 9
1.7. Подготовка горных пород к выемке..... 11
1.8. Производительность и парк буровых станков..... 13
1.9. Производительность и парк карьерных экскаваторов..... 14
1.10. Транспорт горной массы..... 15
1.11. Отвальные работы..... 18
2. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА..... 21
2.1. Оформление пояснительной записки..... 21
2.2. Оформление чертежей..... 21
3. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА..... 22
3.1. Краткая геологическая характеристика и горнотехнические условия разработки месторождения..... 22
3.2. Объем и размеры карьера..... 22
3.3. Запасы полезного ископаемого и объем вскрыши в контурах карьера..... 23
3.4. Производительность карьера и срок его службы..... 24
3.5. Параметры вскрывающих выработок..... 25
3.6. Параметры системы разработки..... 26
3.7. Подготовка горных пород к выемке..... 28
3.8. Производительность и парк буровых станков..... 31
3.9. Производительность и парк карьерных экскаваторов..... 33
3.10. Транспорт горной массы..... 35
3.11. Отвальные работы..... 38
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 42
ПРИЛОЖЕНИЯ..... 43
Приложение 1. Технологические параметры карьерных экскаваторов... 43
Приложение 2. Экскаваторно-автомобильно-отвальные комплексы оборудования..... 43
Приложение 3. Значение коэффициента разбура в зависимости от крепости пород..... 43
Приложение 4. Значение коэффициента перебура в зависимости от взрываемости пород..... 44
Приложение 5. Значение коэффициента забойки..... 44
Приложение 6. Типы ВВ, применяемых в сухих скважинах..... 44

Приложение 7. Эталонный расход ВВ (по данным Гипроруды) 44
Приложение 8. Переводные коэффициенты и плотность заряжания ВВ..... 45
Приложение 9. Значение коэффициента $К_{дс}$ (по данным Гипроруды)..... 45
Приложение 10. Зависимость коэффициента $К_З$ от категории трещиноватости..... 45
Приложение 11. Зависимость коэффициента $К_в$ от взрываемости пород..... 46
Приложение 12. Зависимость коэффициента $К_З$ от интервала замедления..... 46
Приложение 13. Зависимость оптимальной скорости вращения бурового става от показателя буримости пород и диаметра долота... 46
Приложение 14. Значения коэффициента в зависимости от показателя буримости..... 46
Приложение 15. Значения коэффициента разрыхления породы в ковше экскаватора $К_р$, коэффициента наполнения ковша экскаватора $К_Н$..... 47
Приложение 16. Технические характеристики карьерных автосамосвалов БелАЗ..... 47
Приложение 17. Значения коэффициента технической готовности автосамосвалов ($k_{Т.Г}$) 47
Приложение 18. Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов ($v_{СР.Т}$), км/ч..... 48
Приложение 19. Технические характеристики станков шарошечного бурения..... 48
Приложение 20. Значение коэффициентов $k^{о}_{р}$, $k_{зав}$ и рекомендуемой высоты яруса отвала $h_я$ 49
Приложение 21. Производительность бульдозеров различных моделей 49
Приложение 22. Образец выполнения чертежей..... 55

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по дисциплине «Открытая геотехнология» выполняется студентами в 3-м семестре.

Задачи выполнения курсового проекта:

– закрепление теоретических основ специальности путем самостоятельного решения инженерных задач, связанных с проектированием карьеров и определением их основных параметров, выбором схемы вскрытия и системы разработки, определением способов подготовки, выемки, транспортирования горной массы и отвалообразования, выбором основного горного и транспортного оборудования и определением его производительности;

– выработка навыков использования справочных и нормативных материалов в ходе проектирования горного предприятия;

– анализ взаимосвязи принятых технологических и технических решений и их влияния на технико-экономические показатели работы горнодобывающего предприятия.

Основанием для выполнения курсового проекта является индивидуальное задание на проектирование, выдаваемое преподавателем-руководителем курсового проекта каждому студенту.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной и графической частей и оформляется в соответствии с действующими стандартами.

Законченный курсовой проект (записка и чертежи) сдается на проверку руководителю.

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

1.1. Краткая геологическая характеристика месторождения

На основании задания, выданного руководителем, в данном разделе приводится геологическая характеристика месторождения:

1. Форма и размеры залежи или пласта полезного ископаемого (длина по простиранию L, мощность M и угол падения пласта), мощность наносов $H_н$, геологические нарушения, рельеф местности.

2. Физико-механические свойства пород вскрыши и полезного ископаемого (крепость по шкале проф. М. М. Протодьяконова, плотность).

1.2. Объем и размеры карьера

Объем карьера ($V_к$, м^3) при равнинном рельефе поверхности, простой форме залежи и крутом ее падении определяется по формуле:

$$V_к = SH_к + \frac{1}{2}PH_к^2 \operatorname{ctg}\gamma_{ср} + \frac{\pi}{3}H_к^3 \operatorname{ctg}^2\gamma_{ср}, \qquad (1.1)$$

где S – площадь дна карьера, м^2; $S = LM$;

L – длина залежи по простиранию, м;

M – горизонтальная мощность залежи, м;

$H_к$ – конечная глубина карьера, м;

P – периметр дна карьера, м:

$$P = 2(L + M),$$

$\gamma_{ср}$ – среднее значение угла погашения бортов карьера, град:

$$\gamma_{ср} = \frac{\gamma_л + \gamma_в}{2}, \qquad (1.2)$$

где $\gamma_л$, $\gamma_в$ – углы погашения бортов карьера со стороны лежачего и висячего боков залежи соответственно, град.

Длина карьерного поля поверху ($L_к$, м):

$$L_к = L + 2H_к \operatorname{ctg}\gamma_{ср}. \qquad (1.3)$$

Ширина карьерного поля поверху ($B_к$, м):

$$B_к = M + 2H_к \operatorname{ctg}\gamma_{ср}. \qquad (1.4)$$

Полученные значения $L_к$ и $B_к$ должны учитываться при выполнении чертежа плана карьера.

1.3. Запасы полезного ископаемого и объем вскрыши в контурах карьера

Запасы полезного ископаемого в контурах карьера ($V_{п.и}$, м^3):

$$V_{\text{п.и}} = LM(H_{\text{к}} - H_{\text{н}}), \tag{1.5}$$

где $H_{\text{н}}$ – мощность наносов, м.

Промышленные запасы в контурах карьера (то есть извлекаемые из недр запасы ($Q_{\text{п.и}}$, т):

$$Q_{\text{п.и}} = V_{\text{п.и}} \gamma_{\text{п.и}} \eta_{\text{и}}, \tag{1.6}$$

где $\gamma_{\text{п.и}}$ – плотность полезного ископаемого, т/м^3;

$\eta_{\text{и}}$ – коэффициент извлечения полезного ископаемого при разработке месторождения, учитывающий потери при разработке (принимается $\eta_{\text{и}} = 0{,}92$).

Объем вскрыши в контурах карьера ($V_{\text{п}}$, м^3):

$$V_{\text{п}} = V_{\text{к}} - V_{\text{п.и}}. \tag{1.7}$$

Средний коэффициент вскрыши (объем извлекаемой пустой породы, приходящийся на единицу добываемого полезного ископаемого ($K_{\text{ср}}$, м^3/т):

$$K_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{п}}}{Q_{\text{п}}}. \tag{1.8}$$

Полученное значение $K_{\text{ср}}$ необходимо для расчета производительности карьера по вскрыше.

1.4. Производительность карьера и срок его службы

Производительность карьера по полезному ископаемому ($\text{П}_{\text{и}}$, т/год) принимается в соответствии с заданием на выполнение работы.

Производительность карьера по вскрыше ($\text{П}_{\text{в}}$, м^3/год) устанавливается с учетом среднего коэффициента вскрыши:

$$\text{П}_{\text{в}} = \text{П}_{\text{и}} K_{\text{ср}} K_{\text{н}}, \tag{1.9}$$

где $K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности распределения вскрыши по годам ($K_{\text{н}}$ =1,3).

Производительность карьера по горной массе ($\text{П}_{\text{г.м}}$, м^3/год):

$$\text{П}_{\text{г.м}} = \text{П}_{\text{и}} \frac{1}{\gamma_{\text{п.и}}} + \text{П}_{\text{в}}, \tag{1.10}$$

Суточная производительность карьера по добыче ($\text{П}^{\text{с}}_{\text{и}}$, т/год):

$$\text{П}^{\text{с}}_{\text{и}} = \frac{\text{П}_{\text{и}}}{T_{\text{г}}}, \tag{1.11}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году:

$$T_г = T_к - T_{п.в} - T_{кл}, \quad (1.12)$$

где $T_к$ – количество календарных дней в году (365 дней);

$T_{п.в}$ – количество праздничных, выходных дней в году (можно принять 8 дней);

$T_{кл}$ – продолжительность простоев по климатическим условиям (можно принять 4 дня).

Суточная производительность карьера по вскрыше ($П^с_в$, м^3/сут):

$$П^с_в = \frac{П_в}{T_г}. \quad (1.13)$$

Сменная производительность карьера по добыче ($П^{см}_и$, т/см):

$$П^{см}_и = \frac{П^с_и}{n_{см}}, \quad (1.14)$$

где $n_{см}$ – число смен работы карьера в сутках (можно принять 3 смены).

Сменная производительность карьера по вскрыше ($П^{см}_в$, м^3/см)

$$П^{см}_в = \frac{П^с_в}{n_{см}}. \quad (1.15)$$

Срок службы карьера ($T_{сл}$, лет):

$$T_{сл} = T_с + T_э + T_з, \quad (1.16)$$

где $T_с$, $T_з$ – время на освоение и затухание мощности карьера по добыче (можно принять 1,5 года);

$T_э$ – расчетный срок эксплуатации карьера:

$$T_э = \frac{Q_{п.и}}{П_и}. \quad (1.17)$$

В приведенной формуле значение $П_И$ принимается в соответствии с заданием на выполнение работы.

1.5. Параметры вскрывающих выработок

При автомобильном транспорте уклон съездов ($i_р$, д. е.) может быть принят равным 0,08, а при других видах тяги и транспорта – согласно рекомендациям [1, 2].

Длина съезда ($L_т$, м):

$$L_{\text{т}} = \frac{H_{\text{у}}}{i_{\text{р}}}, \tag{1.18}$$

где $H_{\text{у}}$ – высота уступа (см. раздел 1.6).

Ширина съезда, согласно работе [2], равна 20 м.

Минимальная ширина разрезной траншеи принимается, согласно работе [2], при погрузке в автосамосвалы ($B_{\text{тр}}$, м):

$$B_{\text{тр}} = 30 \text{ м}. \tag{1.19}$$

Ширина траншеи поверху ($B^{\text{в}}_{\text{тр}}$, м):

$$B^{\text{в}}_{\text{тр}} = B_{\text{тр}} + 2H_{\text{у}} \operatorname{ctg}\alpha, \tag{1.20}$$

где α – угол откоса рабочего уступа, град. (см. раздел 1.6).

1.6. Параметры системы разработки

Допустимая высота уступа ($H_{\text{у}}$, м) по условию безопасного ведения работ в скальных породах определяется по формуле:

$$H^{\max}_{\text{у}} \le 1{,}5H^{\max}_{\text{ч}}, \tag{1.21}$$

где $H^{\max}_{\text{ч}}$ – максимальная высота черпания экскаватора (прил. 1) принятой модели (может быть принята согласно прил. 2), м.

Эта высота уступа является допустимой. На практике высота уступов на большинстве отечественных карьеров составляет 10-15 метров и такой высоту уступов целесообразно принимать в данном проекте.

Ширина экскаваторной заходки ($A_{\text{з}}$, м) при автотранспорте может быть найдена по формуле:

$$A_{\text{з}} = (0{,}8 \div 1{,}2)R_{\text{чу}}, \tag{1.22}$$

где $R_{\text{чу}}$ – радиус черпания на уровне стояния экскаватора (см. прил. 1).

Минимальная ширина рабочей площадки при разработке пород с предварительным их рыхлением буровзрывным способом ($\text{Ш}^{\min}_{\text{р.п}}$, м):

$$\text{Ш}^{\min}_{\text{р.п}} = B_{\text{р1}} + C + T + S + Z, \tag{1.23}$$

где $B_{\text{р1}}$ – ширина развала породы, м (принимается по результатам расчетов из раздела 1.7);

C – безопасный зазор между нижней бровкой развала и транспортной полосой (C = 3 м);

T – ширина транспортной полосы, м (при двухстороннем движении автосамосвалов может быть принята T = 15 м);

S – безопасное расстояние (S =2,0 м);

Z – ширина призмы обрушения, м:

$$Z = H_{\text{у}}(\text{ctg}\,\alpha_{\text{у}} - \text{ctg}\,\alpha), \qquad (1.24)$$

где $\alpha_{\text{у}}$ – угол устойчивого откоса уступа (можно принять $\alpha_{\text{у}} = 65°$);

α – угол откоса рабочего уступа (можно принять $\alpha = 75°$).

Ширина рабочей площадки в нормальный период разработки ($Ш_{\text{р.п}}$, м):

$$Ш_{\text{р.п}} = B_{\text{р}_1} + C + T + U + S + Ш_{\text{в.б}}, \qquad (1.25)$$

где U – расстояние между ЛЭП и транспортной полосой, м ($U = 6$ м);

m – расстояние между ЛЭП и вспомогательной автодорогой ($m = 3{,}5$ м);

a – ширина вспомогательной автодороги, м ($a = 3 \div 6$ м);

S – расстояние между ЛЭП и резервным блоком ($S = Z + 2{,}0$ м); (1.26)

$Ш_{\text{в.б}}$ – ширина взрывного блока (принимается по результатам расчетов в разделе 1.7).

Высота рабочего борта карьера ($H_{\text{р.б}}$, м):

$$H_{\text{р.б}} = H_{\text{у}} n_{\text{р.у}}, \qquad (1.27)$$

где $n_{\text{р.у}}$ – количество рабочих уступов (принимаем 3 уступа).

Горизонтальное проложение откоса рабочего борта ($C_{\text{р.б}}$, м):

$$C_{\text{р.б}} = H_{\text{у}}\,\text{ctg}\,\alpha n_{\text{р.у}} + Ш_{\text{р.п}}(n_{\text{р.у}} - 1). \qquad (1.28)$$

Тангенс угла рабочего борта карьера (tgφ, град):

$$\text{tg}\varphi = \frac{H_{\text{р.б}}}{C_{\text{р.б}}}. \qquad (1.29)$$

С использованием микрокалькулятора или из таблиц определяется величина угла рабочего борта φ в градусах. (1.30)

1.7. Подготовка горных пород к выемке

Исходя из крепости и других физико-механических свойств пород выбирают способ подготовки пород к выемке. Согласно работам [3, 4], при скальных породах их подготовка осуществляется с помощью скважинных зарядов.

Размер допустимого габаритного куска ($d_{\text{ср}}$, м) определяется по формуле:

$$d_{\text{г}} \le 0{,}75\sqrt[3]{E}, \qquad (1.31)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3 (прил. 1).

Диаметр взрывных скважин ($d_{\text{с}}$, мм):

$$d_{\text{с}} = d_{\text{д}} K_{\text{раз}}, \qquad (1.32)$$

где $d_{\text{д}}$ – диаметр долота бурового станка, мм (прил. 2).

Технические характеристики буровых станков приведены в прил. 19;

$K_{раз}$ – коэффициент разбуривания скважин, принимаемый в зависимости от крепости пород (прил. 3).

Длина перебура ($l_{пер}$, м):

$$l_{пер} = d_с K_{пер}, \quad (1.33)$$

где $K_{пер}$ – коэффициент перебура, определяемый взрываемостью пород (прил. 4). В нашем случае принят класс взрываемости III.

Длина скважины ($l_с$, м):

$$l_с = H_у + l_{пер}, \quad (1.34)$$

где $H_у$ – высота взрываемого уступа (см. раздел 1.6), м.

Длина забойки ($l_{заб}$, м):

$$l_{заб} = K_{заб} l_с, \quad (1.35)$$

где $K_{заб}$ – коэффициент забойки (прил. 5). В нашем случае категория трещиноватости пород III.

Длина заряда взрывчатого вещества в скважине ($l_{зар}$, м):

$$l_{зар} = l_с - l_{заб}. \quad (1.36)$$

Тип взрывчатого вещества (ВВ) определяется по прил. 6. В качестве ВВ в сухих скважинах, в породах средне – и труднобуримых ($П_б$ = 6÷15) целесообразно применять граммонит 79/21.

Паспортный расход ВВ первого ряда скважин ($q_п$, кг/м^3):

$$q_п = q_э K_{вв} K_{дс} K_{др} K_β, \quad (1.37)$$

где $q_э$ – эталонный удельный расход ВВ, кг/м^3 (определяется по прил. 7);

$K_{вв}$, $K_{дс}$, $K_{др}$, $K_β$ – коэффициенты, учитывающие тип ВВ - $K_{вв}$ (прил. 8), диаметр скважины- $K_{дс}$ (прил. 9), дробление пород - $K_{др}$ (принимать $K_{др}$ = 1),угол наклона скважин - $K_β$ (при β = 90°, $K_β$ =1, а при β < 90°, $K_β$ = 0,93÷0,95).

Удельная вместимость скважины (P, кг/м):

$$P = 7{,}85 d_с^2 Δ, \quad (1.38)$$

где Δ – плотность заряда в скважине, кг/дм^3. При гранулированных ВВ Δ = 0,9÷1,0 кг/дм^3;

$d_с$ – диаметр скважины, дм.

Масса заряда в скважине ($Q_з$, кг):

$$Q_з = P l_{зар}. \quad (1.39)$$

Величина линии сопротивления по подошве (W, м):

$$W = 0{,}9 \sqrt{\frac{P}{q_п}}. \quad (1.40)$$

Необходимо соблюдение условия

$$W \geq W_{\min}, \tag{1.41}$$

где $W_{\min}$ – минимальная допустимая величина W.

Для вертикальных скважин

$$W_{\min} = H_{\text{у}} \operatorname{ctg}\alpha + Z, \tag{1.42}$$

где α – угол откоса уступа, град.;

Z – определяется по формуле (1.24). Необходимо выполнение условия $Z \geq 2$ м.

Для наклонных скважин $W_{\min} = Z$, м.

Если $W < W_{\min}$, то надо принимать $W = W_{\min}$.

Расстояние между скважинами в ряду (a, м):

$$a = \frac{Q_{\text{з}}}{q_{\text{п}} H_{\text{у}} W}. \tag{1.43}$$

Величина a определяется по допустимому коэффициенту сближения скважин (m):

$$m = \frac{a}{W}. \tag{1.44}$$

По условию нормального дробления для легковзрываемых пород должно быть m = 1,1÷1,2; для пород средней взрываемости m = 1,0÷1,1; для трудновзрываемых m = 0,85÷1,0. При расчетном значении m, отличающемся от рекомендуемого, необходимая его величина достигается одновременным изменением a и W при условии постоянства объема породы, взрываемой одним зарядом, то есть при соблюдении условия $aWA = \text{const}$ и $W \geq W_{\min}$.

Расстояние между рядами скважин (b, м):

$$b = \frac{Q_{\text{з}}}{q_{\text{п}} H_{\text{у}} a K_{\text{з}}}, \tag{1.45}$$

где $K_{\text{з}}$ – коэффициент увеличения удельного расхода ВВ во втором и последующих рядах (прил. 10).

Ширина развала породы впереди первого ряда скважин ($B_{\text{р}}$, м):

$$B_{\text{р}} = K_{\text{в}} K_{\text{кз}} \sqrt{q_{\text{п}}} H_{\text{у}}, \tag{1.46}$$

где $K_{\text{в}}$ – коэффициент, характеризующий взрываемость породы (прил. 11).

В нашем случае породы средневзрываемые;

$K_{\text{кз}}$ – коэффициент дальности отброса породы, зависящий от интервала замедления (прил. 12). Интервал замедления может быть принят равным 25, 50, 75 мс.

Рациональная ширина развала ($B_{\text{рац}}$, м):

$$B_{\text{рац}} = (2 \div 3) A_{\text{з}}, \tag{1.47}$$

где $A_з$ – ширина экскаваторной заходки (определяется в разделе 1.6 по формуле (1.22).

Количество рядов скважин ($n_р$):

$$n_р = \frac{B_{рац} - K_в K_{кз}\sqrt{q_п} H_у}{b} + 1. \quad (1.48)$$

Значение $n_р$ округляется в меньшую сторону.

Фактическая ширина развала ($B_{р.ф}$, м):

$$B_{р.ф} = B_р + (n_р - 1)b. \quad (1.49)$$

Ширина буровой заходки ($Ш_{б.з}$, м):

$$Ш_{б.з} = W + (n_р - 1)b. \quad (1.50)$$

Выход горной массы с 1 м длины скважины ($q_{г.м}$, м^3/м):

$$q_{г.м} = \frac{H_у a[(n_р - 1)b + W]}{l_с n_р}. \quad (1.51)$$

Значение $q_{г.м}$ будет необходимо использовать при определении списочного парка станков.

1.8. Производительность и парк буровых станков

В скальных породах крепостью 6–18 по шкале проф. М. М. Протодьяконова целесообразно использовать для бурения скважин буровые станки шарошечного бурения (тип станка в этом случае может быть определен по прил. 2). Для других условий тип станка и его производительность могут быть определены согласно работам [3, 4].

При применении станков шарошечного бурения механическая скорость бурения ($v_м$, м/ч):

$$v_м = 0{,}01\frac{P_о n_о^{0{,}8}}{П_б^{1{,}6} D}, \quad (1.52)$$

где $n_о$ – оптимальная скорость вращения бурового става, об/мин (прил. 13);

$П_б$ – показатель буримости пород ($П_б \approx f$ – крепость пород);

D – диаметр долота, см;

$P_о$ – оптимальное осевое усилие, кг;

$$P_о \geq (7 \div 8) П_б D, \quad (1.53)$$

где D – диаметр долота должен быть представлен в миллиметрах, а значения коэффициента определяются для конкретного случая из прил. 14.

Сменная производительность станка ($П_{см}^{ст}$, м/см):

$$П^{ст}_{см} = V_м T_{см} \eta_и, \quad (1.54)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены (может быть принято 8 ч);

$\eta_и$ – коэффициент использования станка в течение смены на чистом бурении (можно принять $\eta_и$ = 0,65).

Суточная производительность станка ($П^{ст}_{сут}$, м/сут):

$$П^{ст}_{сут} = П^{ст}_{см} n_{см}, \quad (1.55)$$

где $n_{см}$ – количество рабочих смен станка в сутки (может быть принято 3 смены).

Годовая производительность станка ($П^{ст}_{год}$, м/год):

$$П^{ст}_{год} = П^{ст}_{сут} n_{р.д.с}, \quad (1.56)$$

где $n_{р.д.с}$ – число рабочих дней станка в году (с учетом вычитания времени ремонтов, перемещений с участка на участок, остановок в работе по климатическим условиям и др.). Для станков СБШ может быть принято $n_{р.д.с}$ = 280 дней.

Списочный парк буровых станков ($N^{ст}_{с}$, шт.):

$$N^{ст}_{с} = \frac{П_{г.м}}{П^{ст}_{год} q_{г.м}}, \quad (1.57)$$

где $П_{гм}$ – годовой объем обуриваемой горной массы в карьере, м^3 (в нашем случае равен производительности карьера по горной массе, определенной в разделе 1.4);

$q_{г.м}$ – выход взорванной горной массы с 1 м погонной длины скважины, м^3/м (определяется в главе 1.7. по формуле (1.51).

Списочный парк буровых станков округляется в большую сторону.

1.9. Производительность и парк карьерных экскаваторов

Тип экскаватора определяется по прил. 2 или согласно работам [3, 4].

Эксплуатационная производительность экскаватора ($П_э$, м^3/ч):

$$П_э = \frac{3600 E K_н}{T_ц K_р} K_{ис}, \quad (1.58)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3 (прил. 1);

$K_н$ – коэффициент наполнения ковша (прил. 15);

$K_р$ – коэффициент разрыхления породы в ковше (прил. 15);

$K_{ис}$ – коэффициент использования экскаватора (при автомобильном транспорте можно принять $K_{ис}$ =0,65, а в других условиях – согласно работам [3, 4]);

$T_ц$ – длительность цикла, с:

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р, \tag{1.59}$$

где $T_ч$ – длительность черпания, с:

$$T_ч = \frac{194 d_{ср}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \tag{1.60}$$

$d_{ср}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м;

$$d_{ср} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E},$$

$T_{пов}$ – длительность поворота, с:

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90^\circ), \tag{1.61}$$

β – угол поворота экскаватора (в среднем может быть равен 135°);

$T_р$ – длительность разгрузки, с:

при $E = 1 \div 3$ м^3 $T_р = 1{,}5 \div 2{,}5$ с;

при $E = 3 \div 10$ м^3 $T_р = 2{,}5 \div 2{,}7$ с;

при $E = 12 \div 20$ м^3 $T_р = 2{,}9 \div 3{,}5$ с.

Сменная эксплуатационная производительность экскаватора ($П^э_{см}$, м^3/см):

$$П^э_{см} = П_э T_{см}, \tag{1.62}$$

где $T_{см}$ – длительность смены (8 часов).

Суточная производительность экскаватора ($П^э_{сут}$, м^3/сут):

$$П^э_{сут} = П^э_{см} n_{см}, \tag{1.63}$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках (3 смены).

Годовая производительность экскаватора ($П^э_{год}$, м^3/год)

$$П^э_{год} = П^э_{сут} n_{р.д.э}, \tag{1.64}$$

где $n_{р.д.э}$ – количество рабочих дней экскаватора в году (может быть принято 280 дней).

Списочный парк экскаваторов ($N_{\text{с}}^{\text{э}}$, шт.):

$$N_{\text{с}}^{\text{э}} = \frac{\text{П}_{\text{г.м}}}{\text{П}_{\text{год}}^{\text{э}}}, \tag{1.65}$$

где $\text{П}_{\text{г.м}}$ – годовой объем выемочно-погрузочных работ в карьере, м^3 (в нашем случае $\text{П}_{\text{г.м}}$ равен производительности карьера по горной массе) (см. выражение (1.10).

Списочный парк экскаваторов округляют в большую сторону.

1.10. Транспорт горной массы

Согласно заданию на выполнение работы, в проекте принят автомобильный транспорт. Тип автосамосвала может быть принят в зависимости от годового объема горных работ и принятой модели экскаватора по прил. 2.

Время движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_{\text{д}}$, мин.):

$$t_{\text{д}} = 60\frac{2L}{v_{\text{ср.т}}}, \tag{1.66}$$

где L – расстояние транспортирования горной массы, км; (на нашем карьере принимаем 3,5 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 ($H_{\text{п}} = H_{\text{к}}$, м) по прил. 18.

Время погрузки автосамосвала ($t_{\text{п}}$, мин.):

$$t_{\text{п}} = \frac{T_{\text{ц}}^{\text{э}}(n_{\text{min цик}} - 0{,}5)}{60}, \tag{1.67}$$

где $T_{\text{ц}}^{\text{э}}$ – продолжительность цикла экскавации, с (см. раздел 1.9);

$n_{\text{min цик}}$ – 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:

$$n_{\text{к}} = \frac{q_{\text{а}} k_{\text{р}}}{E k_{\text{н}} \rho}, \qquad (1.68)$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т (прил. 2);

$k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора (прил. 15);

$k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора (прил. 15);

ρ – плотность пород в целике, т/м^3;

исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»:

$$n_{\text{к}} = \frac{0{,}9 V'_{\text{а}}}{E k_{\text{н}}}, \qquad (1.69)$$

где $V'_{\text{а}}$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой» (прил. 16), м^3.

Затем сравниваются значения $n_{\text{к}}$, вычисленные по формулам (1.68) и (1.69), выбирается меньшее ($n_{\text{к}}$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\min \text{ цик}}$.

Вес груза в кузове автосамосвала (q, т):

$$q = \frac{E k_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} n_{\min \text{ цик}} \rho. \qquad (1.70)$$

Осуществляется проверка условия:

$$q \le 1{,}1 q_{\text{а}}, \qquad (1.71)$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

Продолжительность транспортного цикла ($T^{\text{а}}_{\text{ц}}$, мин.):

$$T^{\text{а}}_{\text{ц}} = t_{\text{о}} + t_{\text{п}} + t_{\text{д}} + t_{\text{м.п}} + t_{\text{м.р}} + t_{\text{р}}, \qquad (1.72)$$

где $t_{\text{о}}$ – продолжительность ожидания погрузки, мин. ($t_{\text{о}} \approx 0{,}5 t_{\text{п}}$);

$t_{\text{п}}$ – продолжительность погрузки автосамосвала, мин.;

$t_{\text{д}}$ – продолжительность движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин.;

$t_{\text{м.п}}$, $t_{\text{м.р}}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку, мин.;

$t_{\text{р}}$ – продолжительность разгрузки, мин.

$t_{\text{м.п}}$, $t_{\text{м.р}}$ и $t_{\text{р}}$ принимаются из прил. 16 для выбранной модели автосамосвала.

Производительность карьерного автосамосвала ($Q_{\text{а}}$, т/смену):

$$Q_{\text{а}} = N_{\text{р}} q = \frac{T_{\text{см}}}{T^{\text{а}}_{\text{ц}}} k_{\text{и}} q, \qquad (1.73)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, мин. (можно принять $T_{см}$ = 480 минут).

q – вес груза в кузове автосамосвала, т;

$k_и$ – коэффициент использования сменного времени (можно принять $k_и$ = 0,8);

$T_ц^а$ – продолжительность транспортного цикла автосамосвала, мин.;

$N_р$ – количество рейсов автосамосвала в течение смены, рейс/смену.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{а.р}$, ед.):

$$N_{а.р} = \frac{V_{см}}{Q_а}, \tag{1.74}$$

где $V_{см}$ – сменный объем перевозок, т/смену:

$$V_{см} = k_н\left(П_{п.и}^{см} + П_{в}^{см}\rho\right), \tag{1.75}$$

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.

$П_{п.и}^{см}$ и $П_{в}^{см}$ принимаются по результатам раздела 1.4, ρ – по заданию на выполнение работы.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{а.и}$, ед.):

$$N_{а.и} = \frac{N_{а.р}}{k_{т.г}}, \tag{1.76}$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности, определяемый по прил. 17, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_с$, км/сут):

$$L_с = \frac{2LQ_а}{q} k_о k_{см}, \tag{1.77}$$

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).

1.11. Отвальные работы

Способ отвалообразования принимается в зависимости от вида транспорта и типа рабочего оборудования, применяемого на отвале.

При автомобильном транспорте наиболее рационально применение бульдозерного отвалообразования [3, 5].

Для других условий (при железнодорожном или конвейерном транспорте способ отвалообразования принимают согласно работам [3, 5].

Модель бульдозера, используемого на отвале, определяется по прил. 2.

Площадь, необходимая для размещения отвала ($S_о$, м^2):

$$S_о = \frac{W k_р^о}{n_я h_я \eta_о}, \qquad (1.78)$$

где W – объем пород, подлежащих размещению в отвале за весь срок его существования, м^3 (равен объему вскрышных пород в контуре карьера, определенному в разделе 1.3 по формуле (1.7));

$k_р^о$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (прил. 20);

$h_я$ – высота яруса, м (прил. 20);

$n_я$ – 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 м.

По требуемой площади отвала ($S_о$, м^2), определяют его размеры в плане:

длина (L, м):

$$L = \sqrt{2S_0}; \qquad (1.79)$$

ширина (B, м):

$$B = L : 2. \qquad (1.80)$$

Количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_о$, ед./ч):

$$N_о = \frac{П_в^ч k_н}{Q_п}, \qquad (1.81)$$

где $П_в^ч$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч (формула (1.87));

$k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н$ = 1,2);

$Q_п$ – объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала, м^3.

$$Q_п = q/\rho, \qquad (1.82)$$

где q – вес груза в кузове автосамосвала, т (величина q принимается по результатам расчетов в разделе 1.10);

ρ – плотность пород в целике, т /м^3.

$$П_{в}^{ч} = \frac{П_{в}}{T_{г} n_{см} T_{см}}, \quad (1.83)$$

где $П_в$ – годовая производительность карьера по вскрыше (определена в разделе 1.4), м^3/год;

$T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год (см. формулу (1.12));

$n_{см}$ – число рабочих смен в сутки, смен/сут. ($n_{см}$ = 3 смены/сут.);

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену ($T_{см}$ = 8 ч/смену).

Число одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале ($N_{а.о}$, ед.):

$$N_{а.о} = N_{о} \frac{t_{р} + t_{м.р}}{60}, \quad (1.84)$$

где $t_р$, $t_{м.р}$ – продолжительность разгрузки и маневровых операций при установке на разгрузку, мин. (см. прил. 16).

Суммарная длина участка разгрузки ($L_р$, м):

$$L_{р} = N_{а.о}\, l_{п}, \quad (1.85)$$

где $l_п$ – ширина полосы по рабочему фронту отвала, м, занимаемой одним автосамосвалом при маневрировании, зависящая от размеров автосамосвала. Для автосамосвалов грузоподъемностью 30 – 55 т величина $l_п$ = 30÷40 м, при грузоподъемности 80 – 130 т.

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, равную ($L_р$, м):

Общая длина отвального фронта ($L_о$, м):

$$L_{о} = 3L_{р}. \quad (1.86)$$

Сменный объем бульдозерных работ на отвале ($Q_б$, м^3/смену)

$$Q_{б} = П_{в}^{см} k_{н} k_{зав}, \quad (1.87)$$

где $П_{в}^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м^3/смену (формула (1.15));

где $k_{зав}$ – средний коэффициент «заваленности» (прил. 20).

Число бульдозеров в работе ($N_б$, ед.):

$$N_{б} = \frac{Q_{б}}{П_{б}}, \quad (1.88)$$

где $П_б$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену (принимается по прил. 21).

Инвентарный парк бульдозеров ($N_{б.и}$, ед.)

$$N_{б.и} = 1{,}4\ N_б, \qquad (1.89)$$

где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

При использовании железнодорожного транспорта необходимо выполнить расчеты, согласно работам [3, 4, 5].

Все проектные решения должны приниматься в соответствии с действующими «Правилами безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» [8].

2. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1. Оформление пояснительной записки

Текстовая часть работы оформляется в виде пояснительной записки.

Записка должна иметь:

– оформленный по правилам титульный лист формата А4;

– оригинал задания на проектирование (прилагается к записке между титульным листом-обложкой и содержанием);

– содержание с перечислением всех разделов записки и их постраничного размещения;

– текст с расчетами, обоснованиями, схемами;

– список рекомендуемой литературы.

Текст размещают на одной стороне листа белой нелинованной бумаги стандартных размеров формата А4 (297 × 210 мм) с оставлением полей: слева и сверху 20 мм, справа 15 мм и снизу 35 мм.

Страницы нумеруют. Первой является страница с заданием.

Не допускаются сокращения слов, за исключением общепринятых обозначений. Предложения строятся в безличной форме.

Таблицы, рисунки и схемы, помещенные в записку, нумеруют, и им дают наименования по содержанию. В тексте на них делают ссылки.

Рисунки, таблицы и формулы нумеруются последовательно по разделам. Например, первая таблица раздела имеет номер 1.1, а вторая – 1.2 и т. д.

При аналитических расчетах сначала записывают формулу с буквенными обозначениями параметров, которые расшифровывают ниже. После этого подставляют значения параметров и записывают результат вычислений. Необходимо обязательно ставить размерность результата.

2.2. Оформление чертежей

Графическая часть работы представляется одним листом чертежей формата А1 (прил. 22-27). Чертежи выполняют в соответствии с действующими нормативными документами [9] в карандаше или с использованием компьютера. Масштаб чертежа (1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10 000) выбирают из условия максимального заполнения листа. Все размеры проставляют в метрах.

3. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Краткая геологическая характеристика и горнотехнические условия разработки месторождения

На месторождении длина залежи по простиранию L = 1550 м, а мощность рудного тела М = 550 м. Мощность наносов $H_н$ = 10 м. Угол падения рудного тела γ = 80 град.

Конечная глубина карьера по проекту $H_к$ = 120 м. Угол погашения бортов карьера составляет $\gamma_{ср}$ = 39 град.

Производительность проектируемого карьера по полезному ископаемому $П_и$ = 4,5 млн. т/год. Для транспортирования горной массы применяют автосамосвалы.

Плотность полезного ископаемого и пород вскрыши $\gamma_{пи}$=2,0 т/м^3. Показатель буримости пород $П_б$ = 12. Крепость пород по шкале Протодьяконова f=12. Класс пород по взрываемости III. Категория трещиноватости пород III.

3.2. Объем и размеры карьера

Объем карьера ($V_к$, м^3) при равнинном рельефе поверхности, простой форме залежи и крутом ее падении определяется по формуле:

$$V_к = SH_к + \frac{1}{2}PH_к^2 \operatorname{ctg}\gamma_{ср} + \frac{\pi}{3}H_к^3 \operatorname{ctg}^2\gamma_{ср}, \qquad (3.1)$$

где S – площадь дна карьера, м^2; $S = LM$;

L – длина залежи по простиранию, м;

М – горизонтальная мощность залежи, м;

$H_к$ – конечная глубина карьера, м;

P – периметр дна карьера, м;

$$V_к = 852500 \cdot 120 + \frac{1}{2}4200 \cdot 120^2 \cdot 1{,}23 + \frac{3{,}14}{3} \cdot 120^3 \cdot 1{,}23^2 = 142231759 \text{ м}^3;$$

$$S = 1550 \cdot 550 = 852500 \text{ м}^2;$$

$$P = 2(L + М);$$

$$P = 2 \cdot (1550 + 550) = 4200 \text{ м},$$

$\gamma_{ср}$ – среднее значение угла погашения бортов карьера, град:

$$\gamma_{ср} = \frac{\gamma_{л} + \gamma_{в}}{2}, \qquad (3.2)$$

$$\gamma_{ср} = 39 \text{ град.}$$

где $\gamma_{л}, \gamma_{в}$ – углы погашения бортов карьера со стороны лежачего и висячего боков залежи соответственно, град.

Длина карьерного поля поверху ($L_к$, м):

$$L_к = L + 2H_к \operatorname{ctg}\gamma_{ср}. \qquad (3.3)$$

$$L_к = 1550 + 2 \cdot 120 \cdot \operatorname{ctg} 39^0 = 1845{,}2 \text{ м}$$

Ширина карьерного поля поверху ($B_к$, м):

$$B_к = M + 2H_к \operatorname{ctg}\gamma_{ср}, \qquad (3.4)$$

$$B_к = 550 + 2 \cdot 120 \cdot 1{,}23 = 845{,}2 \text{ м.}$$

3.3. Запасы полезного ископаемого и объем вскрыши в контурах карьера

Запасы полезного ископаемого в контурах карьера ($V_{п.и}$, м^3):

$$V_{п.и} = LM(H_к - H_н); \qquad (3.5)$$

$$V_{п.и} = 1550 \cdot 550 \cdot (120 - 10) = 93775000 \text{ м}^3,$$

где $H_н$ – мощность наносов, м.

Промышленные запасы в контурах карьера (то есть извлекаемые из недр запасы ($Q_{п.и}$, т):

$$Q_{п.и} = V_{п.и}\gamma_{п.и}\eta_и; \qquad (3.6)$$

$$Q_{п.и} = 93775000 \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}92 = 172546000 \text{ т,}$$

где $\gamma_{п.и}$ – плотность полезного ископаемого, т/м^3;

$\eta_и$ – коэффициент извлечения полезного ископаемого при разработке месторождения, учитывающий потери при разработке (принимается $\eta_и = 0{,}92$).

Объем вскрыши в контурах карьера ($V_п$, м^3):

$$V_п = V_к - V_{п.и}; \qquad (3.7)$$

$$V_п = 142231759 - 93775000 = 48456759 \text{ м}^3.$$

Средний коэффициент вскрыши (объем извлекаемой пустой породы, приходящийся на единицу добываемого полезного ископаемого ($K_{ср}$, м^3/т):

$$K_{ср} = \frac{V_{п}}{Q_{п}}. \quad (3.8)$$

$$K_{ср} = \frac{48456759}{172546000} = 0{,}28 \text{ м}^3/\text{т}.$$

3.4. Производительность карьера и срок его службы

Производительность карьера по полезному ископаемому принимается в соответствии с заданием на выполнение работы. (в данном варианте $П_{и}$ = 4,5 млн. т/год)

Производительность карьера по вскрыше ($П_{в}$, м^3/год) устанавливается с учетом среднего коэффициента вскрыши:

$$П_{в} = П_{и} K_{ср} K_{н}; \quad (3.9)$$

$$П_{в} = 4500000 \cdot 0{,}28 \cdot 1{,}3 = 1638000 \text{ м}^3/\text{год},$$

где $K_{н}$ – коэффициент неравномерности распределения вскрыши по годам ($K_{н}$ =1,3).

Производительность карьера по горной массе ($П_{г.м}$, м^3/год):

$$П_{г.м} = П_{и} \frac{1}{\gamma_{п.и}} + П_{в}; \quad (3.10)$$

$$П_{г.м} = 4500000 \cdot \frac{1}{2} + 168000 = 3888000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Суточная производительность карьера по добыче ($П^{с}_{и}$, т/сут):

$$П^{с}_{и} = \frac{П_{и}}{T_{г}}; \quad (3.11)$$

$$П^{с}_{и} = \frac{4500000}{353} = 12747{,}9 \text{ т/сут},$$

где $T_{г}$ – число рабочих дней карьера в году:

$$T_{г} = T_{к} - T_{п.в} - T_{кл}; \quad (3.12)$$

$$T_{г} = 365 - 8 - 4 = 353,$$

где $T_{к}$ – количество календарных дней в году (365 дней);

$T_{\text{п.в}}$ – количество праздничных, выходных дней в году (принимаем 8 дней);

$T_{\text{кл}}$ – продолжительность простоев по климатическим условиям (принимаем 4 дня).

Суточная производительность карьера по вскрыше ($П^{\text{с}}_{\text{в}}$, м^3/сут):

$$П^{\text{с}}_{\text{в}} = \frac{П_{\text{в}}}{T_{\text{г}}}; \qquad (3.13)$$

$$П^{\text{с}}_{\text{в}} = \frac{1638000}{353} = 4640{,}2 \text{ м}^3\text{/сут}.$$

Сменная производительность карьера по добыче ($П^{\text{см}}_{\text{и}}$, т/см):

$$П^{\text{см}}_{\text{и}} = \frac{П^{\text{с}}_{\text{и}}}{n_{\text{см}}}; \qquad (3.14)$$

$$П^{\text{см}}_{\text{и}} = \frac{12747{,}9}{3} = 4249{,}3 \text{ т/см}.$$

где $n_{\text{см}}$ – число смен работы карьера в сутках (принимаем 3 смены).

Сменная производительность карьера по вскрыше ($П^{\text{см}}_{\text{в}}$, м^3/см):

$$П^{\text{см}}_{\text{в}} = \frac{П^{\text{с}}_{\text{в}}}{n_{\text{см}}}; \qquad (3.15)$$

$$П^{\text{см}}_{\text{в}} = \frac{4640{,}2}{3} = 1546{,}7 \text{ м}^3\text{/см}.$$

Срок службы карьера ($T_{\text{сл}}$, лет):

$$T_{\text{сл}} = T_{\text{с}} + T_{\text{э}} + T_{\text{з}}; \qquad (3.16)$$

$$T_{\text{сл}} = 1{,}5 + 38{,}34 + 1{,}5 = 41{,}34 \text{ год},$$

где $T_{\text{с}}$, $T_{\text{з}}$ – время на освоение и затухание мощности карьера по добыче (обычно принимается равным 1,5 года);

$T_{\text{э}}$ – расчетный срок эксплуатации карьера:

$$T_{\text{э}} = \frac{Q_{\text{п.и}}}{П_{\text{и}}}; \qquad (3.17)$$

$$T_{\text{э}} = \frac{172546000}{4500000} = 38{,}34 \text{ лет}.$$

В приведенной формуле значение $П_и$ принимается в соответствии с заданием на выполнение работы.

3.5. Параметры вскрывающих выработок

Уклон съездов ($i_р$, д. е.) при автомобильном транспорте принимается равным 0,08.

Длина съезда ($L_т$, м):

$$L_т = \frac{H_у}{i_р}; \qquad (3.18)$$

$$L_т = \frac{12}{0{,}08} = 150 \text{ м},$$

где $H_у$ – высота уступа, $H_у$= 12 м .

Ширина съезда, равна 20 м.

Минимальная ширина разрезной траншеи принимается при погрузке в автосамосвалы ($B_{тр}$, м):

$$B_{тр} = 30 \text{ м}. \qquad (3.19)$$

Ширина траншеи поверху ($B^{в}_{тр}$, м):

$$B^{в}_{тр} = B_{тр} + 2H_у \operatorname{ctg}\alpha; \qquad (3.20)$$

$$B^{в}_{тр} = 30 + 2 \cdot 12 \cdot \operatorname{ctg} 75^0 = 36{,}24 \text{ м},$$

где α – угол откоса рабочего уступа, градусов.

3.6. Параметры системы разработки

Допустимая высота уступа ($H_у$, м) по условию безопасного ведения работ в скальных породах определяется по формуле:

$$H^{max}_у \le 1{,}5H^{max}_ч, \qquad (3.21)$$

где $H^{max}_ч$ – максимальная высота черпания экскаватора, м. На карьере применяется экскаватор ЭКГ-5А. Максимальная высота черпания этого экскаватора $H^{max}_ч$ = 10,3 м.

$$H_у = 1{,}5 \cdot 10{,}3 = 15{,}45 \text{ м}.$$

Принимаем высоту уступа $H_у$ = 12 м.

Ширина экскаваторной заходки ($A_з$, м) определяется по формуле:

$$A_з = (1{,}5 \div 1{,}7) R_{чу}, \qquad (3.22)$$

где $R_{чу}$ – радиус черпания на уровне стояния экскаватора (у экскаватора ЭКГ-5А $R_{чу}$ = 9,04 м.

$$A_з = 1{,}7 \cdot 9{,}04 = 15{,}3 \text{ м.}$$

Минимальная ширина рабочей площадки при разработке пород с предварительным их рыхлением буровзрывным способом ($Ш^{min}_{р.п}$, м)

$$Ш^{min}_{р.п} = B_{р_1} + C + T + S + Z; \qquad (3.23)$$

$$Ш^{min}_{р.п} = 28{,}19 + 3 + 19 + 2{,}0 + 2{,}3 = 54{,}49 \text{ м,}$$

где $B_{р_1}$ – ширина развала породы, м;

C – безопасный зазор между нижней бровкой развала и транспортной полосой (C = 3 м);

T – ширина транспортной полосы, м (при двухстороннем движении автосамосвалов T = 19 м);

S – безопасное расстояние (S =2,0 м);

Z – ширина призмы обрушения, м;

$$Z = H_у (\operatorname{ctg} \alpha_у - \operatorname{ctg} \alpha); \qquad (3.24)$$

$$Z = 12 \cdot (0{,}46 - 0{,}268) = 2{,}3 \text{ м,}$$

где $\alpha_у$ – угол устойчивого откоса уступа (можно принять $\alpha_у$ = 65 град.);

α – угол откоса рабочего уступа (можно принять α =75 град.).

Ширина рабочей площадки в нормальный период разработки ($Ш_{р.п}$, м):

$$Ш_{р.п} = B_{р_1} + C + T + U + S + Ш_{в.б}; \qquad (3.25)$$

$$Ш_{р.п} = 28{,}19 + 3 + 19 + 6 + 4{,}3 + 14{,}53 = 75{,}09 \text{ м,}$$

где U – расстояние между ЛЭП и транспортной полосой, м

(U = 6 м);

S – расстояние между ЛЭП и резервным блоком ($S = Z + 2{,}0$ м); (3.26)

$$S = 2{,}3 + 2 = 4{,}3 \text{ м};$$

$Ш_{в.б}$ – ширина взрывного блока .

Высота рабочего борта карьера ($H_{р.б}$, м):

$$H_{р.б} = H_{у} n_{р.у}; \quad (3.27)$$

$$H_{р.б} = 12 \cdot 3 = 36 \text{ м},$$

где $n_{р.у}$ – количество рабочих уступов (принимаем 3 уступа).

Горизонтальное проложение откоса рабочего борта ($C_{р.б}$, м):

$$C_{р.б} = H_{у} \operatorname{ctg}\alpha n_{р.у} + Ш_{р.п}(n_{р.у} - 1); \quad (3.28)$$

$$C_{р.б} = 12 \cdot 0{,}26 \cdot 3 + 75{,}09 \cdot (3 - 1) = 159{,}4 \text{ м}.$$

Тангенс угла рабочего борта (tgφ, град):

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{H_{р.б}}{C_{р.б}}; \quad (3.29)$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{36}{159{,}4} = 0{,}226.$$

С использованием микрокалькулятора или из таблиц определяется величина угла рабочего борта φ в градусах:

$$\varphi = 12 \text{ град.} \quad (3.30)$$

3.7. Подготовка горных пород к выемке

При скальных породах подготовка горной массы к выемке осуществляется с помощью скважинных зарядов.

Размер допустимого габаритного куска ($d_г$, м) определяется по формуле:

$$d_{г} \le 0{,}75\sqrt[3]{E}; \quad (3.31)$$

$$d_{г} = 0{,}75 \cdot \sqrt[3]{10} = 1{,}28 \text{ м},$$

где E – вместимость ковша экскаватора 10 м^3 .

Диаметр взрывных скважин ($d_с$, мм):

$$d_{с} = d_{д} K_{раз}; \quad (3.32)$$

$$d_{с} = 244{,}5 \cdot 1{,}03 = 251{,}8 \text{ мм},$$

где $d_д$ – диаметр долота бурового станка, мм;

$K_{раз}$ – коэффициент разбуривания скважин, принимаемый в зависимости от крепости пород.

Длина перебура ($l_{пер}$, м):

$$l_{пер} = d_с K_{пер}; \quad (3.33)$$

$$l_{пер} = 251{,}8 \cdot 11 = 2{,}77 \text{ м},$$

где $K_{пер}$ – коэффициент перебура, определяемый взрываемостью пород. В нашем случае класс взрываемости III.

Длина скважины ($l_с$, м):

$$l_с = H_у + l_{пер}; \quad (3.34)$$

$$l_с = 12 + 2{,}77 = 14{,}77 \text{ м},$$

где $H_у$ – высота взрываемого уступа , м.

Длина забойки ($l_{заб}$, м):

$$l_{заб} = K_{заб} l_с; \quad (3.35)$$

$$l_{заб} = 0{,}27 \cdot 14{,}77 = 3{,}98 \text{ м},$$

где $K_{заб}$ – коэффициент забойки. В нашем случае категория трещиноватости пород III.

Длина заряда взрывчатого вещества в скважине ($l_{зар}$, м):

$$l_{зар} = l_с - l_{заб}; \quad (3.36)$$

$$l_{зар} = 14{,}77 - 3{,}98 = 10{,}79 \text{ м}.$$

В качестве ВВ в сухих скважинах, в породах средне– и труднобуримых ($П_б$ = 6÷15) целесообразно применять граммонит 79/21.

Паспортный расход ВВ первого ряда скважин ($q_п$, кг/м^3):

$$q_п = q_э K_{вв} K_{дс} K_{др} K_β; \quad (3.37)$$

$$q_п = 0{,}60 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}16 \cdot 1{,}0 \cdot 1 = 0{,}696 \text{ кг/м}^3,$$

где $q_э$ – эталонный удельный расход ВВ, кг/м^3,

$K_{вв}$, $K_{дс}$, $K_{др}$, $K_β$ – коэффициенты, учитывающие тип ВВ - $K_{вв}$, диаметр скважины- $K_{дс}$, дробление пород - $K_{др}$, угол наклона скважин - $K_β$ (при $β = 90°$, $K_β$ =1, а при $β < 90°$, $K_β$ = 0,93÷0,95).

Удельная вместимость скважины (P, кг/м):

$$P = 7{,}85 d_{\text{с}}^2 \Delta; \tag{3.38}$$

$$P = 7{,}85 \cdot 2{,}51^2 \cdot 1 = 49{,}77 \text{ кг/м},$$

где Δ – плотность заряда в скважине, кг/дм^3.

При гранулированных ВВ $\Delta = 0{,}9 \div 1{,}0$ кг/дм^3;

$d_{\text{с}}$ – диаметр скважины, дм.

Масса заряда в скважине ($Q_{\text{з}}$, кг):

$$Q_{\text{з}} = P l_{\text{зар}}; \tag{3.39}$$

$$Q_{\text{з}} = 49{,}77 \cdot 10{,}79 = 537 \text{ кг}.$$

Величина линии сопротивления по подошве (W, м):

$$W = 0{,}9 \sqrt{\frac{P}{q_{\text{п}}}}; \tag{3.40}$$

$$W = 0{,}9 \sqrt{\frac{49{,}77}{0{,}696}} = 7{,}61 \text{ м}.$$

Необходимо соблюдение условия

$$W \geq W_{\min}, \tag{3.41}$$

где $W_{\min}$ – минимальная допустимая величина W.

Для вертикальных скважин

$$W_{\min} = H_{\text{у}} \operatorname{ctg} \alpha + Z; \tag{3.42}$$

$$W_{\min} = 12 \cdot 0{,}268 + 2{,}3 = 5{,}516 \text{ м};$$

$W < W_{\min}$ принимаем W= 7,61 м,

где α – угол откоса уступа, град.;

Z – см. формулу (3.24).

Расстояние между скважинами в ряду (a, м):

$$a = \frac{Q_{\text{з}}}{q_{\text{п}} H_{\text{у}} W}; \tag{3.43}$$

$$a = \frac{537}{0{,}696 \cdot 12 \cdot 7{,}61} = 8{,}45 \text{ м}.$$

Величина a проверяется по допустимому коэффициенту сближения скважин (m):

$$m = \frac{a}{W}; \tag{3.44}$$

$$m = \frac{8{,}45}{7{,}61} = 1{,}11.$$

Расстояние между рядами скважин (b, м):

$$b = \frac{Q_{з}}{q_{п} H_{у} a K_{з}}; \tag{3.45}$$

$$b = \frac{537}{0{,}696 \cdot 12 \cdot 8{,}45 \cdot 1{,}1} = 6{,}92 \text{ м},$$

где $K_{з}$ – коэффициент увеличения удельного расхода ВВ во втором и последующих рядах.

Ширина развала породы впереди первого ряда скважин ($B_{р}$, м):

$$B_{р} = K_{в} K_{кз} \sqrt{q_{п}} H_{у}; \tag{3.46}$$

$$B_{р} = 2{,}5 \cdot 0{,}85 \sqrt{0{,}696} \cdot 12 = 21{,}27 \text{ м},$$

где $K_{в}$ – коэффициент, характеризующий взрываемость породы .

В нашем случае породы средневзрываемые;

$K_{кз}$ – коэффициент дальности отброса породы, зависящий от интервала замедления .

Рациональная ширина развала ($B_{рац}$, м):

$$B_{рац} = (2 \div 3)\, A_{з}; \tag{3.47}$$

$$B_{рац} = 2 \cdot 15{,}3 = 30{,}6 \text{ м},$$

где $A_{з}$ – ширина экскаваторной заходки (определяется в разделе 1.6 по формуле (1.22).

Количество рядов скважин ($n_{р}$):

$$n_{р} = \frac{B_{рац} - K_{в} K_{кз} \sqrt{q_{п}} H_{у}}{b} + 1; \tag{3.48}$$

$$n_{р} = \frac{30{,}6 - 21{,}27}{6{,}92} + 1 = 2{,}34 = 2.$$

Значение $n_{р}$ округляется в меньшую сторону.

Фактическая ширина развала ($B_{р.ф}$, м):

$$B_{\text{р.ф}} = B_{\text{р}} + (n_{\text{р}} - 1)b; \tag{3.49}$$

$$B_{\text{р.ф}} = 21{,}27 + (2-1)\cdot 6{,}92 = 28{,}19 \text{ м.}$$

Ширина буровой заходки ($Ш_{б.з}$, м):

$$Ш_{\text{б.з}} = W + (n_{\text{р}} - 1)b; \tag{3.50}$$

$$Ш_{\text{б.з}} = 7{,}61 + (2-1)\cdot 6{,}92 = 14{,}53 \text{ м.}$$

Выход горной массы с 1 м длины скважины ($q_{\text{г.м}}$, м^3/м):

$$q_{\text{г.м}} = \frac{H_{\text{у}} a[(n_{\text{р}} - 1)b + W]}{l_{\text{с}} n_{\text{р}}}; \tag{3.51}$$

$$q_{\text{г.м}} = \frac{12 \cdot 8{,}45 \cdot [(2-1)\cdot 6{,}92 + 7{,}61]}{14{,}77 \cdot 2} = 49{,}87 \text{ м}^3\text{/м.}$$

3.8. Производительность и парк буровых станков

Для бурения скважин в скальных породах крепостью 12 по шкале профессора Протодьяконова принят буровой станок шарошечного бурения СБШ-250МНА-32.

При применении станков шарошечного бурения механическая скорость бурения ($v_{\text{м}}$, м/ч):

$$v_{\text{м}} = 0{,}01 \frac{P_{\text{о}}^{0{,}8} n_{\text{о}}}{П_{\text{б}}^{1{,}6} D}; \tag{3.52}$$

$$v_{\text{м}} = 0{,}01 \cdot \frac{22005^{0{,}8} \cdot 140}{12^{1{,}6} \cdot 24{,}4} = 8{,}82 \text{ м/ч,}$$

где $n_{\text{о}}$ – оптимальная скорость вращения бурового става, об/мин ;

$П_{\text{б}}$ – показатель буримости пород ($П_{\text{б}} \approx f - 12$);

D – диаметр долота, см;

$P_{\text{о}}$ – оптимальное осевое усилие, кг:

$$P_{\text{о}} \geq (7 \div 8) П_{\text{б}} D; \tag{3.53}$$

$$P_{\text{о}} = 7{,}5 \cdot 12 \cdot 244{,}5 = 22005 \text{ кг,}$$

где D – диаметр долота должен быть представлен в миллиметрах.

Сменная производительность станка ($П^{ст}_{см}$, м/см):

$$П^{ст}_{см} = V_м T_{см} \eta_и; \quad (3.54)$$

$$П^{ст}_{см} = 8{,}82 \cdot 8 \cdot 0{,}65 = 45{,}86 \text{ м/см},$$

где $T_{см}$ - продолжительность смены (принимаем 8 ч);

$\eta_и$ – коэффициент использования станка в течение смены на чистом бурении (можно принять $\eta_и$ = 0,65).

Суточная производительность станка ($П^{ст}_{сут}$, м/сут):

$$П^{ст}_{сут} = П^{ст}_{см} n_{см}; \quad (3.55)$$

$$П^{ст}_{сут} = 45{,}86 \cdot 3 = 137{,}58 \text{ м/сут},$$

где $n_{см}$ – количество рабочих смен станка в сутки (3 смены).

Годовая производительность станка ($П^{ст}_{год}$, м/год):

$$П^{ст}_{год} = П^{ст}_{сут} n_{р.д.с}; \quad (3.56)$$

$$П^{ст}_{год} = 137{,}58 \cdot 270 = 37146{,}6 \text{ м/год},$$

где $n_{р.д.с}$ – число рабочих дней станка в году (с учетом вычитания времени ремонтов, перемещений с участка на участок, остановок в работе по климатическим условиям и др.).

Для станков СБШ $n_{р.д.с}$ = 280 дней.

Списочный парк буровых станков ($N^{ст}_{с}$, шт.):

$$N^{ст}_{с} = \frac{П_{гм}}{П^{ст}_{год} q_{гм}}; \quad (3.57)$$

$$N^{ст}_{с} = \frac{3888000}{37146{,}6 \cdot 49{,}87} = 2 \text{ шт},$$

где $П_{г.м}$ – годовой объем обуриваемой горной массы в карьере, м^3;

$q_{г.м}$ – выход взорванной горной массы с 1 погонного метра длины скважины, м^3/м.

3.9. Производительность и парк карьерных экскаваторов

Выемка и погрузка горной массы осуществляется карьерным экскаватором ЭКГ- 5А.

Эксплуатационная производительность экскаватора ($П_э$, м^3/ч):

$$П_э = \frac{3600 E K_н}{T_ц K_р} K_{ис}; \quad (3.58)$$

$$П_э = \frac{3600 \cdot 5 \cdot 0{,}95}{86{,}6 \cdot 1{,}6} \cdot 0{,}7 = 94{,}83 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

$K_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$K_р$ – коэффициент разрыхления породы в ковше;

$K_{ис}$ – коэффициент использования экскаватора (при автомобильном транспорте можно принять $K_{ис}$ =0,7);

$T_ц$ – длительность цикла, с:

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р; \quad (3.59)$$

$$T_ц = 67{,}8 + 23{,}1 + 2{,}6 = 93{,}5 \text{ с},$$

где $T_ч$ – длительность черпания, с:

$$T_ч = \frac{194 d_{ср}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}; \quad (3.60)$$

$$T_ч = \frac{194 \cdot 1{,}28^2}{5} + \frac{5}{0{,}11 \cdot 5 + 0{,}6} = 63{,}5 + 4{,}35 = 67{,}85 \text{ с},$$

$d_{ср}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м:

$$d_{ср} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E};$$

$$d_{ср} = 0{,}3 \cdot 1{,}7 = 0{,}52 \text{ м},$$

$T_{пов}$ – длительность поворота, с:

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90^{\circ}); \quad (3.61)$$

$$T_{пов} = (10 + 5) + 0{,}18 \cdot (135^{0} - 90^{0}) = 23{,}1 \text{ с},$$

β – угол поворота экскаватора (в среднем может быть равен 135 град.);
$T_{р}$ – длительность разгрузки, с:

при $E = 3 \div 10$ м^3 $\quad T_{р} = 2{,}5 \div 2{,}7$ с.

Сменная эксплуатационная производительность экскаватора ($П^{Э}_{см}$, м^3/см):

$$П^{Э}_{см} = П_{э} T_{см}; \quad (3.62)$$

$$П^{Э}_{см} = 94{,}83 \cdot 8 = 758{,}64 \text{ м}^3/\text{см},$$

где $T_{см}$ – длительность смены (8 часов).

Суточная производительность экскаватора ($П^{Э}_{сут}$, м^3/сут):

$$П^{Э}_{сут} = П^{Э}_{см} n_{см}; \quad (3.63)$$

$$П^{Э}_{сут} = 758{,}64 \cdot 3 = 2275{,}92 \text{ м}^3/\text{сут},$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках (3 смены).

Годовая производительность экскаватора ($П^{Э}_{год}$, м^3/год):

$$П^{Э}_{год} = П^{Э}_{сут} n_{р.д.э}; \quad (3.64)$$

$$П^{Э}_{год} = 2275{,}92 \cdot 270 = 614498{,}4 \text{ м}^3/\text{год},$$

где $n_{р.д.э}$ – количество рабочих дней экскаватора в году (принимаем 270 дней).

Списочный парк экскаваторов ($N^{Э}_{с}$, шт.):

$$N^{Э}_{с} = \frac{П_{гм}}{П^{Э}_{год}}; \quad (3.65)$$

$$N_{\text{с}}^{\text{Э}} = \frac{3888000}{614498{,}4} = 6{,}33 = 7 \text{ шт},$$

где $П_{\text{г.м}}$ – годовой объем выемочно-погрузочных работ в карьере, м^3 (в нашем случае $П_{\text{г.м}}$ равен производительности карьера по горной массе)

3.10. Транспорт горной массы

В соответствии с заданием в проекте принят автомобильный транспорт. Тип автосамосвала может быть принят в зависимости от годового объема горных работ и принятой модели экскаватора – БелАЗ-7548, грузоподъемностью 42 т.

Время движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_{\text{д}}$, мин.):

$$t_{\text{д}} = 60\frac{2L}{v_{\text{ср.т}}}; \qquad (3.66)$$

$$t_{\text{д}} = 60 \cdot \frac{2 \cdot 2{,}7}{28{,}3} = 11{,}45 \text{ мин},$$

где L – расстояние транспортирования горной массы, км (на нашем карьере принимаем 2,7 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 ($H_{\text{п}} = H_{\text{к}}$, м),

$$L = 2{,}7 \text{ км}.$$

Время погрузки автосамосвала ($t_{\text{п}}$, мин.):

$$t_{\text{п}} = \frac{T_{\text{ц}}^{\text{Э}}(n_{\min \text{ цик}} - 0{,}5)}{60}; \qquad (3.67)$$

$$t_{\text{п}} = \frac{93{,}5 \cdot (5 - 0{,}5)}{60} = 7{,}01 \text{ мин},$$

где $T_{\text{ц}}^{\text{Э}}$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$n_{\min \text{ цик}}$ – 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:

$$n_к = \frac{q_а k_р}{E k_н \rho}; \qquad (3.68)$$

$$n_к = \frac{42 \cdot 1{,}35}{5 \cdot 0{,}95 \cdot 2{,}0} = 5{,}96,$$

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;

исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»:

$$n_к = \frac{0{,}9V'_а}{E k_н}; \qquad (3.69)$$

$$n_к = \frac{0{,}9 \cdot 26{,}0}{5 \cdot 0{,}95} = 4{,}92 = 5,$$

где $V'_а$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой», м^3.

Затем сравниваются значения $n_к$, вычисленные по формулам (3.68) и (3.69), выбирается меньшее ($n_к$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\text{min цик}}$ ($n_{\text{min цик}} = 5$).

Вес груза в кузове автосамосвала (q, т):

$$q = \frac{E k_н}{k_р} n_{\text{min цик}} \rho; \qquad (3.70)$$

$$q = \frac{5 \cdot 0{,}95}{1{,}35} \cdot 5 \cdot 2{,}0 = 35{,}19 \text{ т.}$$

Осуществляется проверка условия

$$q \le 1{,}1 q_а; \qquad (3.71)$$

$$35{,}19 \le 46{,}2 \text{ т.}$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

Продолжительность транспортного цикла ($T^а_ц$, мин.)

$$T_{\text{ц}}^{\text{а}} = t_{\text{о}} + t_{\text{п}} + t_{\text{д}} + t_{\text{м.п}} + t_{\text{м.р}} + t_{\text{р}}\ ; \qquad (3.72)$$

$$T_{\text{ц}}^{\text{а}} = 3{,}5 + 7{,}01 + 11{,}45 + 0{,}59 + 0{,}64 + 0{,}78 = 23{,}97 \text{ мин},$$

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.;

$t_{\text{м.п}}$, $t_{\text{м.р}}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку, мин.;

$t_{\text{р}}$ – продолжительность разгрузки, мин.

$t_{\text{м.п}}$, $t_{\text{м.р}}$ и $t_{\text{р}}$ принимаются для выбранной модели автосамосвала.

Производительность карьерного автосамосвала ($Q_{\text{а}}$, т/смену):

$$Q_{\text{а}} = N_{\text{р}} q = \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{ц}}^{\text{а}}} k_{\text{и}} q; \qquad (3.73)$$

$$Q_{\text{а}} = \frac{480}{23{,}97} \cdot 0{,}8 \cdot 35{,}19 = 563{,}7 \text{ т/смену},$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, мин. ($T_{\text{см}}$ = 480 минут);

q – вес груза в кузове автосамосвала, т;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени ($k_{\text{и}}$ = 0,8);

$T_{\text{ц}}^{\text{а}}$ – продолжительность транспортного цикла автосамосвала, мин.;

$N_{\text{р}}$ – количество рейсов автосамосвала в течение смены, рейс/смену.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{\text{а.р}}$, ед.):

$$N_{\text{а.р}} = \frac{V_{\text{см}}}{Q_{\text{а}}}; \qquad (3.74)$$

$$N_{\text{а.р}} = \frac{8076{,}9}{563{,}7} = 14{,}32 \text{ ед.},$$

где $V_{\text{см}}$ – сменный объем перевозок, т/смену:

$$V_{\text{см}} = k_{\text{н}}\left(\Pi_{\text{п.и}}^{\text{см}} + \Pi_{\text{в}}^{\text{см}}\rho\right); \qquad (3.75)$$

$$V_{\text{см}} = 1{,}1 \cdot \left(4249{,}3 + 1546{,}7 \cdot 2{,}0\right) = 8076{,}9 \text{ т/смену},$$

где $k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности выдачи горной массы из карьера ($k_{\text{н}}$ = 1,1);

$П^{см}_{п.и}$ – сменная производительность карьера по полезному ископаемому, т/смену;

$П^{см}_{в}$ – 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.):

$$N_{а.и} = \frac{N_{а.р}}{k_{т.г}};, \qquad (3.76)$$

$$N_{а.и} = \frac{14,32}{0,8} = 17,91 = 18 \text{ ед.},$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности, определяемый, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_с$, км/сут):

$$L_с = \frac{2LQ_а}{q} k_о k_{см}; \qquad (3.77)$$

$$L_с = \frac{2 \cdot 2,7 \cdot 563,7}{35,19} \cdot 1,05 \cdot 2,5 = 227,1 \text{ км/сут},$$

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 ($k_{см}$ = 2,5).

3.11. Отвальные работы

Способ отвалообразования принимается в зависимости от вида транспорта и типа рабочего оборудования, применяемого на отвале.

При автомобильном транспорте наиболее рационально применение бульдозерного отвалообразования.

Площадь, необходимая для размещения отвала ($S_о$, м^2):

$$S_о = \frac{Wk_р^о}{n_я h_я \eta_о}; \qquad (3.78)$$

$$S_{\text{о}} = \frac{48456759 \cdot 1{,}2}{1 \cdot 30 \cdot 0{,}8} = 2422837{,}9 \text{ м}^2,$$

где W – объем пород, подлежащих размещению в отвале за весь срок его существования, м^3;

$k_{\text{р}}^{\text{о}}$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (1,2);

$h_{\text{я}}$ – высота яруса, м (30 м);

$n_{\text{я}}$ – количество ярусов (1 ярус);

$\eta_{\text{о}}$ – коэффициент использования площади отвала ($\eta_{\text{о}}$ принимаем для одноярусных отвалов – 0,8).

По требуемой площади отвала ($S_{\text{о}}$, м^2) определяются его размеры в плане:

длина (L, м).

$$L = \sqrt{2S_0}; \tag{3.79}$$

$$L = 2210 \text{ м},$$

ширина (B, м),

$$B = \frac{L}{2}; \tag{3.80}$$

$$B = \frac{2210}{2} = 1105 \text{ м}.$$

Количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_{\text{о}}$, ед./ч)

$$N_{\text{о}} = \frac{П_{\text{в}}^{\text{ч}} k_{\text{н}}}{Q_{\text{п}}}, \tag{3.81}$$

$$N_{\text{о}} = \frac{193{,}3 \cdot 1{,}2}{17{,}59} = 13{,}18 = 13 \text{ ед./ч},$$

где $П_{\text{в}}^{\text{ч}}$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_{\text{н}} = 1{,}2$);

$Q_{\text{п}}$ – объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала, м^3:

$$Q_{\text{п}} = \frac{q}{\rho}; \tag{3.82}$$

$$Q_{\text{п}} = \frac{35{,}19}{2} = 17{,}59 \text{ м}^3,$$

где q – вес груза в кузове автосамосвала, т;

ρ – плотность пород в целике, т /м^3.

$$П_{в}^{ч} = \frac{П_{в}}{T_{г} n_{см} T_{см}}; \quad (3.83)$$

$$П_{в}^{ч} = \frac{1638000}{353 \cdot 3 \cdot 8} = 193{,}3 \text{ т/м}^3,$$

где $П_{в}$ – годовая производительность карьера по вскрыше, м^3/год;

$T_{г}$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год (353 дня);

$n_{см}$ – число рабочих смен в сутки, смен/сут. ($n_{см}$ = 3 смены);

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену ($T_{см}$ = 8 ч).

Число одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале ($N_{а.о}$, ед.)

$$N_{а.о} = N_{о} \frac{t_{р} + t_{м.р}}{60}; \quad (3.84)$$

$$N_{а.о} = 13 \cdot \frac{0{,}78 + 0{,}64}{60} = 0{,}31 = 1 \text{ ед.},$$

где $t_{р}$, $t_{м.р}$ – продолжительность разгрузки и маневровых операций при установке на разгрузку, мин.

Суммарная длина участка разгрузки ($L_{р}$, м):

$$L_{р} = N_{а.о} l_{п}: \quad (3.85)$$

$$L_{р} = 1 \cdot 30 = 30 \text{ м},$$

где $l_{п}$ – ширина полосы по рабочему фронту отвала, м, занимаемой одним автосамосвалом при маневрировании, зависящая от размеров автосамосвала. Для автосамосвалов грузоподъемностью 30 – 55 т величина $l_{п}$ = 30÷40 м.

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, равную ($L_{р}$, м).

Общая длина отвального фронта ($L_{о}$, м):

$$L_{о} = 3L_{р}; \quad (3.86)$$

$$L_{\text{о}} = 3 \cdot 30 = 30 \text{ м}.$$

Сменный объем бульдозерных работ на отвале ($Q_{\text{б}}$, м^3/смену):

$$Q_{\text{б}} = \text{П}_{\text{в}}^{\text{см}} k_{\text{н}} k_{\text{зав}}; \quad (3.91)$$

$$Q_{\text{б}} = 1546{,}4 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}7 = 1298{,}97 \text{ м}^3\text{/смену},$$

где $\text{П}_{\text{в}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м^3/смену;

$k_{\text{зав}}$ – средний коэффициент «заваленности».

Число бульдозеров в работе ($N_{\text{б}}$, ед.):

$$N_{\text{б}} = \frac{Q_{\text{б}}}{\text{П}_{\text{б}}}; \quad (3.92)$$

$$N_{\text{б}} = \frac{1298{,}97}{1000} = 1{,}29 \text{ ед.},$$

где $П_{\text{б}}$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену.

Инвентарный парк бульдозеров ($N_{\text{б.и}}$, ед.)

$$N_{\text{б.и}} = 1{,}4\ N_{\text{б}}; \quad (3.93)$$

$$N_{\text{б.и}} = 1{,}29 \cdot 1{,}4 = 1{,}8 = 2 \text{ ед.},$$

где 1,4 – значение коэффициента резерва бульдозеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ржевский В. В.* Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: учебник. – Изд. 8-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 552 с.
2. *Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю.* Технология открытых горных работ. – М.: ООО «НТЦ-«Горное дело», 2008. – 472 с.
3. *Ржевский В. В.*Открытые горные работы: Производственные процессы: учебник. – Изд. 2-е, стеротип. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 512 с.
4. *Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю.* Технологические процессы открытых горных работ. – М.: ООО «НТЦ-«Горное дело», 2008. – 448 с.
5. *Хохряков В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
6. *Трубецкой К. Н., Краснянский Г. Л., Хронин В. В. Коваленко В.С.* Проектирование карьеров: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2009. – 694 с.
7. *Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И.* Справочник по открытым горным работам. – М.: НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с.
8. *Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности* «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» / Утверждены Приказом Ростехнадзора от 11.12.2013 № 599. – Екатеринбург: ИД «Урал Юр Издат», 2015. – 212 с.
9. *Условные обозначения горной графической документации*: сборник нормативных документов. – М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2013. – 272 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Технологические параметры карьерных экскаваторов

Параметр	Обозначение	Тип экскаватора		
		ЭКГ-5А	ЭКГ-10	ЭКГ-15
Вместимость ковша, м^3 …….....	E	5,20	10,0	15,0
Радиус черпания, м:				
максимальный……..	$R_{ч}^{max}$	14,50	18,4	22,6
на уровне стояния ……	$R_{чу}$	9,04	12,6	15,6
Высота черпания максимальная, м ……..	$H_{ч}^{max}$	10,30	13,5	16,6
Радиус разгрузки максимальный, м.....	$R_{р}^{max}$	12,65	16,3	19,5
Высота разгрузки максимальная, м	$H_{р}^{max}$	6,70	8,6	9,88
Радиус вращения кузова экскаватора, м ..	$R_{к}$	5,25	7,78	10,0

Приложение 2

Экскаваторно-автомобильно-отвальные комплексы оборудования

Годовой объем работ $П_{г.м}$, млн м^3	Рекомендуемые							
	тип бурового станка	диаметр долота, мм	тип экскаватора	вместимость ковша, м^3	модель автосамосвала	грузоподъемность, т	модель отвального бульдозера	мощность двигателя бульдозера, кВт
1,5-4,0	4СБШ-200-40	215,9	ЭКГ-5А	5,0	БелАЗ-7548	42	ДЭТ-250	206
4,0-10,0	СБШ-250МНА-32	244,5	ЭКГ-10	10,0	БелАЗ-7557	90	ДЭТ-250	206
10,0-20,0	СБШ-270ИЗ	269,9	ЭКГ-15	15,0	БелАЗ-75131	130	D10R	424

Приложение 3

Значение коэффициента разбура в зависимости от крепости пород

Крепость пород	2	4	6	8-10	12-14	16
$K_{разб}$	1,06	1,05	1,04	1,037-1,031	1,030-1,021	1,02

Приложение 4

Значение коэффициента перебура в зависимости от взрываемости пород

Класс взрываемости	I	II	III	IV	V
$K_{пер}$	6,0-8,0	8,1-10,0	10,1-12,0	12,1-14,0	14,1-16,0

Приложение 5

Значение коэффициента забойки

Категория трещиноватости пород	I	II	III	IV	V
$K_{заб}$	0,18	0,22	0,27	0,30	0,35

Приложение 6

Типы ВВ, применяемых в сухих скважинах

Тип скважин	Породы по буримости		
	весьма труднобуримые ($П_б$ = 16÷25) по шкале В. В. Ржевского ($S_б$ = 0,25 руб/м^3)	средние и труднобуримые ($П_б$ = 6÷15) по шкале В. В. Ржевского ($S_б$ =0,16 ÷0,25 руб/м^3)	легкобуримые ($П_б$ < 6) по шкале В. В. Ржевского ($S_б$ = 0,07÷0,16 руб/м^3)
Сухие или сухая часть скважин	Акватолы М-15, 65/35, АВ, АВМ, МГ, ифзаниты Т-20, Т60, Т-80, граммонит 79/21, гранулит АС-4	Акватолы 66/35, АВ инфаниты, граммонит 79/21, игданит, гранулиты АС-4, М	Гранулит М, игданит, граммонит 79/21, акватолы, ифзаниты

Приложение 7

Эталонный расход ВВ (по данным Гипроруды)

Категория трещиноватости пород	Эталонный расход ВВ (кг/м^3) при крепости пород			
	2-6	6-10	10-14	свыше 14
I	0,20	0,25	0,30	0,30
II	0,30	0,35	0,40	0,45
III	0,45	0,50	0,60	0,67
IV	0,67	0,75	0,80	0,90
V	0,90	1,00	1,10	1,20

Приложение 8

Переводные коэффициенты и плотность заряжания ВВ

Тип ВВ		$K_{ВВ}$	Δ, кг/дм^3
Акватол:	65-35	1,00	1,40
	М-15	0,76	1,37
	АВ	1,20	1,45
	МГ	0,93	1,42
Алюмотол		0,83	0,97
Аммонит 7ЖВ		1,04	-
Граммонал:	А-45	0,79	0,92
	А-50	1,08	0,95
Гранулотол		1,20	0,97
Гранулит:	АС-8, 8В	0,99	0,90
	А-4, АС-4В	0,98	0,82
	М, С-2	1,13	0,95
Граммонит:	50/50 В	1,01	0,92
	30/70, 30/70В	1,26	0,90
	79/21	1,00	0,95
Игданит		1,13	0,85
Ифзанит:	Т-20	1,20	1,35
	Т-60	1,10	1,45
	Т-80	1,00	1,50

Приложение 9

Зависимость коэффициента $K_{дс}$ (по данным Гипроруды)

Категория трещиноватости пород	Значение $K_{дс}$ при диаметре скважин, мм							
	100	125	160	200	220	243	350	400
I	0,92	0,93	0,95	0,98	1,00	1,05	1,07	1,10
II	1,01	1,03	1,05	1,07	1,13	1,15	1,17	1,20
III	1,06	1,08	1,10	1,18	1,16	1,20	1,23	1,26
IV	1,11	1,13	1,15	1,17	1,20	1,25	1,27	1,30
V	1,16	1,18	1,20	1,23	1,26	1,30	1,32	1,36

Приложение 10

Зависимость коэффициента $K_з$ от категории трещиноватости

Категория трещиноватости пород	$K_з$
I – III	1,05 – 1,10
IV – V	1,10 – 1,15

Приложение 11

Зависимость коэффициента $K_в$ от взрываемости пород

Взрываемость пород	Коэффициент m	Коэффициент $K_в$
Легковзрываемые	1,10-1,20	2,00-2,50
Средневзрываемые	1,00-1,15	2,50-3,00
Трудновзрываемые	0,85-1,00	3,00-3,50

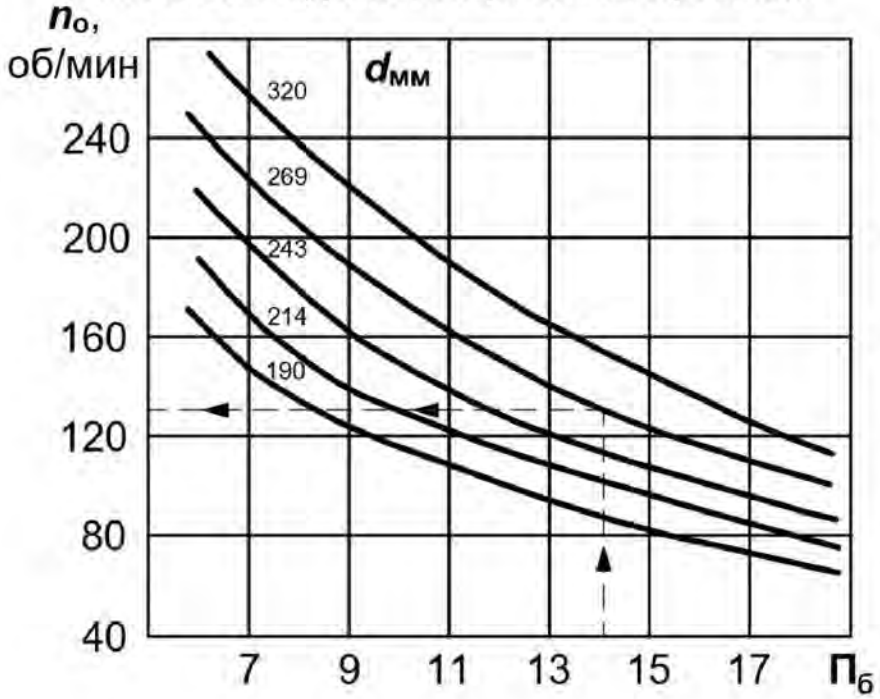
Приложение 12

Зависимость коэффициента $K_з$ от интервала замедления

Интервал замедления	1	10	25	50	75 и более
Коэффициент $K_з$	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80

Приложение 13

Зависимость оптимальной скорости вращения бурового става от показателя буримости пород и диаметра долота



Приложение 14

Значения коэффициента в зависимости от показателя буримости

$П_б$	8	10	12	14	16	18
Коэффициент	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25

Приложение 15

Значения коэффициента разрыхления породы в ковше экскаватора $K_р$, коэффициента наполнения ковша экскаватора $K_н$

Порода	$K_р$	$K_н$
Песок	1,1-1,2	1,1-1,0
Глина и плотная глина с галькой	1,3-1,4	1,0-0,6
Скалистый грунт в зависимости от крепости	1,4-1,6	0,75-0,60

Приложение 16

Технические характеристики карьерных автосамосвалов БелАЗ

Показатель	Модель автосамосвала		
	БелАЗ-7548	БелАЗ -7557	БелАЗ-75131
Грузоподъемность $q_а$, т.....	42,0	90,0	130,0
Собственная масса $G_а$, т.....	33,1	74,0	108,6
Геометрическая вместимость кузова $V_а$, м^3.....	21,5	37,7	45,5
Вместимость кузова «с шапкой» $V'_а$, м^3	26,5	53,3	71,2
Мощность двигателя $N_д$, кВт.....	368,0	783	1193,0
Продолжительность, мин:			
маневровых операций при установке на погрузку $t_{м.п}$	0,59	0,64	0,70
маневровых операций при установке на разгрузку $t_{м.р}$	0,64	0,69	0,76
разгрузки $t_р$	0,78	1,00	1,17
Ширина проезжей части автодороги при двухполосном движении T, м	14,0	16,0	19,0

Приложение 17

Значения коэффициента технической готовности автосамосвалов ($k_{т.г}$)

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значения $k_{т.г}$ 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 18

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 19

Технические характеристики станков шарошечного бурения

Параметры	Тип бурового станка		
	4СБШ-200-40	СБШ-250МНА-32	СБШ-270ИЗ
Диаметр долота, мм ……..	215,9; 244,5	244,5; 269,9	244,5; 269,9
Глубина скважины, не более, м …..	40	32	32
Осевое усилие, не более, кН…….	300	300	450
Скорость передвижения, км/ч ……	0,74	1,30	1,60
Масса станка, т ……	55	85	136

Приложение 20

Значение коэффициентов $k_{\text{р}}^{\text{о}}$, $k_{\text{зав}}$ и рекомендуемой высоты яруса отвала $h_{\text{я}}$

Породы	$h_{\text{я}}$, м	Значения коэффициентов	
		$k_{\text{р}}^{\text{о}}$	$k_{\text{зав}}$
Скальные	30	1,12 - 1,20	0,7
Полускальные, смешанные	20	1,06 - 1,12	0,8
Рыхлые, глинистые	15	1,05 - 1,07	0,9

Приложение 21

Производительность бульдозеров различных моделей

Тип бульдозера	Сменная (за 8 ч) производительность при дальности перемещения грунта до 10 м в породах, м^3		
	рыхлые	полускальные	скальные
ДЭТ-250М	2200	1850	1500
D10N	3730	3130	2536
D11N	5510	4630	3750

М 1:10000

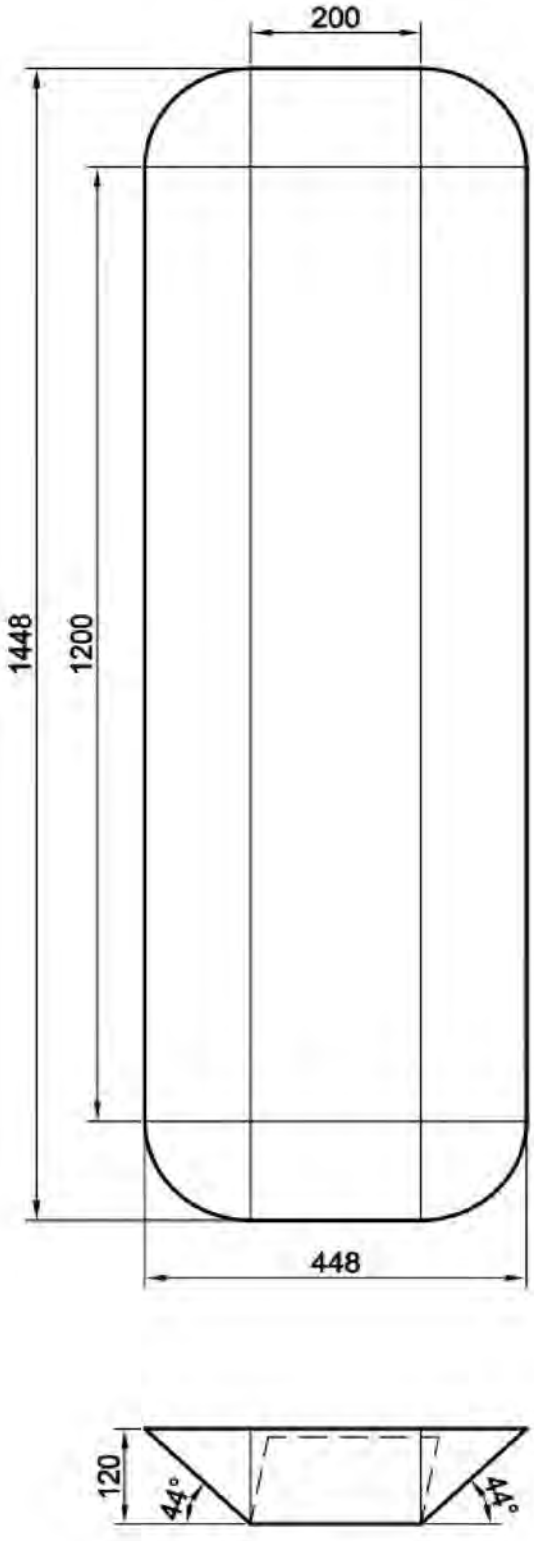
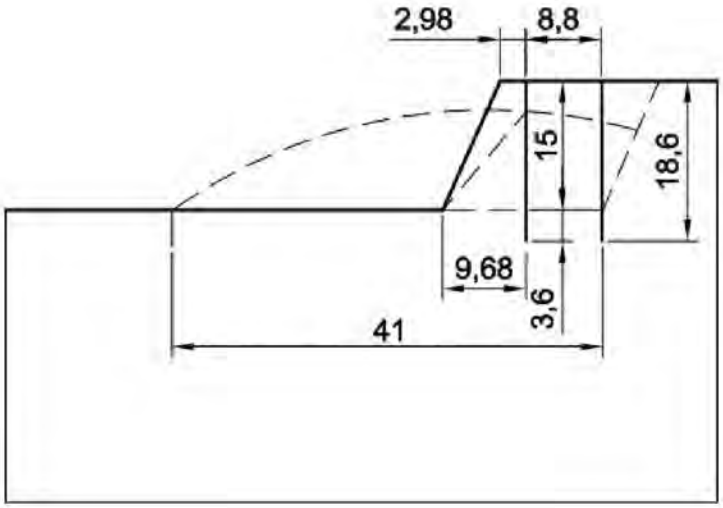
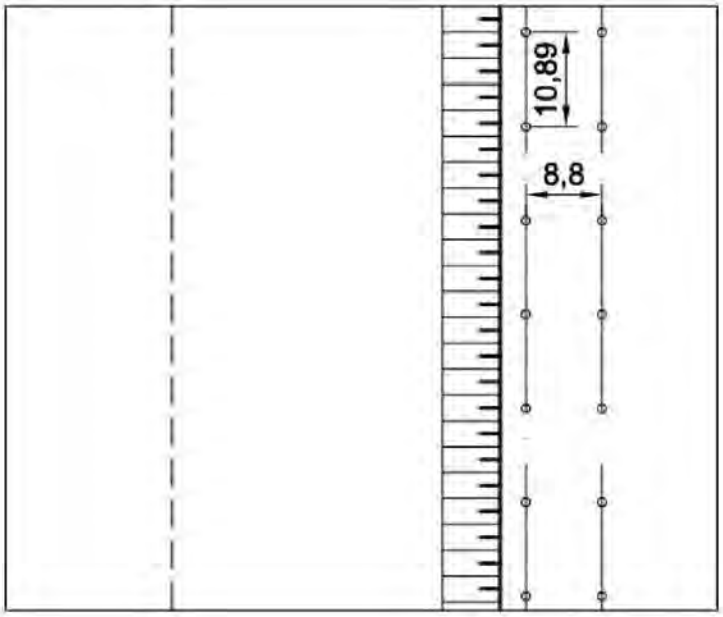


Схема к расчету объема карьера

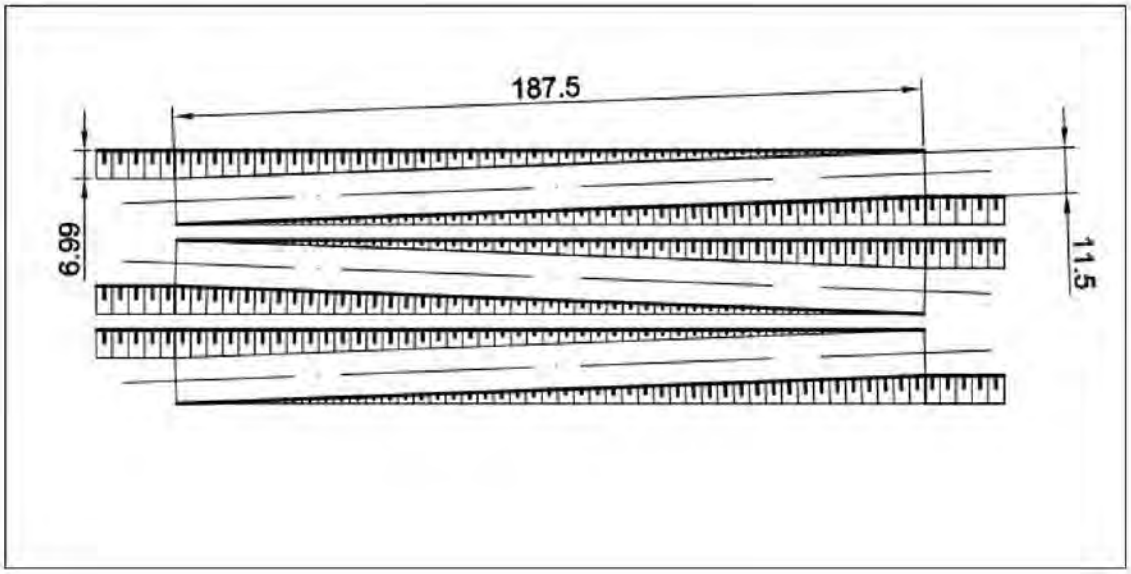
М 1:1000



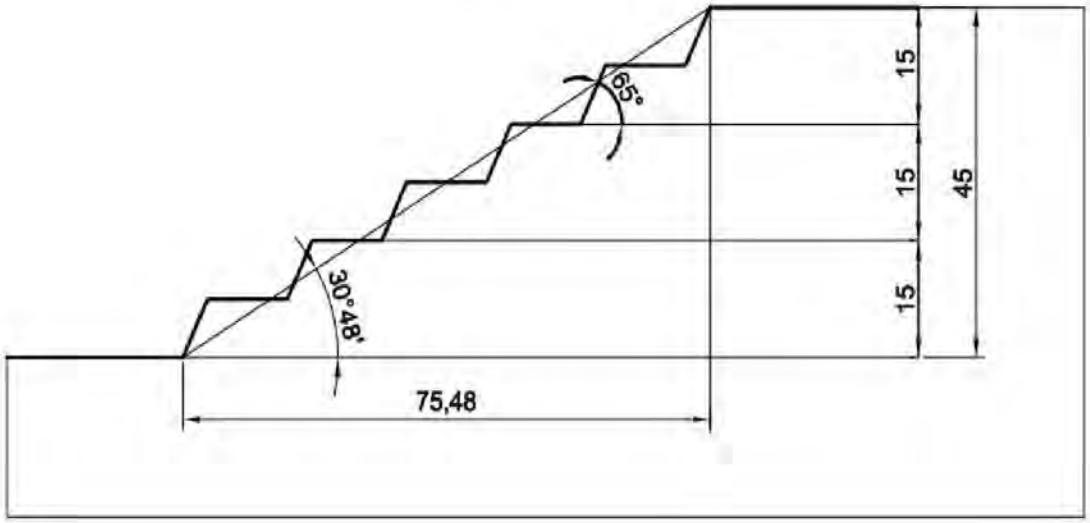


Взрывной блок

М 1:2000

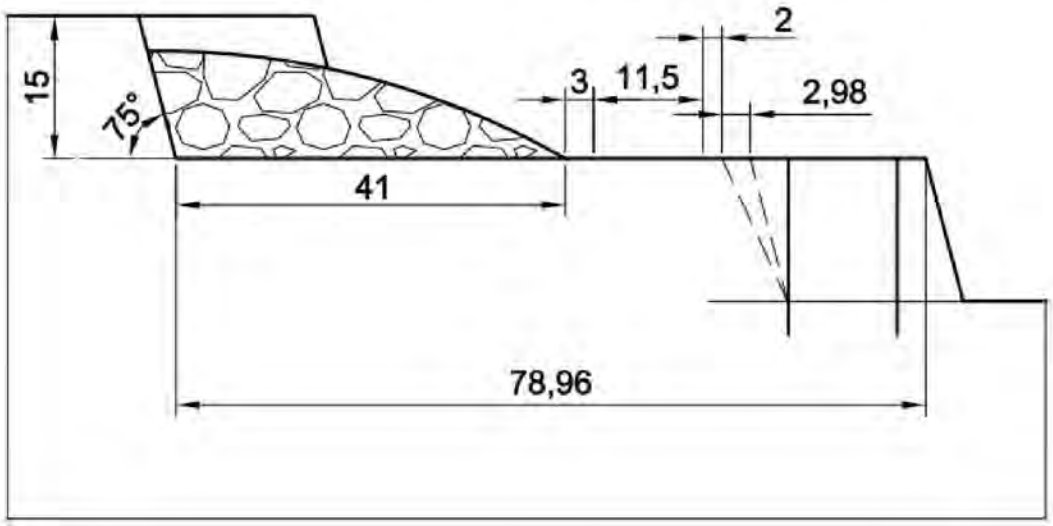


М 1:1000



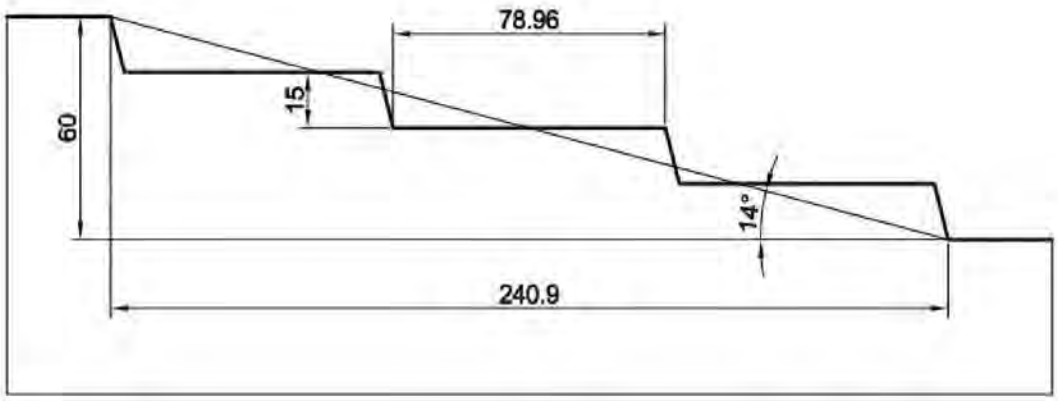
Нерабочий борт карьера с транспортными коммуникациями

М 1:1000



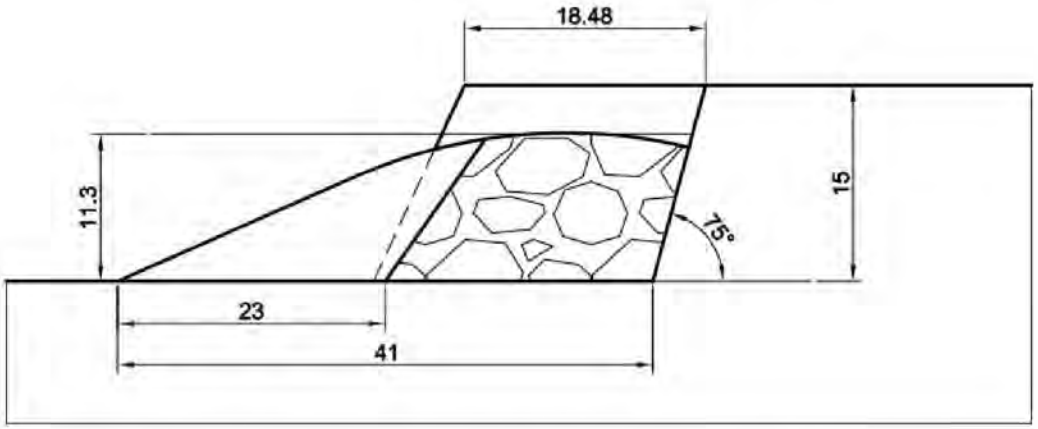
Рабочая площадка

М 1:2000



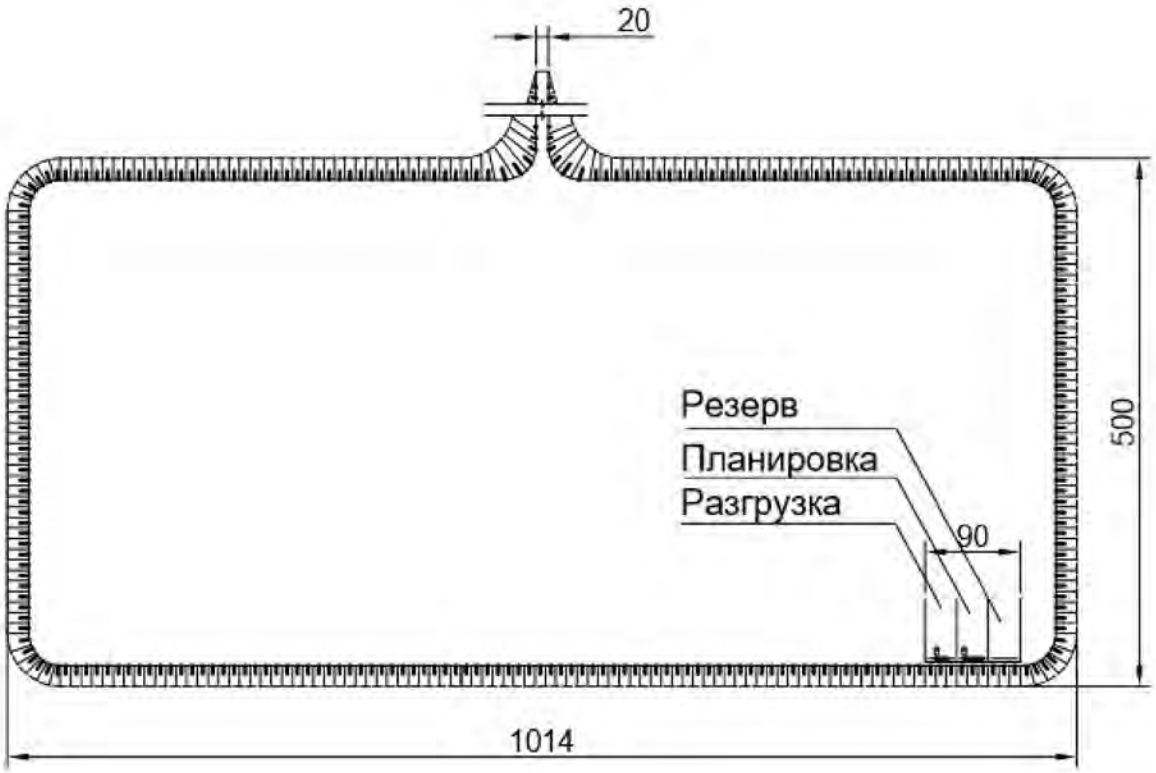
Рабочий борт карьера

М 1:2000



Развал взорванной горной массы и забой экскаватора

М 1:10000

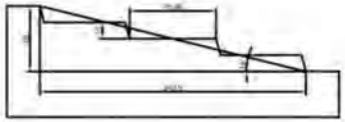


План отвала

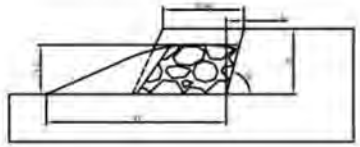
Образец выполнения чертежей



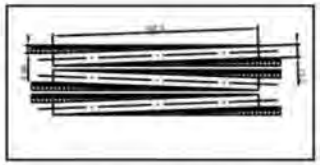
Масштаб 1:10000



Масштаб 1:2000



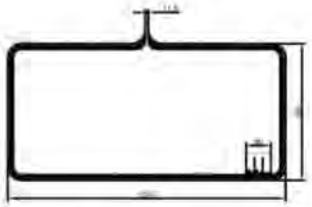
Масштаб 1:2000



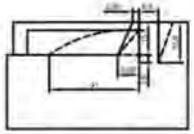
Масштаб 1:2000



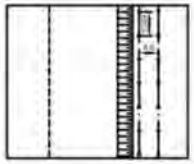
Масштаб 1:1000



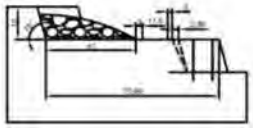
Масштаб 1:10000



Масштаб 1:1000



Масштаб 1:1000



Масштаб 1:1000

		Открытая разработка месторождений
	Карьер	
		ОГР–12

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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.

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

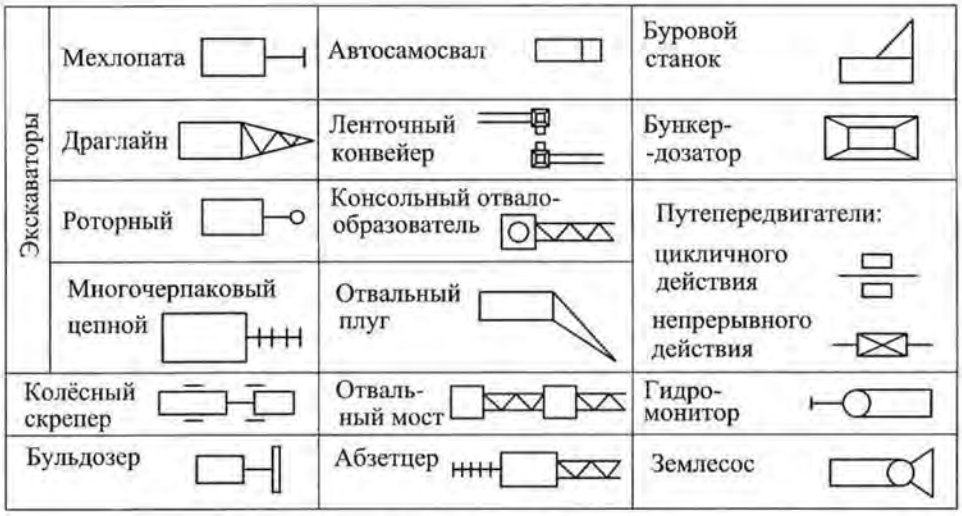
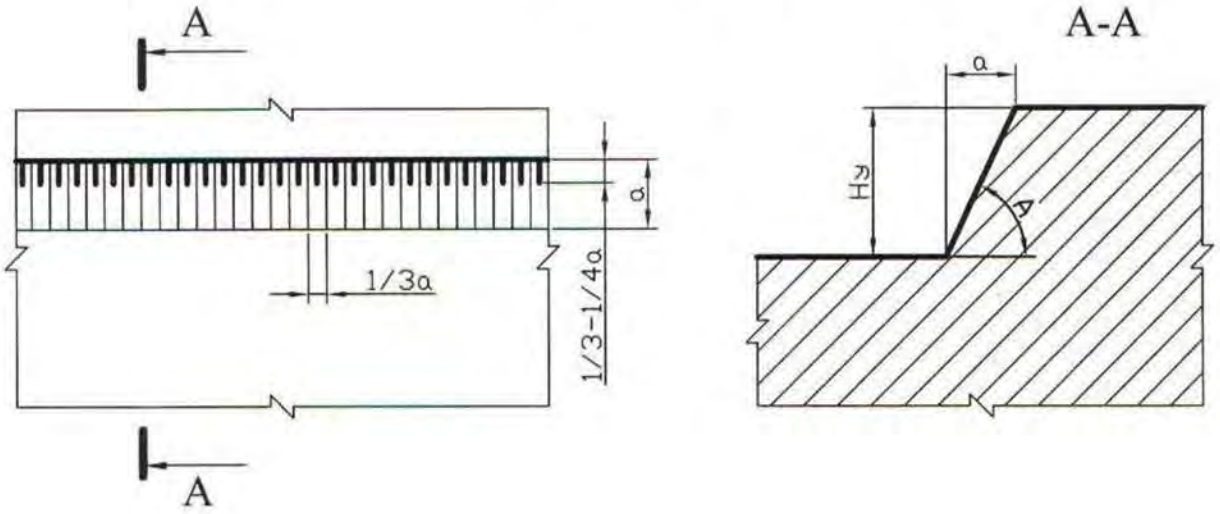


Рис. 1.3. Условные изображения горного оборудования

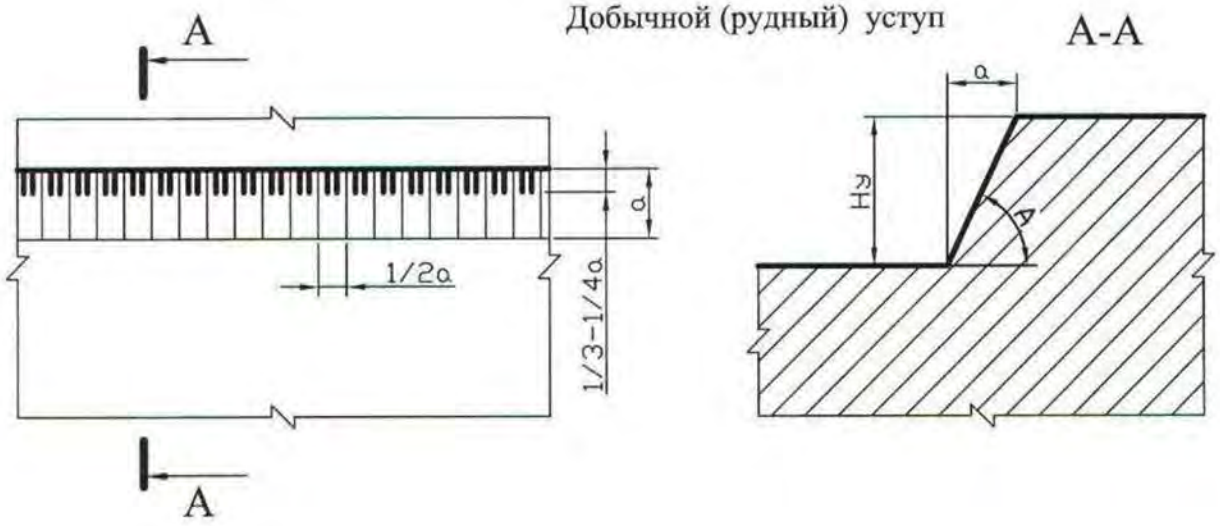
Наименование элемента	Обозначение элемента
Горизонтальное проложение породного уступа в целике	
Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного в целике	
Горизонтальное проложение породного уступа, пройденного по разрыхленой горной массе	
Горизонтальное проложение уступа в полезном 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

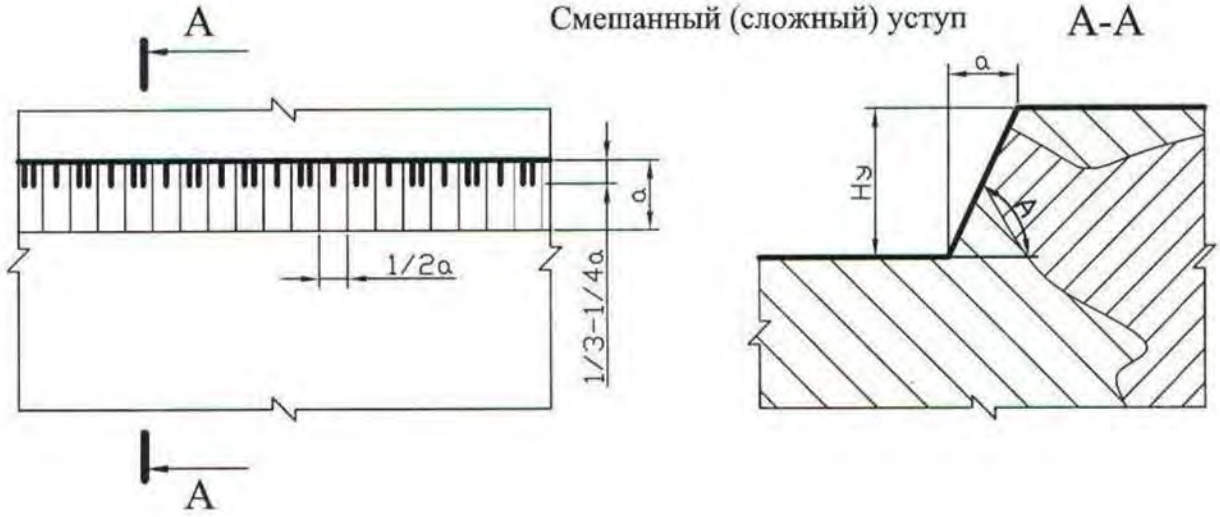


Рис. 1.5. Изображение уступов в целике

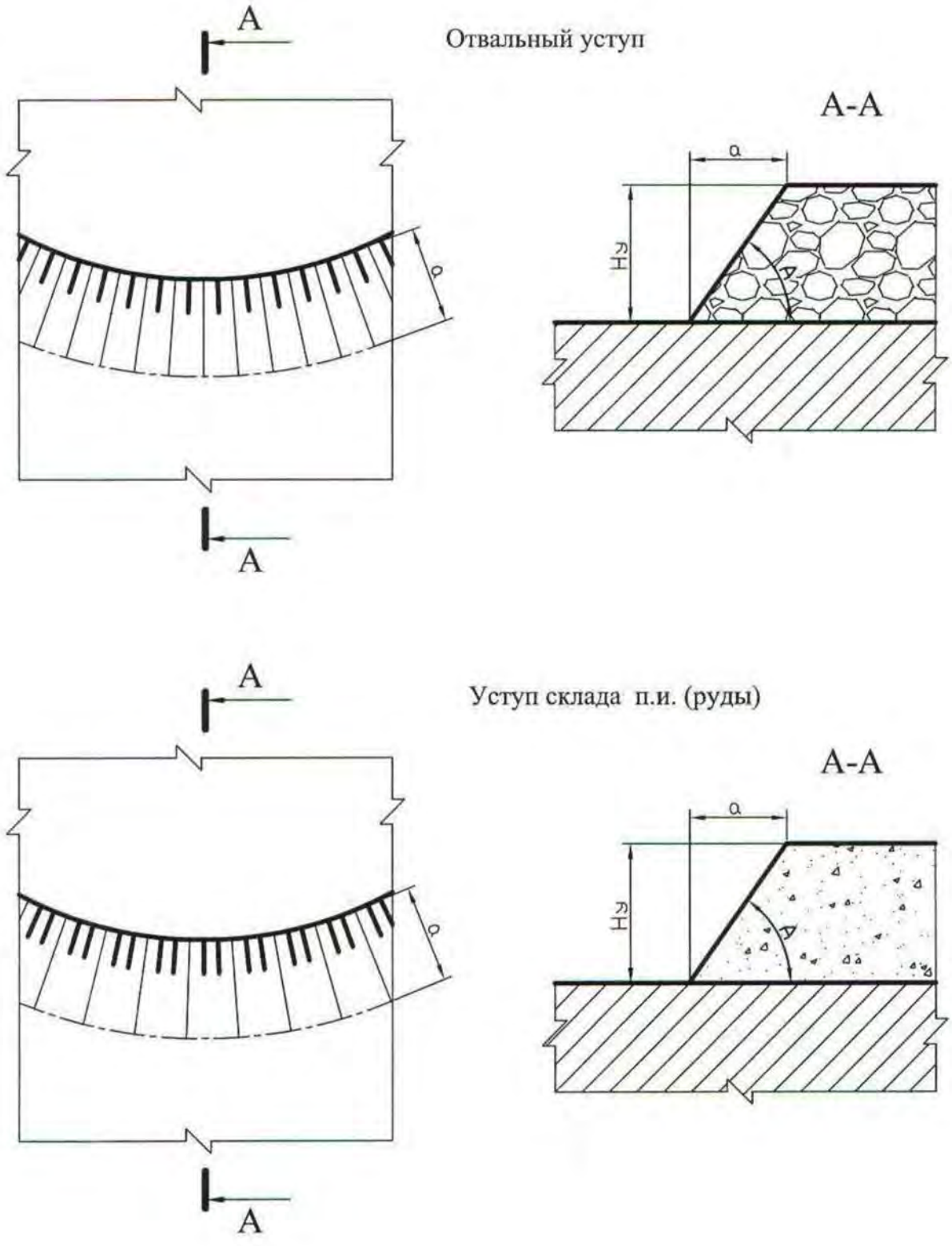
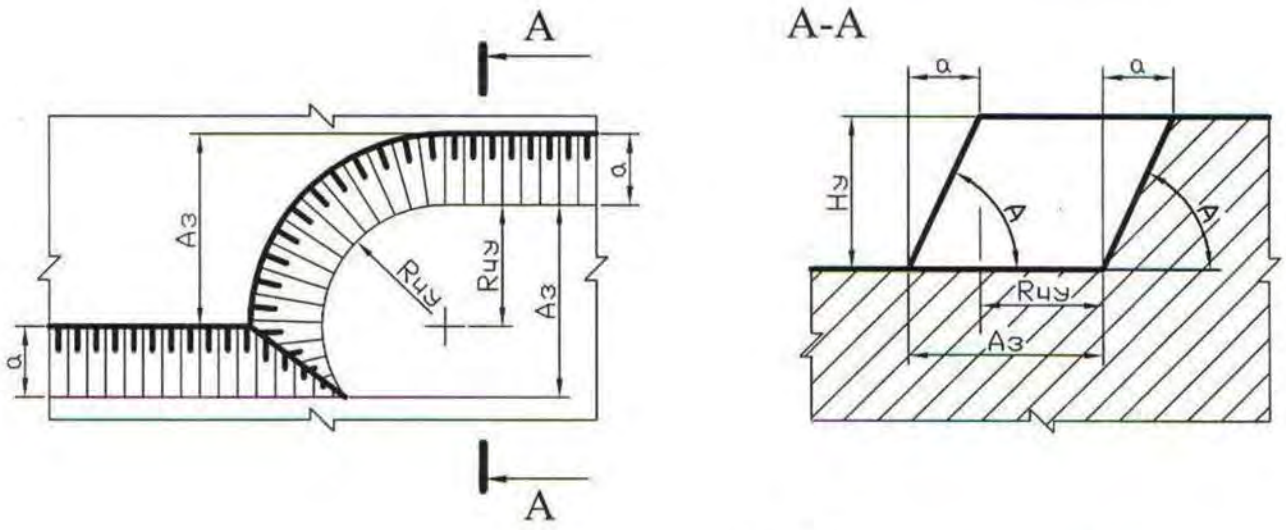
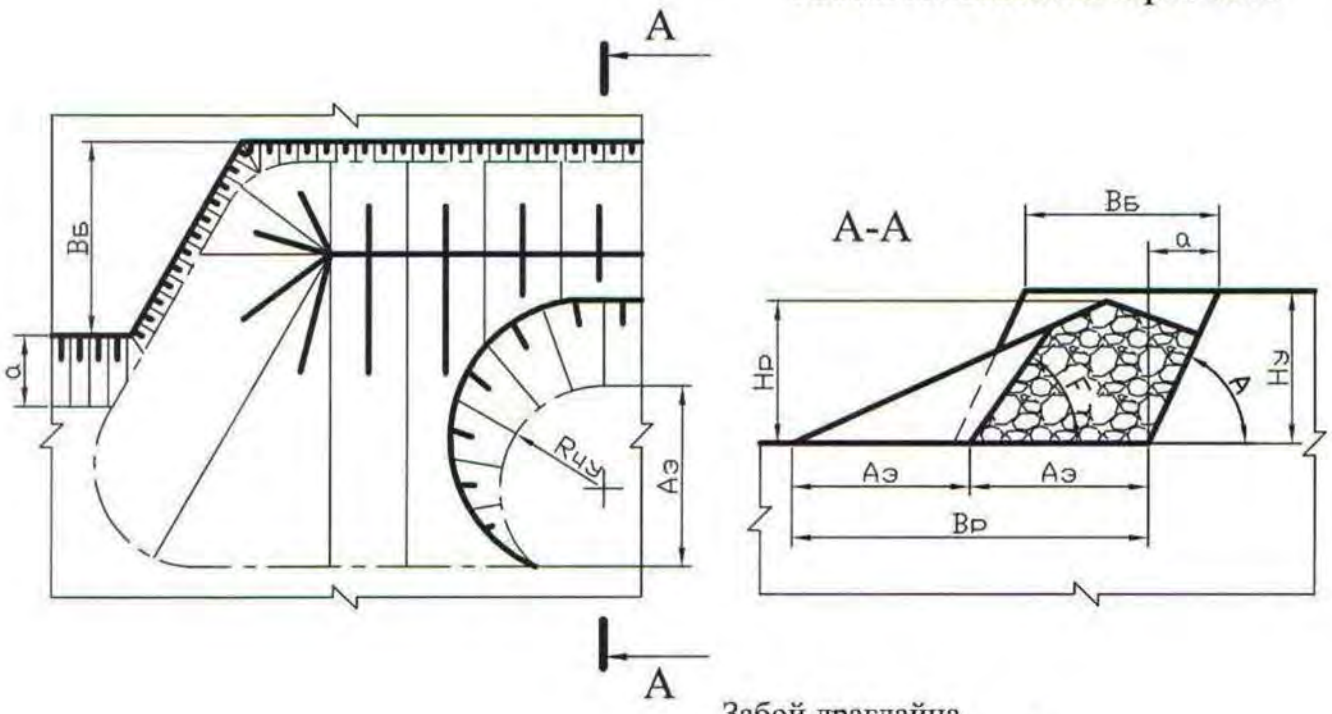


Рис. 1.6. Изображение уступов в искусственно разрыхленных горных породах

Забой мехлопаты в массиве



Забой мехлопаты в развале



Забой драглайна

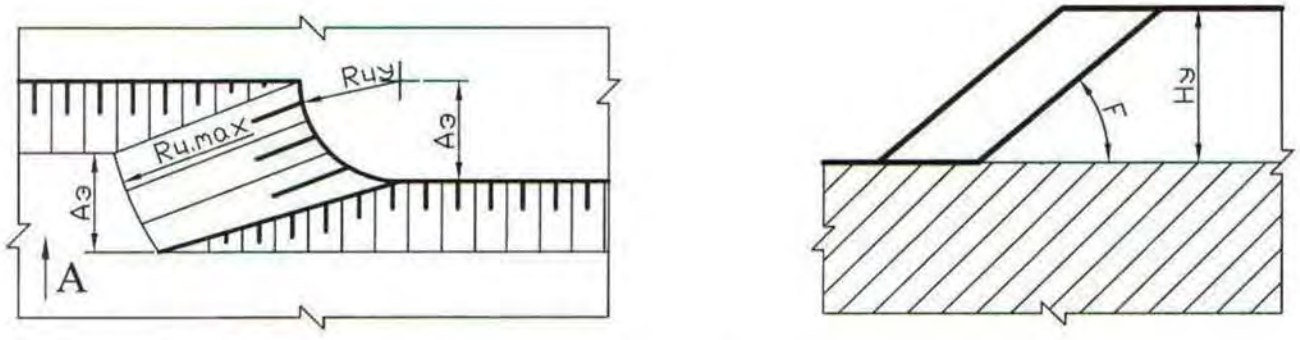


Рис. 1.7. Изображение забоев одноковшовых экскаваторов

Забой роторного экскаватора

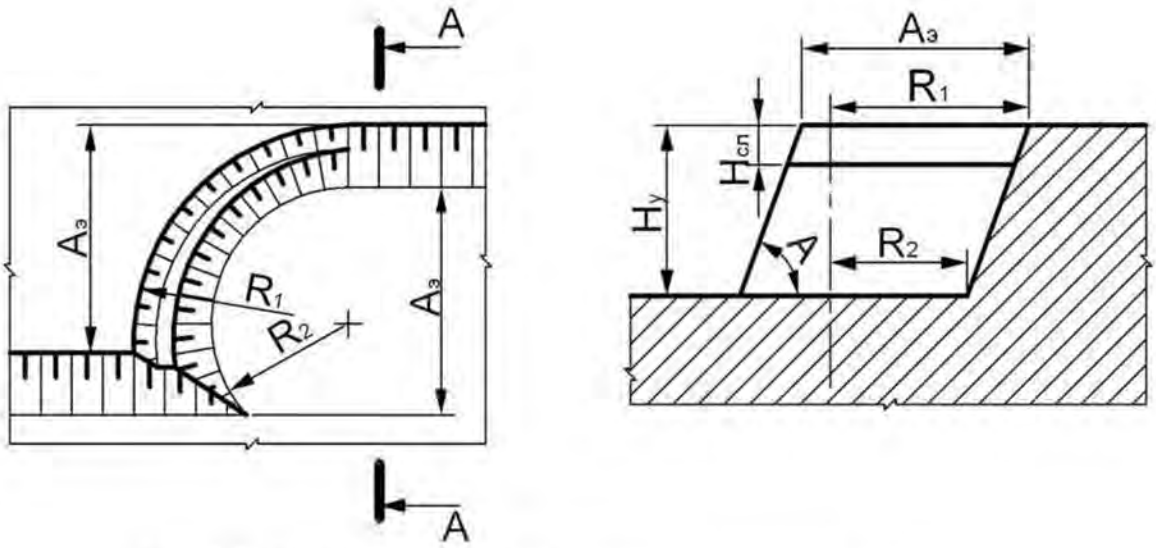


Рис. 1.8. Изображение забоя роторного экскаватора

Забой бульдозера

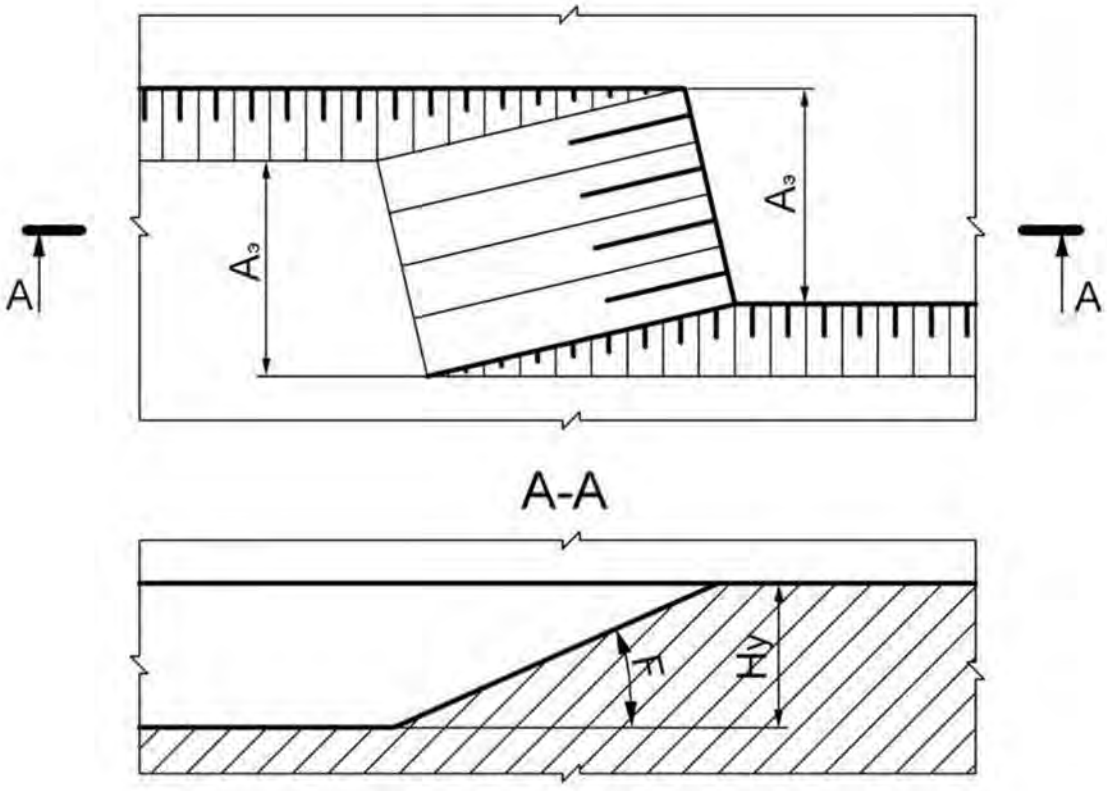


Рис. 1.9. Изображение бульдозерного забоя

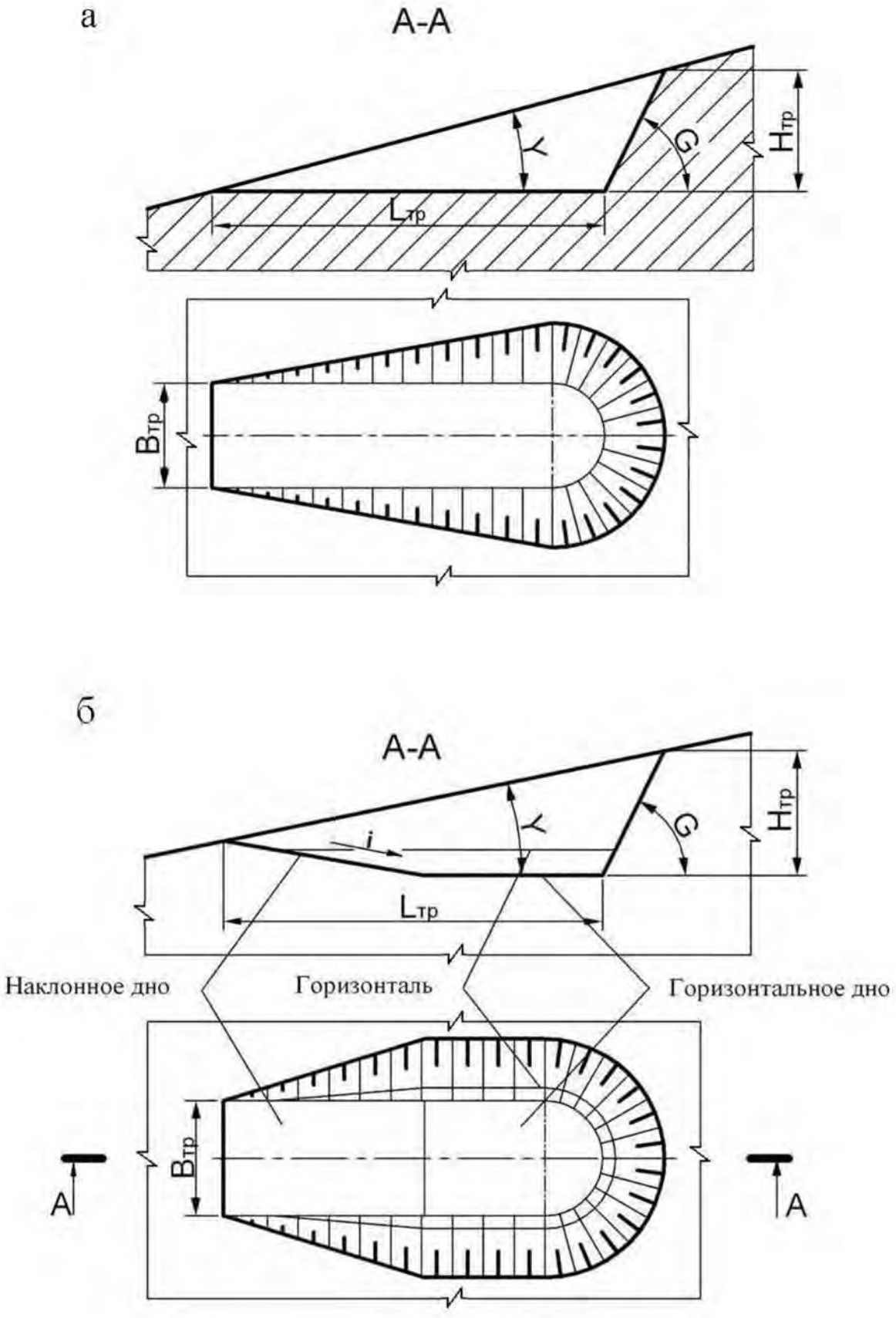


Рис. 1.10. Траншея на косогоре:
а – траншея с горизонтальным дном;
б – траншея с наклонным и горизонтальным дном

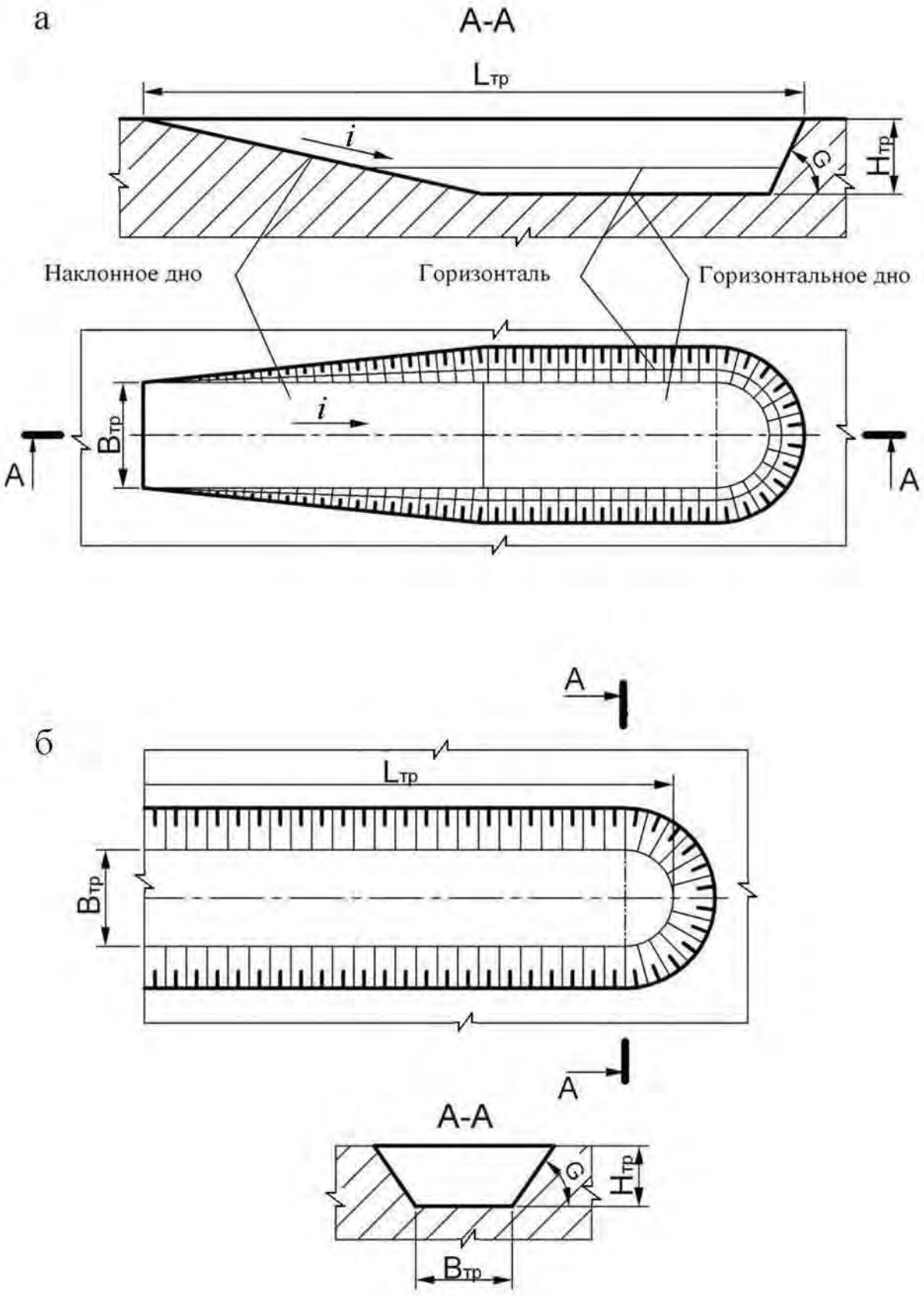
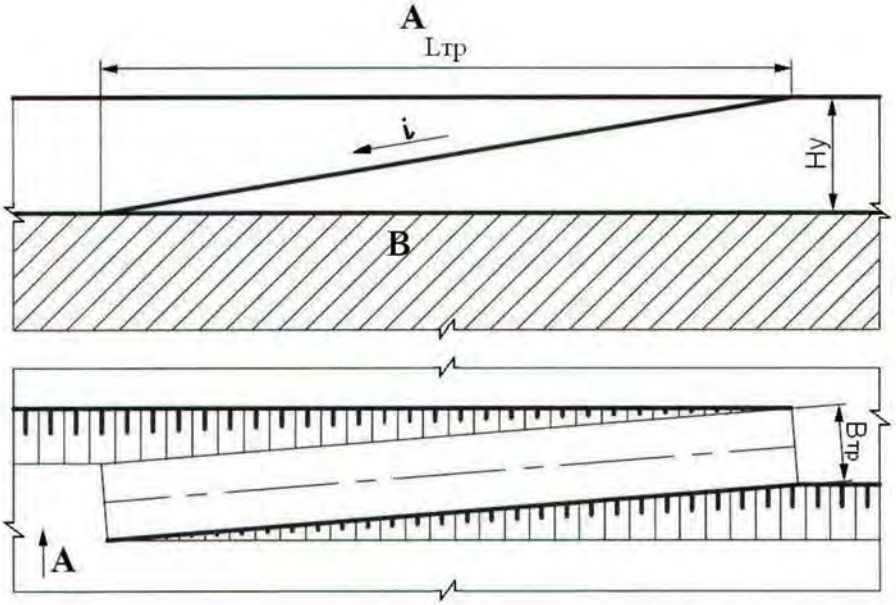
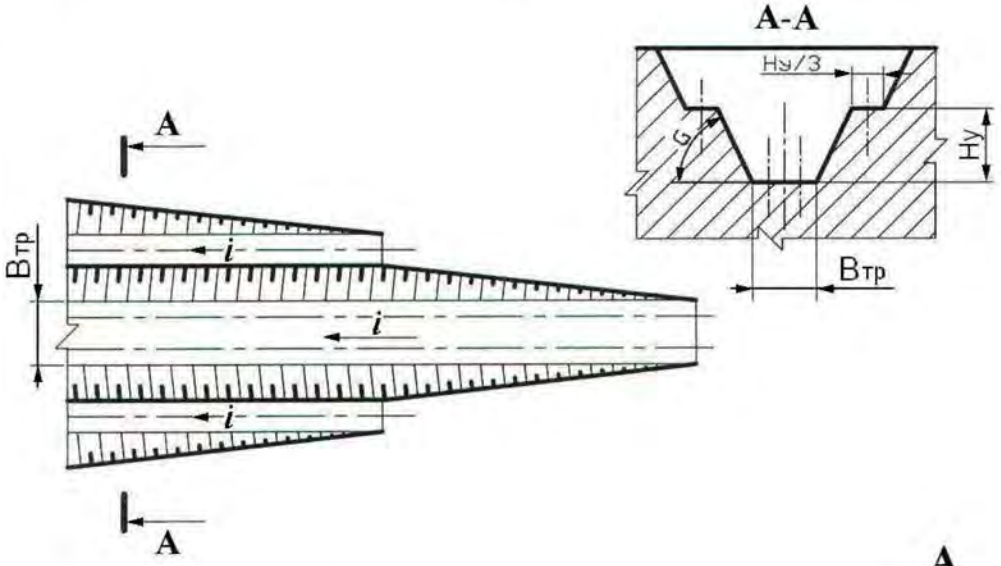


Рис. 1.11. Горизонтальные траншеи в равнинной местности:
а – траншея с горизонтальным и наклонным дном;
б – траншея с горизонтальным дном

а



б



в

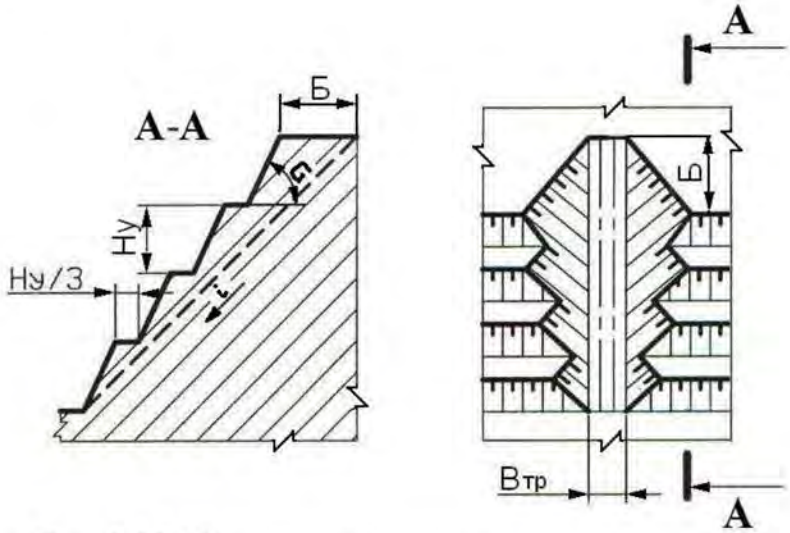


Рис. 1.12. Наклонные траншеи
а – внутренняя полутраншея (съезд); *б* – траншея групповая;
в – траншея крутонаклонная

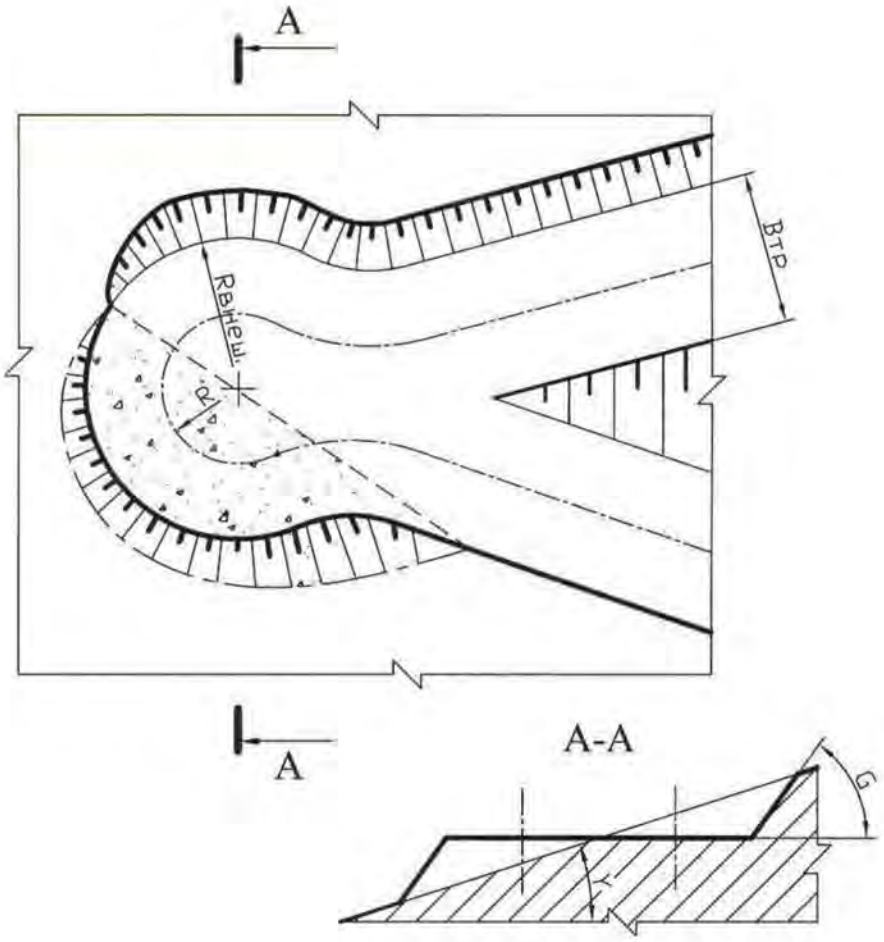


Рис. 1.13. Серпантина на косогоре

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].

$$V_т = V_1 + 2V_2, \qquad (2.1)$$

где $V_т$ – 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.

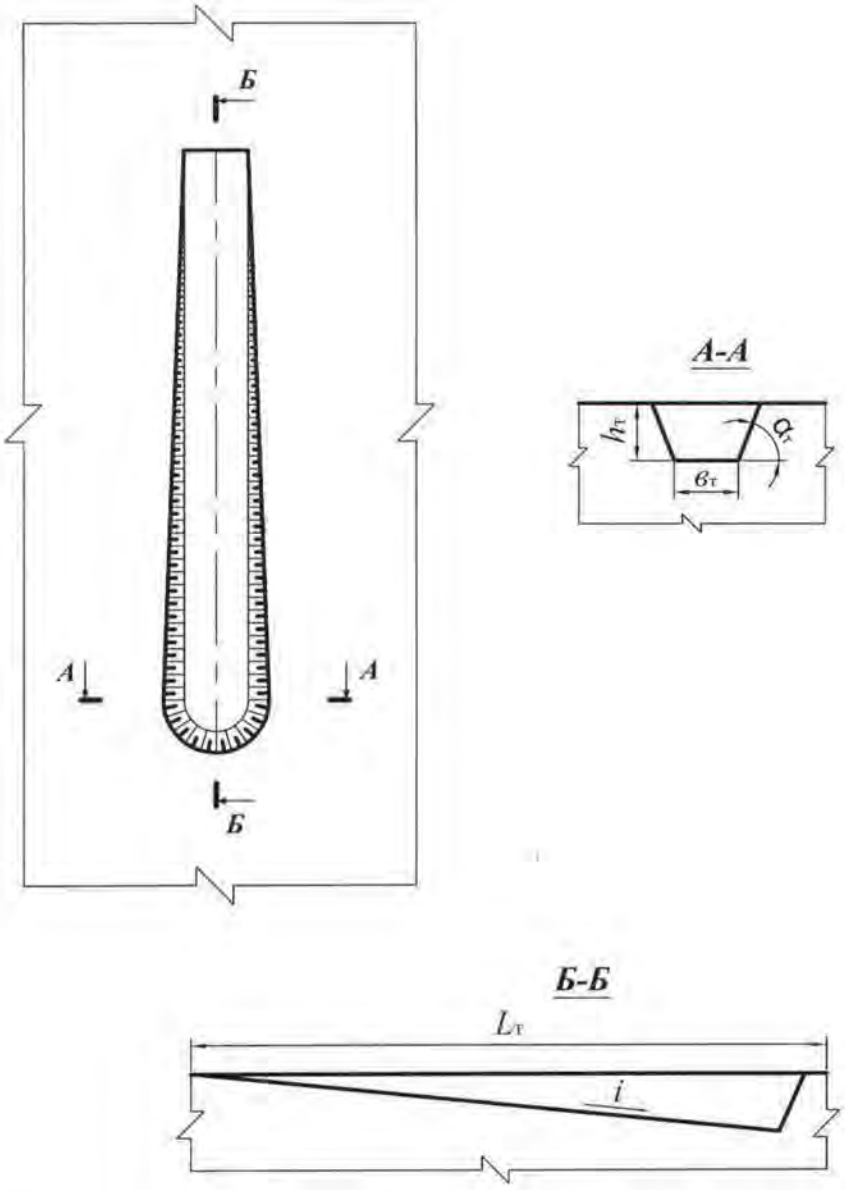


Рис. 2.1. Схема к расчету объема капитальной траншеи

Объем пирамиды V_2, (м^3) определяется

$$V_2 = \frac{h_т^3}{6i \operatorname{tg} \alpha_т}, \qquad (2.3)$$

где $\alpha_т$ – угол откоса борта траншеи, град.

После преобразования формулы (2.1) с учетом (2.2) и (2.3) объем траншеи

$$V_т = \frac{h_т^2}{i}\left(\frac{b_т}{2} + \frac{h_т}{3 \operatorname{tg} \alpha_т}\right). \qquad (2.4)$$

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)

$$V_к = V_1 + V_2 + V_3, \qquad (3.1)$$

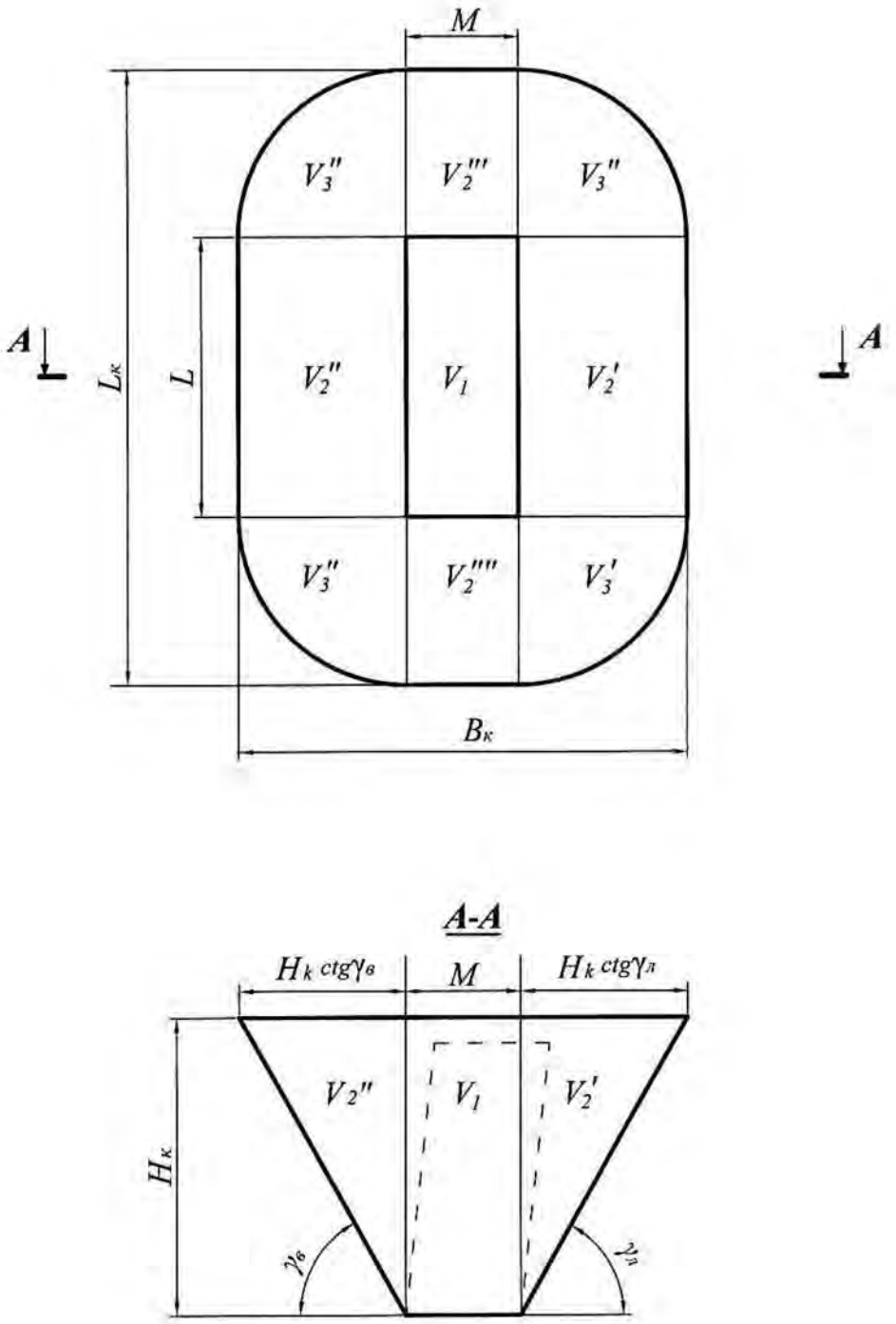


Рис. 3.1. Схема к расчету объема карьера

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 ($d_с$, мм)

$$d_с = d_д k_{разб}, \tag{4.1}$$

где $d_д$ – диаметр долота, мм;

$k_{разб}$ – коэффициент разбуривания, принимаемый в зависимости от крепости пород (прил. 5).

4.2.2.2. Определяется длина перебура ($l_{пер}$, м)

$$l_{пер} = 11 d_с, \tag{4.2}$$

где $d_с$ – диаметр скважины, м.

4.2.2.3. Определяется длина скважины ($l_с$, м)

$$l_с = H_у + l_{пер}, \tag{4.3}$$

где $H_у$ – 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).

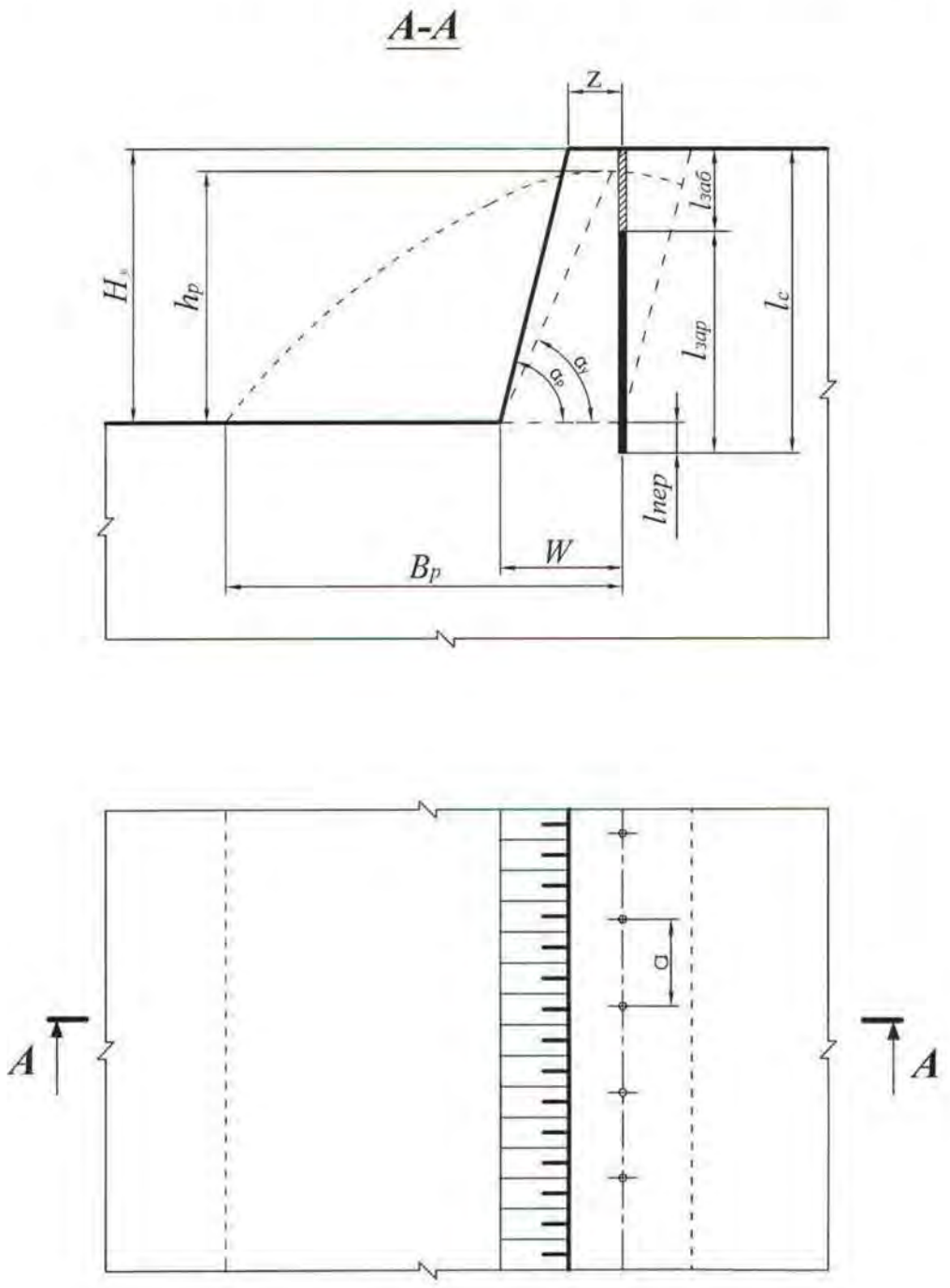


Рис. 4.1. Расположение скважин на уступе

4.2.2.5. Определяется длина забойки ($l_{заб}$, м)

$$l_{заб} = 0{,}27 l_c, \tag{4.4}$$

где l_c – 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

$$v_б = \frac{P_o n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \qquad (5.1)$$

где P_o – 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 ($А_г$, м^3/год)

$$А_г = А_с\, n_г, \tag{6.8}$$

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.)

$$N_{эс} = \frac{П_{г.м}}{Аг}, \tag{6.9}$$

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) ($А_з$, м):

при железнодорожном транспорте

$$А_з = (1{,}5 \div 1{,}7) R_{ч.у}\,; \tag{6.12}$$

при автомобильном транспорте

$$А_э = (0{,}8 \div 1{,}2) R_{ч.у}\,, \tag{6.13}$$

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) ($Н_у$, м) для скальных пород

$$Н_у \le 1{,}5 Н_ч^{max}, \tag{6.14}$$

где $Н_ч^{max}$ – максимальная высота черпания экскаватора, м [1, с. 85, табл. 10].

6.2.3. Исследовать зависимость технической производительности экскаватора от угла поворота и построить график $А_т = f(\beta)$.

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;

$v_{ср.т}$ – средняя техническая скорость движения автосамосвала по трассе, км/ч; $v_{ср.т}$ определяется в зависимости от заданного расстояния транспортирования (L, км) и высоты подъема горной массы ($H_п$, м) по прил. 15.

7.2.2.4. Производится расчет $T_ц^а$. При этом $t_{м.п}$, $t_{м.р}$ и $t_р$ принимаются из прил. 13 для выбранной модели автосамосвала.

7.2.2.5. По формуле 7.1 производится расчет сменной производительности автосамосвала при $k_и = 0{,}8$; $T_{см} = 8$ ч.

7.2.2.6. Производится расчет рабочего и инвентарного парка автосамосвалов.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{а.р}$, ед.)

$$N_{а.р} = \frac{V_{см}}{Q_а}, \tag{7.10}$$

где $V_{см}$ – сменный объем перевозок, т/смену.

$$V_{см} = k_н\left(П_{п.и}^{см} + П_в^{см}\rho\right), \tag{7.11}$$

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.

$П_{п.и}^{см}$ и $П_в^{см}$ принимаются по результатам выполнения практической работы № 3, ρ – по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{а.и}$, 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)

$$\operatorname{tg}\gamma = H_{н.б} / C_{н.б}. \quad (8.8)$$

Затем сам угол откоса, град, нерабочего борта карьера (γ):

$$\gamma = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\gamma). \quad (8.9)$$

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.

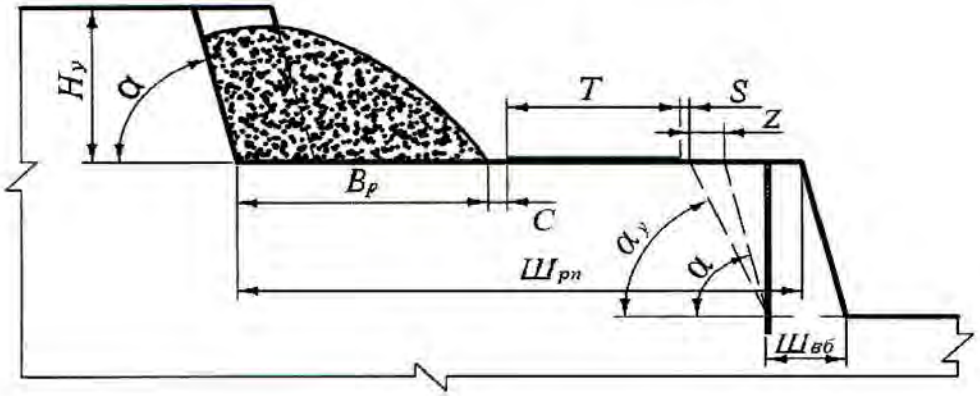


Рис. 8.1. Рабочая площадка

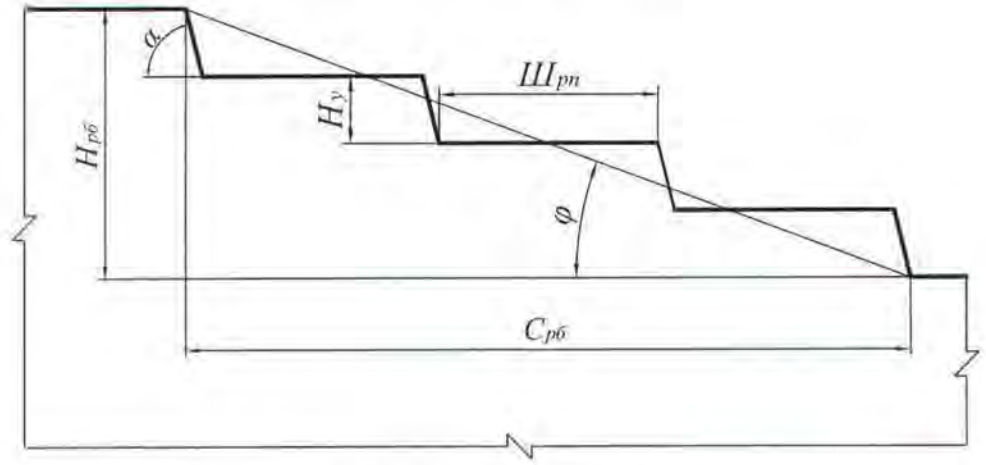
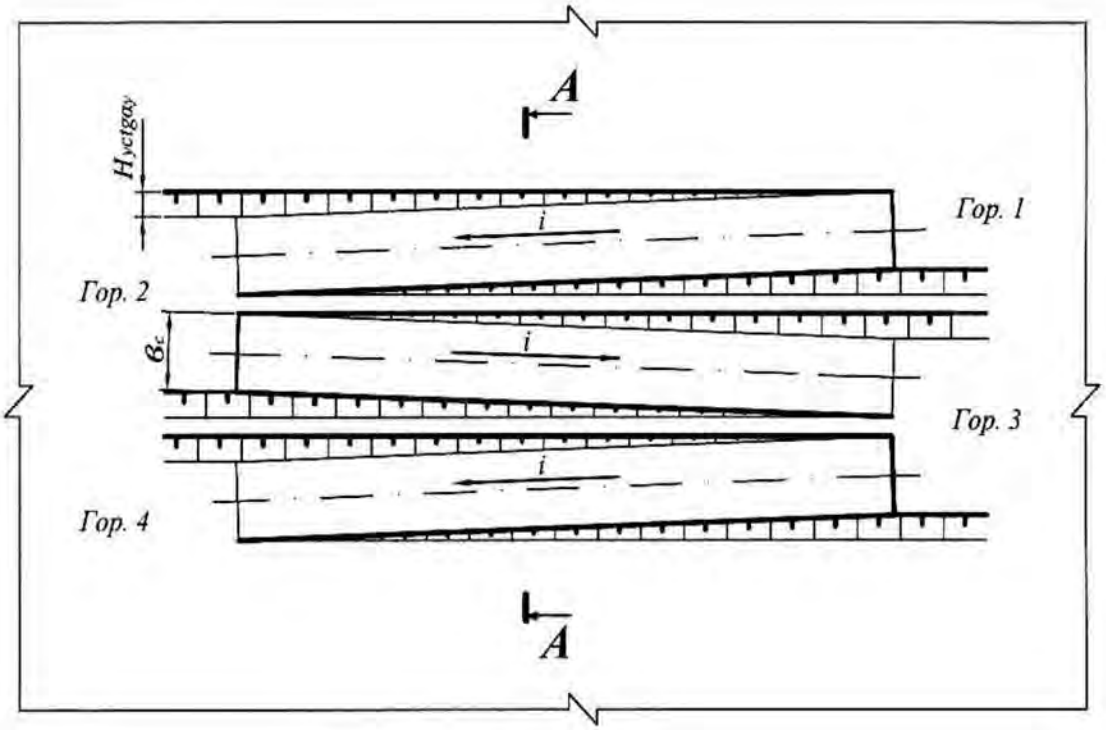


Рис. 8.2. Рабочий борт карьера

а)



б)

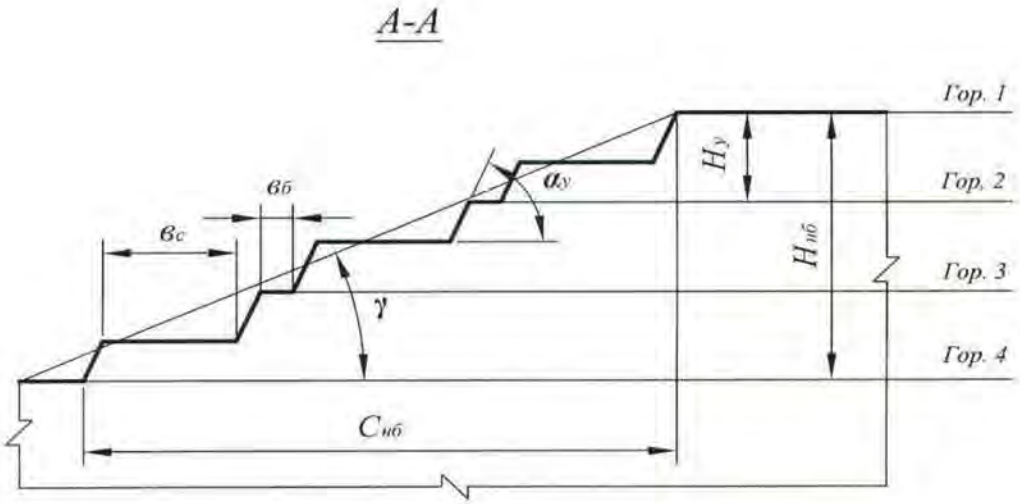


Рис. 8.3. Нерабочий борт карьера:
а – автомобильный съезд на нерабочем борту; *б* – профиль нерабочего борта

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 ($S_о$, м^2)

$$S_о = \frac{W k_р^о}{n_я h_я \eta_о}, \qquad (9.1)$$

где W – объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м^3 (см. прил. 17);

$k_р^о$ – 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)

$$Q_{б} = П_{в}^{см} k_{н} k_{зав}, \quad (9.7)$$

где $П_{в}^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м^3/смену;

$$П_{в}^{см} = П_{в}^{ч} T_{см}, \quad (9.8)$$

где $k_{зав}$ – средний коэффициент «заваленности» (см. прил. 18).

9.2.2.7. Выбирается модель бульдозера (см. прил. 19) и определяется число бульдозеров в работе ($N_б$, ед.):

$$N_б = Q_б / П_б, \quad (9.9)$$

где $П_б$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену (принимается по прил. 19).

9.2.2.8. Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{б.и}$, ед.)

$$N_{б.и} = 1{,}4\ N_б, \quad (9.10)$$

где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

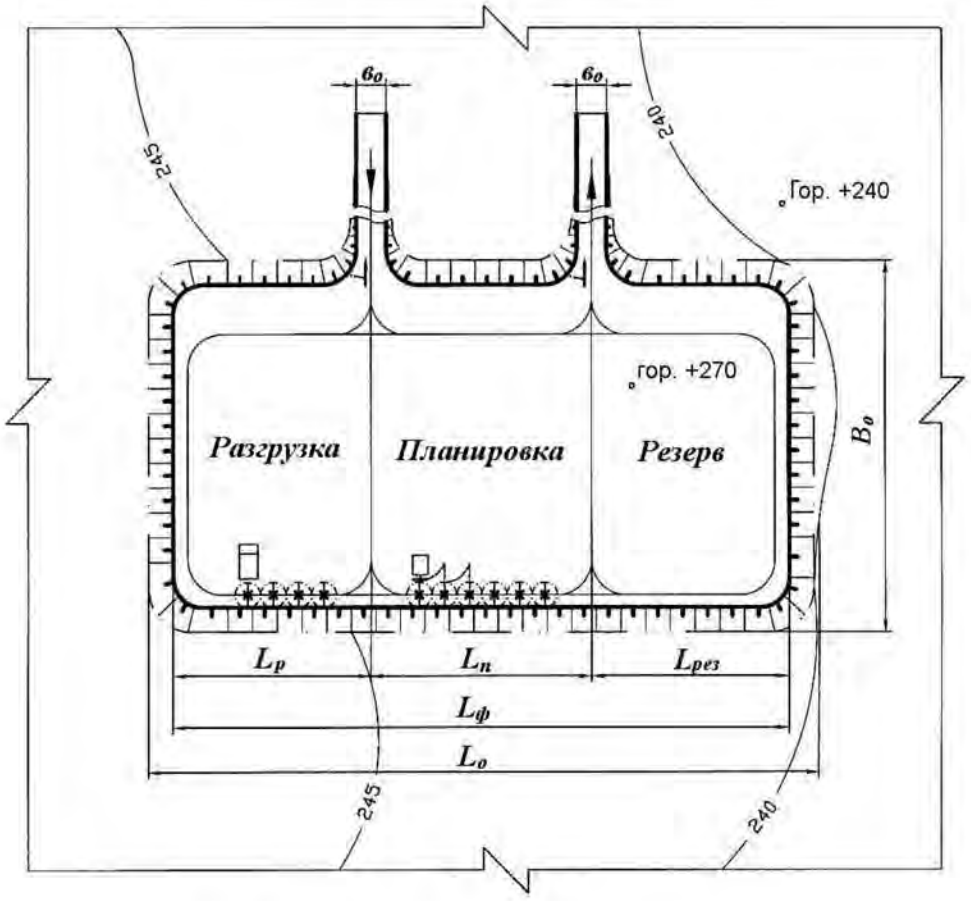


Рис. 9.1. План бульдозерного отвала

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	$R_{ч.max}$, 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 траншея	28	8	1	20	60
20	Внутри карьера				7,5	22	450	65	Внешняя траншея	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 траншея	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 траншея	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 траншея	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 групповая 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 траншея	30	8	1	17	70
28	Внутри карьера				15	30	600	75	Внешняя групповая 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 траншея	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

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 $k_з$

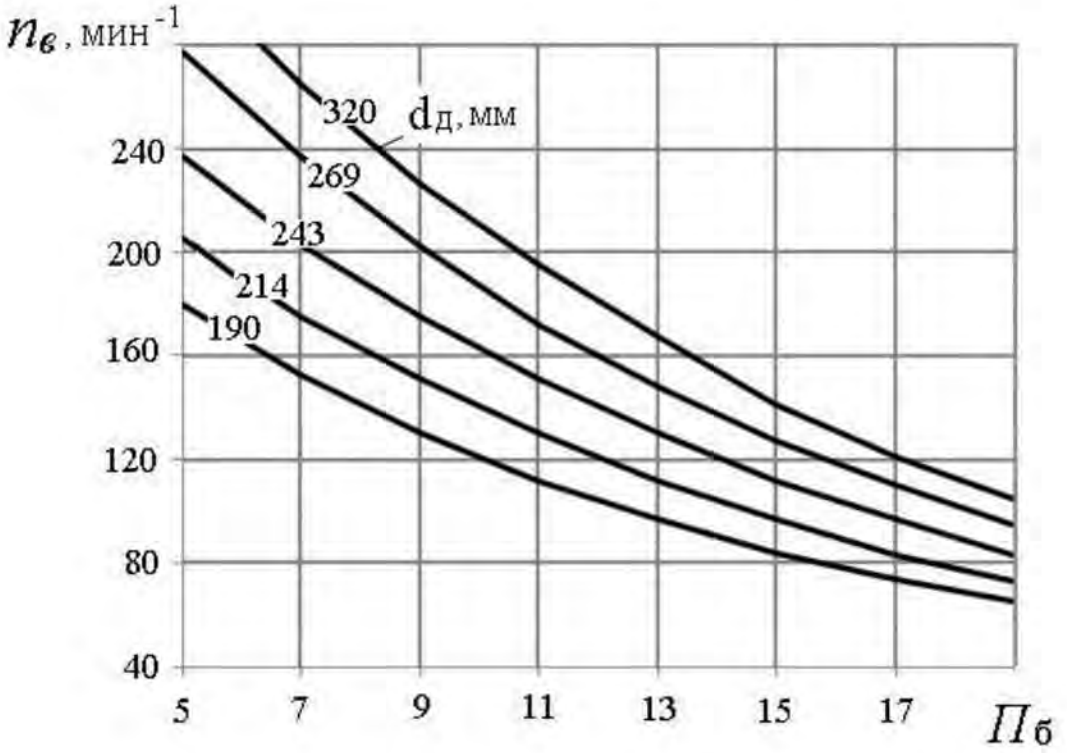
Время замедления, τ, мс	0	10	25	50	75 и более
$k_з$	1	0,95	0,90	0,85	0,80

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

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

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	$\varphi = f(Ш_{р.п})$

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 $k_{р}^{о}$, $k_{зав}$ и высоты яруса $h_{я}$

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 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»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.

Екатеринбург

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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Автор: Кокарев К.В.

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

$$Sэ = m / Sin\ \alpha * L,\ м^2 \qquad (3.7)$$

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.

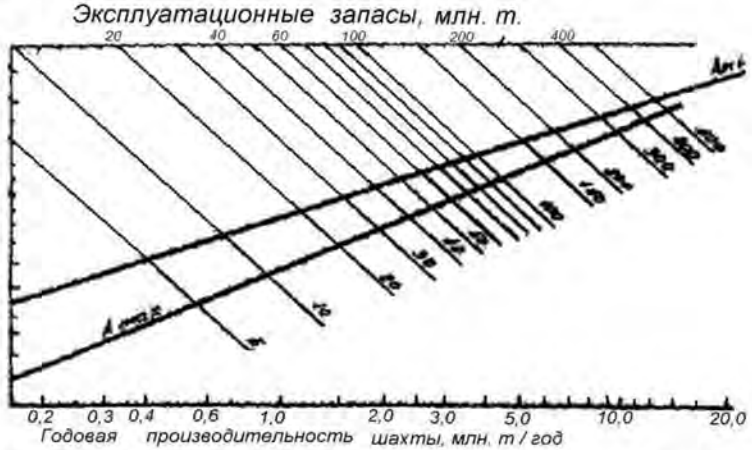


Рис. 3.1. Диаграмма для определения годовой производительности рудника (глубины до 600 м).

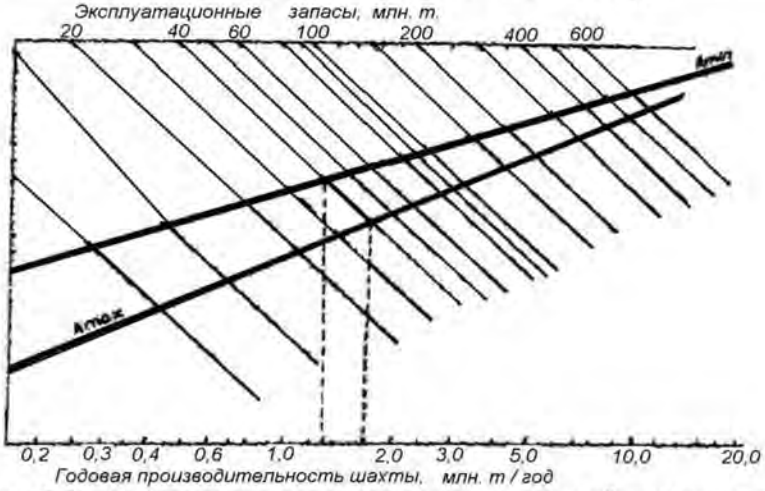


Рис. 3.2. Диаграмма для определения годовой производительности рудника (глубины более 600 м)

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].

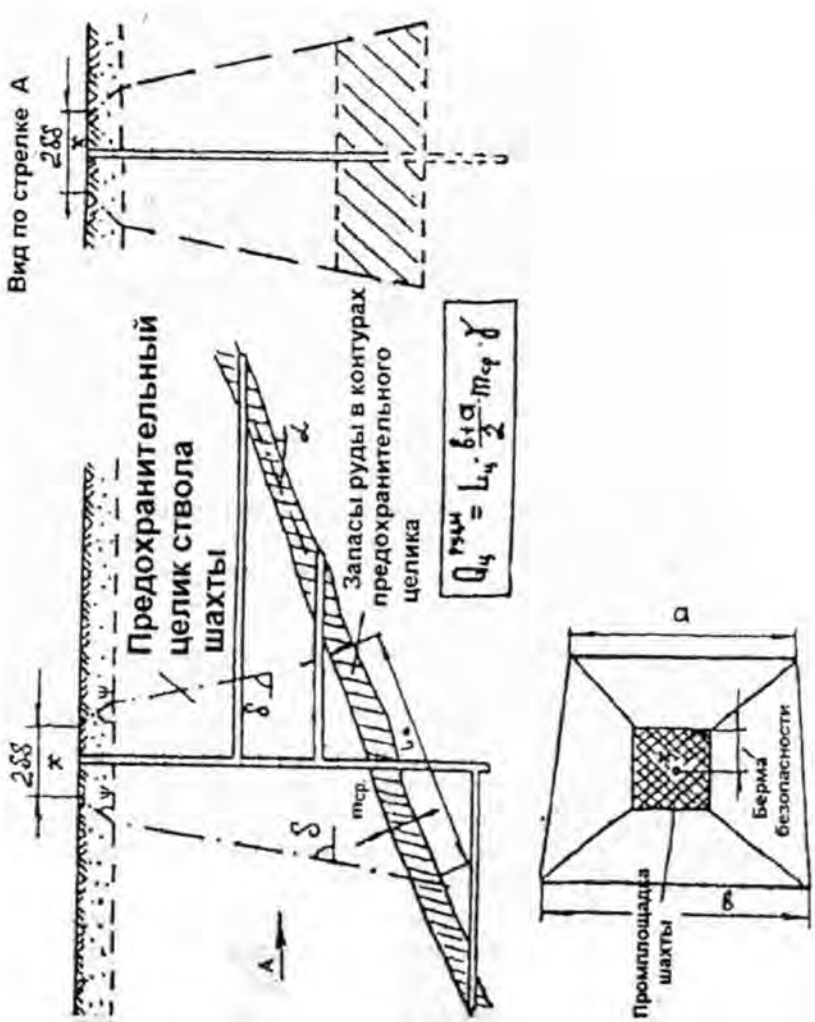


Рис. 3.4. Построение охранного целика

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 головки 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	4,4	3,92	3,46	3,8	2,7	2,6	2,6
вразбежку	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:

$$q = \sum(l_{п.в.} (1 - K_R) 1000) / (S H \gamma (1 - Kп)) =$$
$$= (1200 (1 - 0,15) 1000) / 10500\ 50\ 2,6 (1 -0,1) =$$
$$= 0,83 \text{ пог.м./1000т}$$

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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Автор: Кокарев К.В.

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.



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. М. Вандышев, В. В. Потапов

ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА. ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие

по выполнению практических работ по дисциплине
«Основы горного дела»
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации
«Открытые горные работы»

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. М. Вандышев, В. В. Потапов

ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА. ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие

по выполнению практических работ по дисциплине
«Основы горного дела»
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации
«Открытые горные работы»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

УДК 622.34
В 17

Рецензент: Беркович В. Х., канд. техн. наук, доцент кафедры ГД
(ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»)

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры горного дела 17 апреля 2019 (протокол № 7-17.04.2019) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Вандышев А. М. , Потапов В. В.

В 17 ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА. ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ. Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ по дисциплине «Основы горного дела» для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации «Открытые горные работы»

Изложены теоретические основы, методические указания и задания по практическим работам. Приведены примеры выполнения работ.
Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 21.05.04 Горное дело специализации «Открытые горные работы»

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Вандышев А. М., 2019
Потапов В. В., 2019

1. ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ И ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Цель работы. Закрепление и углубление знаний студентов по условиям и элементам залегания угольных пластов, а также привитие студентам навыков по определению основных параметров залегания полезных ископаемых.

Теоретические основы выполнения работы.

По форме залегания месторождения твердых полезных ископаемых подразделяются на правильные и неправильные.

К правильным месторождениям относятся пласты (рис. 1.1, *а*) и пластообразные залежи.

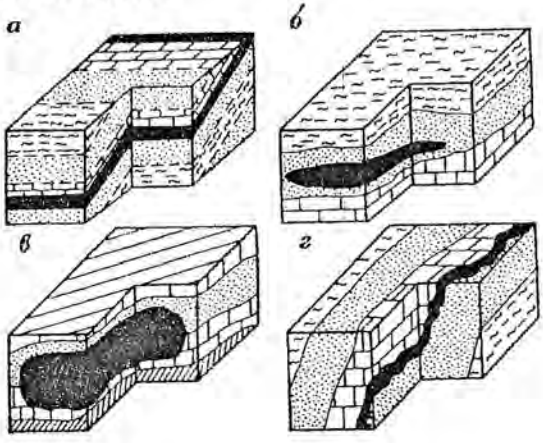


Рис .1.1. Форма залегания полезных ископаемых в недрах:
а – пласт; *б* – линза; *в* – гнездо; *г* – жила

Пластом называется плитообразная залежь, имеющая значительное распространение в земной коре и ограниченная двумя более или менее параллельными плоскостями. Весьма тонкие пласты, не разрабатываемые вследствие малой мощности (до 0,4 м), называются прослойками. Плоскости соприкосновения пластов отдельных пород называются плоскостями напластования.

Породы, залегающие над пластом полезного ископаемого, называются кровлей или висячим боком, залегающие ниже пласта, – почвой или лежачим боком.

Пласты могут иметь однородное (простое) и сложное строение (рис. 1.2). Тонкие слои пустой породы, заключенные в пласте, называются прослойками.

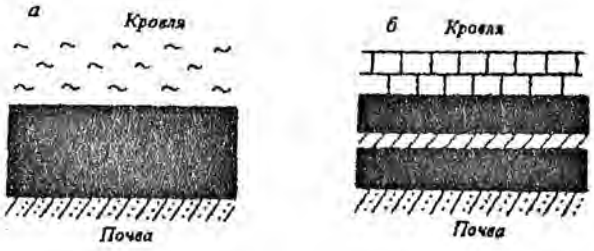


Рис. 1.2. Строение пластов:
а – простое; *б* - сложное

Правильную форму залегания обычно имеют месторождения полезных ископаемых осадочного происхождения (уголь, горючие сланцы, различные соли, гипс, марганцевые руды и т. п.).

Часть пласта, выходящая на земную поверхность или находящаяся неглубоко от нее под наносами, называется выходом пласта под наносы. Пласты угля залегают согласно, если они в земной коре расположены параллельно друг другу. Несколько согласно залегающих пластов составляют свиту.

К неправильным месторождениям относятся линзы (рис. 1.1, *б*), гнезда (рис. 1.1, *в*), жилы (рис. 1.1, *г*). Неправильную форму залегания имеют, как правило, рудные месторождения.

Жилой называется заполненная минеральным веществом трещина в земной коре. Жилы бывают простые и сложные. Ответвления от жил называют апофизами.

Такие формы залегания, как линзы, гнезда, штоки, представляют собой полости в земной коре, заполненные минеральным веществом. Они отличаются друг от друга формой и размерами. Такую форму залегания имеют месторождения железных, медных, полиметаллических и других руд.

Пласты горных пород в период образования залегали более или менее горизонтально, но под действием тектонических (горообразовательных) процессов, протекавших в земной коре, первоначальное залегание пород нарушалось в той или иной степени. В некоторых районах пласты оказались собранными в складки. Они могут занимать любое положение в земной коре.

Нарушения нормального залегания пластов называются дислокациями. Дислокации без разрыва сплошности называются пликативными, с разрывом сплошности – дизъюнктивными.

К пликативным нарушениям относятся утолщения и утонения пластов, а также складчатость (рис. 1.3).

В разрезе складки в горизонтальной плоскости в центре расположено **ядро**, а вокруг – боковые части или **крылья** складки. Если в ядре залегают более молодые породы, чем в крыльях, то складку называют синклинальной или сокращенно **синклиналью** (см. рис. 1.3, *а*).

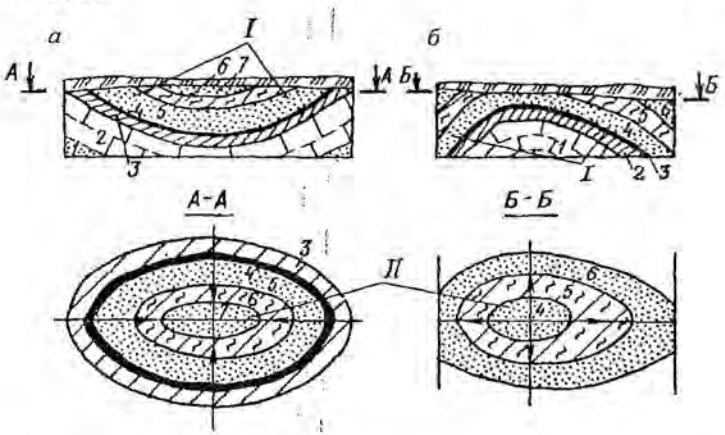


Рис. 1.3. Синклинальная (*а*) и антиклинальная (*б*) складки угольного пласта и вмещающих пород (стрелками на плане показано падение крыльев складок):

I - крылья складки; *II* - ядро складки; *1 - 7* – номера слоев горных пород в порядке убывания их геологического возраста

Если ядро складки сформировано более древними породами, чем крылья, то такую складку называют антиклинальной или **антиклиналью** (рис. 1.3, *б*). В синклинальной складке падение направлено к ядру, в антиклинальной – от ядра к ее краевым частям.

К дизъюнктивным (разрывным) нарушениям относят сброс, взброс, надвиг, сдвиг, грабен, горст. Для дизъюнктивного нарушения характерно наличие поверхности внутри горного массива, по которой произошли разрыв и последующие перемещения блоков сместителя. Породы, залегающие над сместителем, называют его висячим крылом, под сместителем - лежачим крылом. Угол между плоскостью сместителя и горизонтальной плоскостью называют углом падения сместителя.

Сброс образуется в том случае, если породы висячего крыла в результате тектонических движений оказываются опущенными по отношению к породам лежачего крыла (рис. 1.4, *а*).

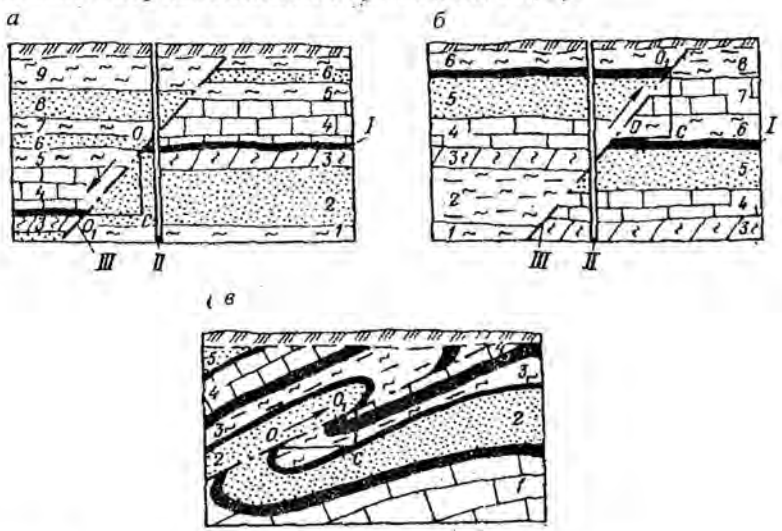


Рис.1.4. Сброс (*а*), взброс (*б*) и надвиг (*в*) пород:
1 - 9 - номера слоев горных пород в порядке убывания их геологического возраста; *I* – угольный пласт; *II* – разведочная скважина; *III* – след плоскости смещения

Взброс – такое разрывное нарушение залегания пласта, когда породы висячего крыла смещены вверх над породами лежачего крыла (рис. 1.4, *б*). Плоскость смещения при взбросе называют взбрасывателем. Для безошибочного распознавания типа нарушения следует пронумеровать слои пород и пласты в порядке убывания их геологического возраста и через плоскость смещения мысленно провести вертикальную скважину. При сбросе по линии скважины наблюдается пропуск слоев или пластов, при взбросе – их повторение.

Надвиг – взброс, у которого плоскость взбрасывателя наклонена на угол до 45° при значительном горизонтальном смещении взброшенного крыла (рис. 1.4, *в*). Сдвиг – разрыв с перемещением (раздвижкой) крыльев в горизонтальном направлении. Грабен и горст представляют собой блокообразное опускание и поднятие горных пород. Каждый из них имеет два разрыва и три крыла.

Перемещение какой-либо точки горных пород от начального ее положения по горизонтали (отрезок A_1M) называют горизонтальной, по вертикали (отрезок AM) – вертикальной амплитудой нарушения. На рис. 1.5 показаны элементы разрывных нарушений: простирание, характеризуемое азимутом линии простирания, и падение, характеризуемое углом падения, азимутом линии падения и амплитудой.

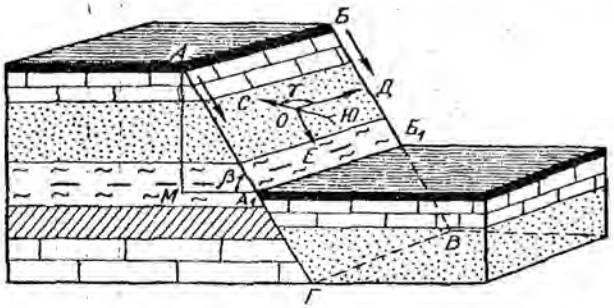


Рис.1.5. Элементы залегания геологического нарушения пласта типа сброса:
АБВГ – плоскость сместителя; *ОД* и *ОЕ* – соответственно простирание и падение сбрасывателя; *АМ* и MA_1 - соответственно вертикальная и горизонтальная амплитуды нарушения; γ - азимут линии простирания; β – угол падения сбрасывания

Для правильного выбора способа, технологии и средств механизации ведения горных работ важно возможно точнее знать не только форму, простирание, падение и мощность угольных пластов, но и тип, число и элементы залегания геологических нарушений.

Положение пластов в земной коре определяется элементами их залегания. К ним относятся простирание, угол падения и мощность.

Положение пласта в пространстве определяется линией простирания – линией пересечения пласта с любой горизонтальной плоскостью (рис. 1.6). Направление линии простирания в пространстве принято называть простиранием пласта. Так как линия простирания всегда лежит в горизонтальной плоскости, то на плане ее длина изображается без искажений.

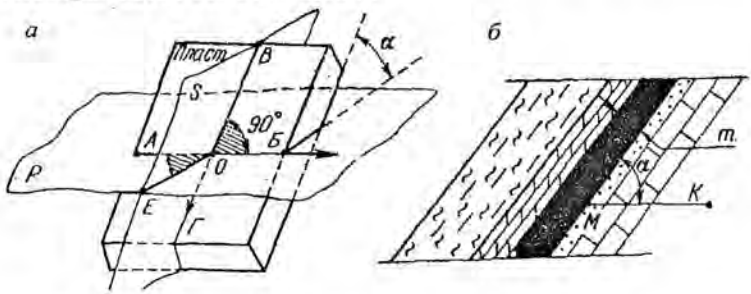


Рис. 1.6. Элементы залегания угольного пласта:
а – общий вид; *б* – вертикальный разрез, проведенный перпендикулярно к линии простирания; *Р* – горизонтальная плоскость; *S* - вертикальная плоскость; *ЕО, МК* – линии вкрест простирания; *α* – угол падения; *m* – мощность пласта; $\angle AOE = 90°$

Направление простирания пласта определяется углом, который составляет линия простирания с меридианом.

Линия, лежащая в плоскости пласта перпендикулярно линии простирания, называется линией падения, а само направление этой линии – падением пласта.

Угол, который составляет линия падения пласта с горизонтальной плоскостью, называется углом падения пласта.

В зависимости от формы залегания и способа разработки полезных ископаемых их делят на горизонтальные, пологие, крутонаклонные и крутые (табл. 1.1).

Таблица 1.2

Классификация залежей полезных ископаемых по мощности

Тип пласта (залежи) по мощности	Мощность, м			
	угольных пластов			рудных месторождений
	при подземной разработке	при открытой разработке		
		горизонтальные и пологие	наклонные и крутые	
Весьма тонкий	до 0,7	-	-	до 0,6
Весьма малой мощности	-	до 3-5	до 15-25	-
Тонкий	0,71-1,2	-	-	0,6-2
Малой мощности	-	6-20	25-75	-
Средней мощности	1,21-3,5	20-40	75-100	2-5
Мощный	> 3,5	-	-	5-20
Весьма мощный	-	-	-	>20
Большой мощности	-	> 40	>100	-

Содержание и порядок выполнения работы

Первоначально студенты должны ознакомиться с теоретическими основами работы. Затем по планам горных работ они знакомятся с правилами нанесения элементов залегания пластов, изучают их структурные колонки, устанавливают наличие и вид геологических нарушений

При работе с планами и схемами горных работ студенты осуществляют зарисовку структурных колонок пластов, геологических нарушений (по указанию преподавателя) с основными элементами их залегания.

Далее следует ознакомиться с примерами и выполнить соответствующие расчеты для заданных преподавателем условий.

Пример 1. *Мощность угольного пласта* $m = 2,5$ *м, угол падения* $\alpha = 20°$. *Определить горизонтальную* $m_г$ *и вертикальную* $m_в$ *мощности пласта.*

Решение.

$$m_г = \frac{2,5}{\sin 20°} = \frac{2,5}{0,342} = 7,2 \text{ м};$$

$$m_в = \frac{2,5}{\cos 20°} = \frac{2,5}{0,946} = 2,6 \text{ м}.$$

Пример 2. *Из данных геологоразведочных работ известны значения вертикальной мощности* $m_в$ *= 3,0 м и угла падения пласта* α=25 °. *Определить истинную* m *и горизонтальную* $m_г$ *мощности пласта*

Решение.

$$m = 3,0 \cdot \cos 25° = 3,0 \cdot \cos 25° = 3,0 \cdot 0,914 = 2,75 \text{ м};,$$

$$m_г = \frac{2,75}{\sin 25°} = \frac{2,75}{0,42} = 6,5 \text{ м}$$

Контрольные вопросы

1. Что такое угольный пласт?
2. Что называется простиранием пласта?
3. Что называется углом падения пласта?
4. Приведите классификацию угольных пластов по углу падения.
5. Приведите классификацию угольных пластов по мощности.
6. Какие угольные пласты относятся к угольным пластам сложного строения?
7. Что называется истинной мощностью пласта?
8. Чем принципиально различаются группы пликативных и дизъюнктивных нарушений?
9. Чем отличается синклиналь от антиклинали?
10. Чем отличается сброс от взброса?

Рекомендуемая литература

1. Основы горного дела: учебник для вузов / В. П. Егоров [и др.] – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 408 с.

2. ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ И ЭЛЕМЕНТОВ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ

Цель работы. Закрепление знаний о формах и элементах шахтных полей на примерах реально существующих шахт, а также приобретение навыков по определению размеров шахтного поля по простиранию и падению и построения по разведочным линиям геологических разрезов вкрест простирания пластов.

Теоретические основы выполнения работы. Промышленное предприятие, предназначенное для разработки или разведки месторождений полезных ископаемых, называют **горным предприятием**. Горное предприятие, осуществляющее добычу угля подземным способом, называют **шахтой**. Месторождение или его часть, отводимая для разработки одной шахте, называется **шахтным полем**.

Шахтное поле имеет границы по восстанию, падению и простиранию (рис. 2.1).

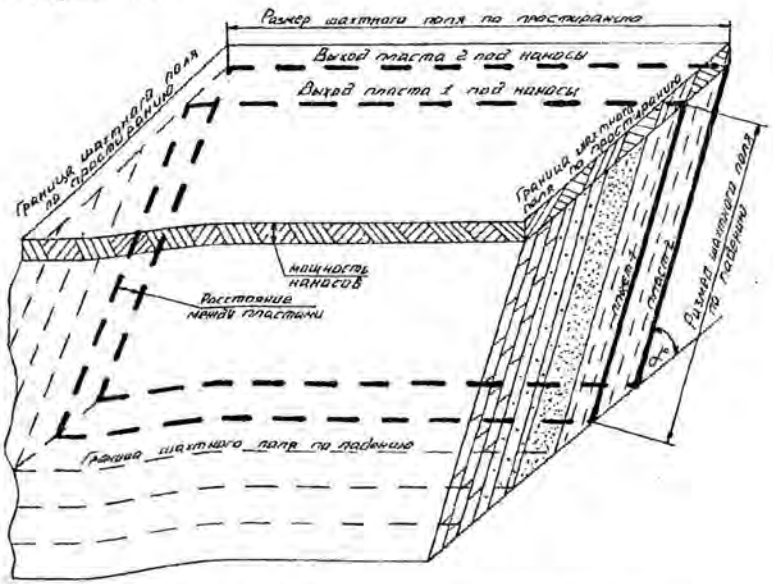


Рис. 2.1. Элементы шахтного поля

Границы шахтного поля могут быть фиксированными и условными. Форма шахтных полей может быть различной. Если все месторождение разрабатывают только одной шахтой, то его форма предопределяет конфигурацию шахтного поля, а границы месторождения и шахтного поля совпадают. Если же месторождение делят на несколько шахтных полей, то при выдержанных элементах залегания пластов шахтному полю по возможности придают форму прямоугольника, вытянутого по простиранию.

При невыдержанных элементах залегания пластов и в случае, если в пределах месторождения имеются крупные геологические нарушения, а также охранные целики под зданиями и сооружениями и водоемами, шахтные поля могут иметь самую разнообразную конфигурацию (рис. 2.2). Их границы в данном случае являются фиксированными.

Параметрами шахтного поля являются размеры по простиранию и падению. Размером по простиранию (S) называется наибольшее расстояние между боковыми границами шахтного поля.

Размером по падению (H) называется наибольшее расстояние между верхней и нижней границами шахтного поля в плоскости пласта.

Размеры полей угольных шахт колеблются в широких пределах. На пологих пластах они составляют 3 - 10 км по простиранию и до 2 - 3 км по падению, при наличии в шахтном поле мощных крутых пластов – 3 - 4 км по простиранию и до 0,7 - 1,5 км по падению.

Шахтное поле со всеми расположенными в их пределах выработками изображают на специальных (маркшейдерских) планах: при пологом, наклонном и крутонаклонном залегании пластов в виде проекции на горизонтальную плоскость, при крутом падении – на вертикальную плоскость (рис. 2.3). Возможна проекция и на плоскость, параллельную пласту. Пласты угля вычерчивают с соблюдением их истинного угла падения.

На маркшейдерские планы обычно наносят и изогипсы пласта (рис. 2.4). Изогипсы представляют собой линии пересечения почвы (или кровли) пласта с мысленно проводимыми на одинаковом расстоянии одна от другой горизонтальными плоскостями. изогипсы проводят через 10, 50 и даже 100 м в зависимости от угла падения и

принятого масштаба. Каждая изогипса имеет свою относительную отметку.

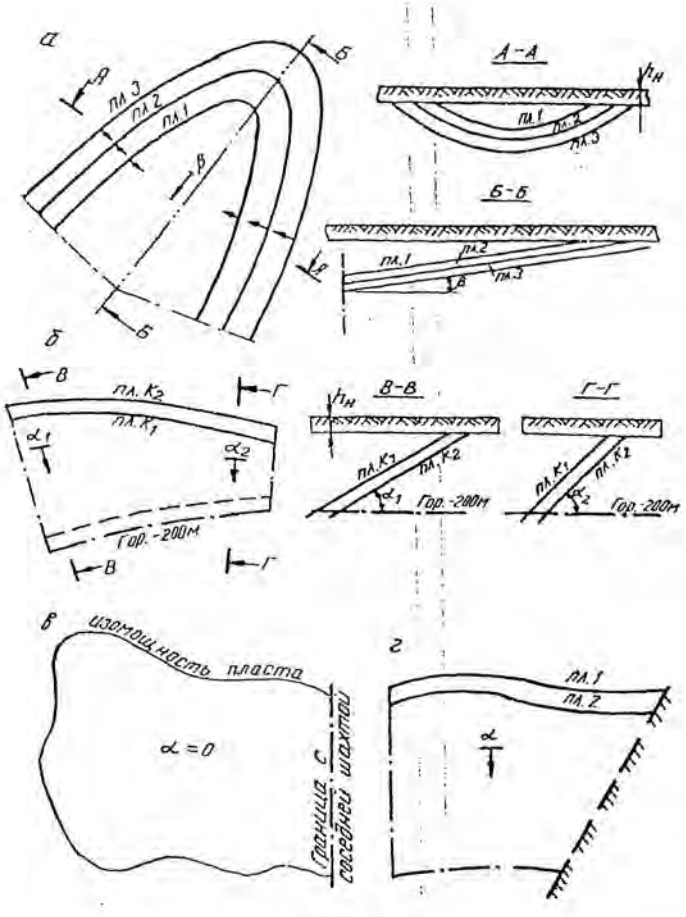


Рис. 2.2. Формы шахтных полей:
при синклинальной складке с наклонной осью (*а*); с переменным простиранием и углом падения пласта (*б*); при горизонтальном залегании пласта (*в*); при разрывных тектонических нарушениях (*г*)

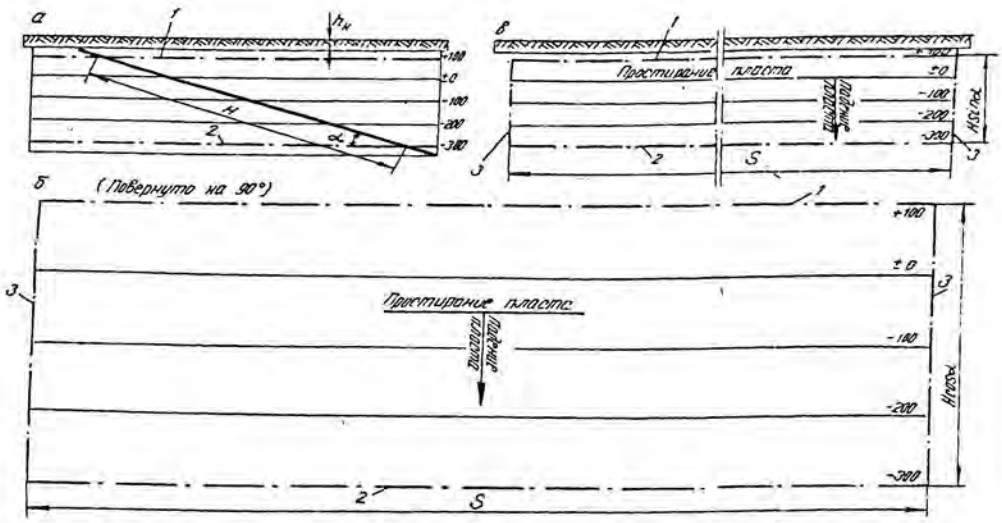


Рис. 2.3. Разрез по падению (*а*), горизонтальная (*б*) и вертикальная (*в*) проекции шахтного поля

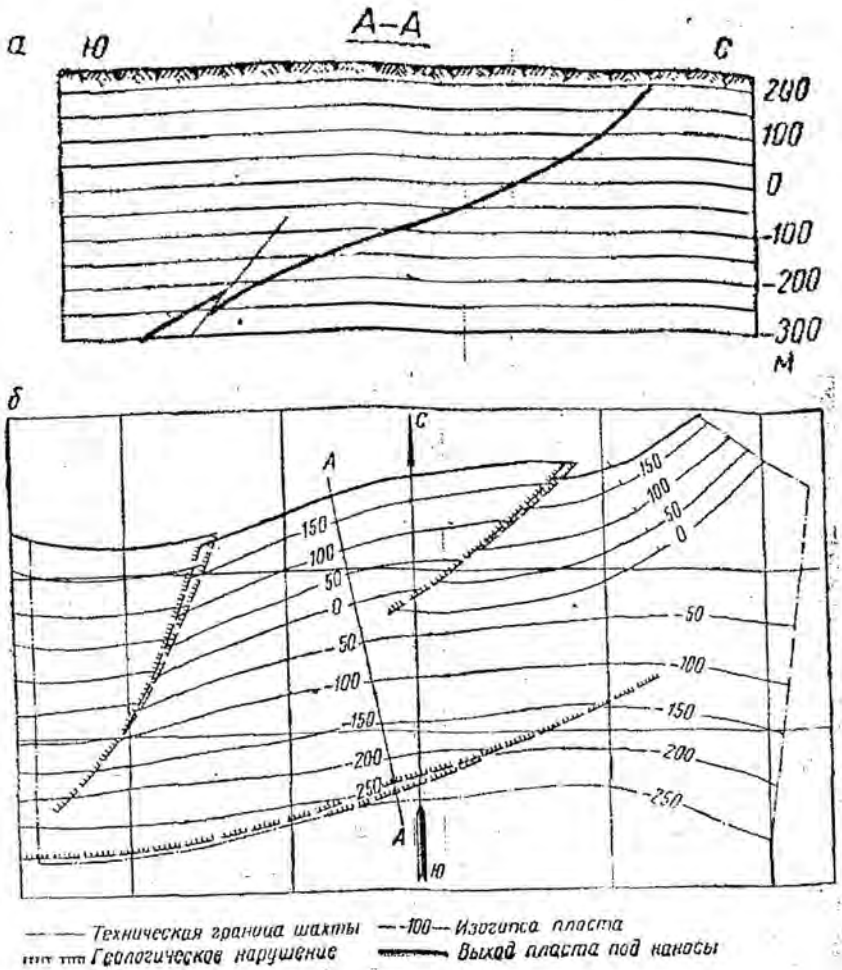


Рис. 2.4. Вертикальный разрез вкрест простирания (*а*) и гипсометрический план пласта (*б*)

Изогипсы почвы пласта предопределяют направление штреков по пласту. По изогипсам обычно проводят и нижнюю, и верхнюю границы шахтного поля.

Содержание и порядок выполнения работы

Сначала студенты должны ознакомиться с теоретическими основами выполнения работы и тщательно разобрать приведенный пример.

Каждому студенту выдается план горных работ шахты. По определенным планам горных работ студенты изучают характер изменения изогипс почвы пласта.

Рассчитывается кратчайшее расстояние между изогипсами (м) по формуле

$$l = h \operatorname{ctg} \alpha. \qquad (2.1)$$

Изучаются границы шахтного поля по простиранию, падению и восстанию, обращается внимание на обоснованность выбора технических границ шахты.

Вычерчивается в масштабе 1: 5000 или 1: 10000 план шахтного поля, на котором должны быть изображены границы шахтного поля по пласту, выход пласта под наносы, изогипсы почвы пласта, зарегистрированные геологические нарушения, разведочные скважины и выработки. Рассчитываются размеры шахтного поля по падению:

$$H = \frac{H_{\text{п}}}{\cos \alpha}, \qquad (2.2)$$

где $H_{\text{п}}$ - размер проекции шахтного поля по падению;

α - угол падения пласта, град.

При правильной форме шахтного поля приближенно рассчитывается его площадь, м^2:

$$F = SH. \qquad (2.3)$$

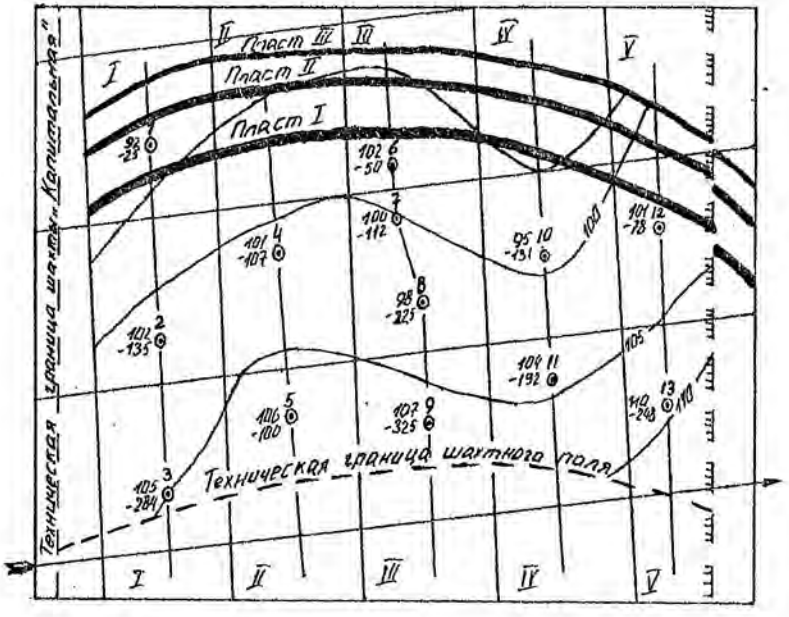
Строится геологический разрез по разведочной линии вкрест простирания в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000.

Пример. 1. *Шахта «Центральная». Пласты I, II, III.*

2. Вычерчиваем в масштабе 1 : 5000 или 1 : 10000 топографический план поверхности с выходами пластов под наносы (рис. 2.5) и наносим на нем границы шахтного поля.

3. Границами шахтного поля шахты «Центральная» являются:

а



б

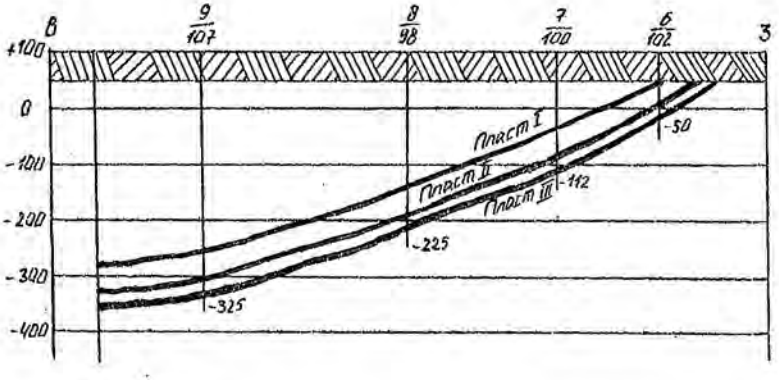


Рис. 2.5. Топографический план шахтного поля (*а*) и разрез по разведочной линии III – III (*б*)

по восстанию – выход пластов под наносы;

по падению – отметка горизонта -300 м;

по простиранию: на южном крыле – условная техническая граница поля шахты «Капитальная»; на северном крыле – геологическое нарушение с амплитудой 20 - 25 м.

На основе представленного на рис. 2.5. топографического плана поверхности с выходами пластов под наносы строим геологический разрез по разведочной линии *III - III*.

Средний размер шахтного поля по простиранию равен 4300 м, по падению - 2100 м.

Ориентировочная площадь шахтного поля шахты «Центральная»

$$F = SH = 4300 \cdot 2100 = 90300 \text{ м}^2.$$

Контрольные вопросы

1. Что называют шахтным полем?
2. Какие бывают шахтные поля по форме границ?
3. Как принимаются границы шахтного поля по простиранию, падению и восстанию?
4. Назовите наиболее распространенные размеры шахтного поля по простиранию и падению?
5. Почему размеры шахтного поля по простиранию больше размеров по падению?
6. Почему верхнюю и нижнюю границы шахтного поля принимают по изогипсе пласта?

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ И ПОТЕРЬ УГЛЯ В ШАХТНОМ ПОЛЕ

Цель работы. Приобретение навыков укрупненного определения балансовых и промышленных запасов, обоснования величины потерь угля в шахтном поле.

Теоретические основы выполнения работы.

Часть угольного месторождения, отведенную для разработки одной шахте, называют **шахтным** полем.

Запасы угля в шахтном поле – масса угля в недрах, заключенного в пределах шахтного поля. По народнохозяйственному значению запасы угля делят на геологические, балансовые, забалансовые и промышленные. **Геологическими** ($Z_{геол}$) называют общие запасы угля в шахтном поле. **Балансовыми** ($Z_{бал}$) считают такие запасы, разработка которых экономически целесообразна при существующем уровне техники и технологии. Забалансовыми ($Z_{заб.}$) называют такие запасы угля, разработка которых в настоящее время вследствие некондиционности мощности пластов, высокого содержания пустой породы, наличия многих геологических нарушений или обводненности экономически нецелесообразна. Эти запасы в будущем с совершенствованием техники и технологии добычи и обогащения угля могут быть полностью или частично вовлечены в разработку. Таким образом,

$$Z_{геол} = Z_{бал} + Z_{заб}. \quad (3.1)$$

Балансовые запасы подразделяются на промышленные ($Z_{пр.}$) и потери ($Z_{п.}$):

$$Z_{бал} = Z_{пр} + Z_{п}. \quad (3.2)$$

Промышленные запасы – часть балансовых запасов, подлежащая извлечению и выдаче на поверхность. Отношение промышленных запасов к балансовым называют коэффициентом извлечения (C):

$$C = \frac{Z_{пр}}{Z_{бал}}. \quad (3.3)$$

Величина коэффициента извлечения зависит от горно – геологических условий и колеблется в широких пределах. При ориентировочных расчетах рекомендуется этот коэффициент принимать равным:

для тонких пластов – 0,90 – 0,92;

для пластов средней мощности – 0,85 - 0,88;

для мощных пологих пластов – 0,82 - 0,85;

для мощных крутых пластов – 0,75 - 0,80.

В зависимости от условий залегания пластов применяют различные методы подсчета балансовых запасов /1, 2/. При выдержанных элементах залегания (мощность, угол падения) подсчет запасов ($Z_{бал}$) рекомендуется производить методом среднеарифметического по формуле

$$Z_{бал} = SH \sum_{i=1}^{n} m_i \gamma_i , \quad (3.4)$$

где S – размер шахтного поля по простиранию, м;

H - размер шахтного поля по падению, м;

n - число рабочих пластов в шахтном поле;

m_i - мощность i-го рабочего пласта, м;

γ_i - объемная масса угля i-го пласта, т/м^3, γ_i = 1,30 – 1,45 т/м^3.

Для определения промышленных запасов необходимо установить величину потерь по каждому из пластов по их источникам: общешахтные (в охранных и барьерных целиках), эксплуатационные и связанные с геологическими нарушениями.

Промышленные запасы определяются по формуле

$$Z_{пр} = Z_{бал} - Z_{п} , \quad (3.5)$$

где $Z_{п}$ - суммарные потери угля, т.

Потери определяются на основании расчетов частных видов потерь: общешахтных ($Z_{об.}$), эксплуатационных ($Z_{эксп.}$) и вблизи геологических разрушений ($Z_{г.н.}$), т. е.

$$Z_{п} = Z_{об} + Z_{эксп} + Z_{г.н.}. \quad (3.6)$$

Общешахтные потери слагаются из потерь угля в барьерных (Z_1) и охранных (Z_2) целиках:

$$Z_{об} = Z_1 + Z_2. \quad (3.7)$$

Барьерные целики, как правило, оставляют у границ шахтного поля по простиранию, чтобы исключить возможность вскрытия старых затопленных горных выработок соседних шахт. Ширина барьерных целиков (l) условно принимается равной 50 м.

Потери в барьерных целиках (Z_1, т) определяются по формуле

$$2l\sum_{i=1}^{n} m_i\gamma_i H. \quad (3.8)$$

Охранные целики оставляют для предотвращения разрушений зданий и сооружений технологического комплекса на поверхности, а также природных объектов. Методика построения охранных целиков и подсчета потерь угля в них приведена в Приложении 1. Потери угля в охранных целиках (Z_2, т) условно составляют при пологих пластах 1 - 2 %, при крутых - 2 - 4 % от балансовых запасов:

$$Z_2 = (0{,}01 \ldots 0{,}04)Z_{бал.}. \quad (3.9)$$

Потери в целиках вблизи геологических нарушений ($Z_{г.н.}$) определяются характером и числом нарушений. Их величина в среднем составляет 1 - 1,5 % от балансовых запасов:

$$Z_{г.н.} = (0{,}010 \ldots 0{,}015)Z_{бал.}. \quad (3.10)$$

Эксплуатационные потери ($Z_{эксп}$, т) включают потери по площади – в целиках у горных выработок, по мощности – в пачках угля

в кровле, почве или между слоями пласта, а также потери угля в забоях и при транспортировании.

Эксплуатационные потери угля

$$Z_{эксп} = (Z_{бал} - Z_{об} - Z_{г.н.})\, K_{э.п.}, \qquad (3.11)$$

где $K_{э.п.}$ - коэффициент эксплуатационных потерь; принимается для тонких пластов – 0,08; средней мощности – 0,12; мощных пологих – 0,15; мощных крутых – 0,20.

Общий коэффициент извлечения запасов в шахтном поле ($C_{извл.}$):

$$C_{извл} = \frac{Z_{пр}}{Z_{бал}}. \qquad (3.12)$$

Пример. *Подсчитать промышленные запасы шахтного поля для следующих условий: размер шахтного поля по простиранию $S = 5250$ м, по падению – $H = 1800$ м; количество пластов 3, их мощность: $m_1 = 2{,}4$ м, $m_2 = 2{,}0$ м, $m_3 = 3{,}1$ м; средняя плотность угля $\gamma = 1{,}4$ т/м^3; коэффициент эксплуатационных потерь $K_{эп} = 0{,}15$; коэффициент потерь в охранных целиках $K_ц = 0{,}01$; ширина барьерных целиков на границах шахтного поля по простиранию $l = 50$ м.*

Решение.

1. Определяем балансовые запасы в шахтном поле:

$$Z_б = SH\sum_{i=1}^{n} m_i\gamma_i = 5250 \cdot 1800 \cdot (2{,}4 + 2{,}0 + 3{,}1) \cdot 1{,}4 = 99225000 \text{ т}.$$

2. Подсчитываем потери угля в шахтном поле:

в барьерных целиках

$$Z_1 = 2lH\sum_{i=1}^{n} m_i\gamma_i = 2 \cdot 50 \cdot 1800 \cdot (2{,}4 + 2{,}0 + 3{,}1) \cdot 1{,}4 = 1890000 \text{ т};$$

в охранных целиках

$$Z_2 = K_ц Z_{бал} = 0{,}01 \cdot 99225000 = 992250 \text{ т};$$

эксплуатационные

$$Z_{эксп} = (Z_{бал} - Z_1 - Z_2)K_{эп} = (99225000 - 1890000 - 992250) \cdot 0{,}15 =$$

$$= 14451413 \text{ т};$$

суммарные

$$Z_п = Z_1 + Z_2 + Z_{эксп} = 1890000 + 992250 + 14451413 = 17333663 \text{ т}.$$

3. Определяем промышленные запасы угля в шахтном поле:

$$Z_{пр} = Z_б - Z_п = 99225000 - 17333663 = 81891337 \text{ т}.$$

4. Рассчитываем коэффициент извлечения запасов угля из недр:

$$C_{извл} = \frac{Z_{пр}}{Z_{бал}} = \frac{81891337}{992250000} = 0{,}83 .$$

Графическая интерпретация потерь угля в шахтном поле показана на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Графическая интерпретация потерь угля в шахтном поле

Порядок выполнения работы

После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы студенты получают вариант задания, отражающий горно-геологические и горнотехнические условия шахтного поля (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Исходные данные для выполнения работы

Номер варианта	Размеры шахтного поля, м		Вынимаемая мощность пластов, м				Плотность угля γ, т/м^3	Коэф. экспл. потерь $K_{эксп}$	Коэф. потерь в целиках $K_ц$
	S	H	m_1	m_2	m_3	m_4			
1	6100	1950	1,80	1,75	1,45	1,65	1,30	0,15	0,01
2	3800	1100	1,75	1,15	1,65	1,55	1,34	0,14	0,02
3	4300	3850	1,95	1,25	2,00	1,75	1,40	0,10	0,03
4	4900	1950	2,10	1,35	2,05	1,25	1,32	0,12	0,01
5	5300	2550	1,25	1,45	1,95	1,45	1,30	0,15	0,04
6	5150	2450	1,35	1,95	1,85	1,50	1,35	0,16	0,03
7	4000	1350	1,45	1,35	1,75	1,60	1,40	0,09	0,02
8	5050	1500	1,75	1,85	1,65	1,70	1,31	0,10	0,01
9	4250	1400	1,65	1,45	1,55	1,95	1,36	0,12	0,04
10	5250	2350	1,85	1,55	1,75	1,90	1,41	0,14	0,03
11	5100	3250	2,10	1,85	2,00	1,40	1,37	0,11	0,02
12	3150	1200	2,25	1,75	1,15	1,50	1,31	0,10	0,01
13	4700	1850	2,05	1,45	1,35	1,60	1,33	0,12	0,04
14	4650	2300	1,15	1,55	1,95	1,80	1,35	0,15	0,03
15	5050	2200	1,35	1,65	1,70	1,70	1,36	0,14	0,02
16	4200	4350	1,85	1,55	1,40	2,00	1,38	0,10	0,01
17	5200	1800	1,65	1,50	1,55	2,10	1,40	0,12	0,04
18	5000	3150	1,70	1,45	1,85	2,15	1,42	0,13	0,03
19	5650	1550	1,60	1,50	1,65	2,05	1,35	0,09	0.01
20	4950	2650	1,35	1,80	1,55	1,90	1,35	0,10	0,02
21	4050	4450	1,45	1,95	1,85	1,85	1,30	0,13	0,04
22	5550	1750	1,85	1,70	1,60	1,90	1,40	0,14	0,03
23	3950	1450	1,95	1,50	1,40	2,05	1,33	0,10	0,01
24	5350	4950	1,35	1,40	1,95	2,10	1,30	0,11	0,04
25	5500	2050	1,45	1,60	1,75	2,05	1,40	0,13	0,03

По заданным условиям осуществляется расчет балансовых и промышленных запасов шахтного поля, а также коэффициента из влечения угля из шахтного поля.

Приводится графическая интерпретация шахтного поля с нане сением границ возможных потерь угля.

Контрольные вопросы

1. Что называется шахтным полем?
2. Какие запасы в шахтном поле называются балансовыми?
3. Какие запасы угля называются промышленными?
4. Какие виды потерь угля в шахтном поле Вы знаете?
5. Что называется коэффициентом извлечения запасов угля шахтном поле?

Рекомендуемая литература

1. Основы горного дела: учебник для вузов / П. В. Егоров [и др.]-М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2000. – 408 с.

2. Подземная разработка пластовых месторождений. Теорет ческие и методические основы проведения практических занят учебное пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. / О. В. Михеев [и др под ред. Л. А. Пучкова. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 20(– 487 с.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ И СРОКА СЛУЖБЫ ШАХТЫ

Цель работы. Приобретение навыков по определению мощности шахты и срока ее службы по укрупненным значениям исходных данных.

Теоретические основы выполнения работы. Мощность шахты является важнейшим производственным параметром, определение которого требует обязательного учета конкретных горно-геологических и горнотехнических характеристик.

Производственной мощностью шахты (A, т) называют количество полезного ископаемого, добываемого в единицу времени (сутки, год). Ее величину определяют такие горно-геологические характеристики, как: количество, мощность и угол падения пластов, свойства вмещающих пород, газоносность месторождения, величина запасов угля, степень нарушенности пластов и другие факторы. В значительной степени величина производственной мощности зависит и от организационно-технических факторов: режима работы очистных забоев и нагрузки на них, производительности транспорта, подъема и др.

Срок службы шахты (T, год) равен периоду, в течение которого отрабатываются промышленные запасы угля в пределах шахтного поля.

В учебных целях на первом этапе изучения дисциплины с учетом уровня и объема имеющихся знаний показатели A и T можно определять по упрощенной методике. Между промышленными запасами $Z_{пр}$, годовой мощностью шахты $A_г$ и расчетным сроком ее службы $T_р$ существует следующая взаимосвязь:

$$Z_{пр} = A_г T_р \,. \tag{4.1}$$

При правильной конфигурации шахтного поля и выдержанных элементах залегания пластов промышленные запасы угля определяются по формуле

$$Z_{пр} = SH \sum PC_о \,. \tag{4.2}$$

где S - размер шахтного поля по простиранию, м;

H - размер шахтного поля по падению, м;

$\sum P$ - суммарная производительность рабочих пластов в шахтном поле, т/м^2;

C_o - общий коэффициент извлечения угля в шахтном поле.

Суммарная производительность пластов в шахтном поле

$$\sum P = m_1 \gamma_1 + m_2 \gamma_2 + \cdots + m_n \gamma_n, \qquad (4.3)$$

где m_i - мощность рабочих пластов в шахтном поле, м;

γ_i - плотность угля соответствующих пластов, т/м^3.

Отсюда значение $A_г$ можно определить по формуле

$$A_г = \frac{Z_{пр}}{T_р}. \qquad (4.4)$$

Полученное значение $A_г$ следует привести в соответствие с параметрическим рядом мощностей шахт: 0,9; 1,2; 1,5; 1,8: 2,1; 2,4; 3,0; 4,5; 6,0 млн т в год. При этом расчетный срок службы шахты мощностью более 1,8 млн т в год рекомендуется принимать не менее 50 - 60 лет.

Полный срок службы шахты $T_п$ будет больше расчетного за счет времени освоения проектной мощности и ее затухания к концу отработки запасов:

$$T_п = T_р + (t_р + t_з)/2, \qquad (4.5)$$

где $t_р$ - срок освоения проектной мощности шахты, $t_р = 2 - 3$ года;

$t_з$ - срок затухания добычи, $t_з = 2 - 3$ года.

Между годовой $A_г$ и суточной $A_с$ мощностью шахты существует следующая зависимость:

$$A_г = 300 A_с, \qquad (4.6)$$

где 300 - число рабочих дней шахты в году.

Более объективный и надежный аналитический метод расчета мощности шахты с учетом геологических и организационно-технических возможностей предложен проф. А. С. Малкиным:

$$A_{ш.г.} = K_н(K_{пл} + K_{н.о.з})\sqrt{Z_{пр}\frac{\sum m'}{\sum m}K_{гл.}}, \quad (4.7)$$

где $K_н$ - коэффициент надежности технологической схемы шахты; при шахте блочного типа $K_н$ = 0,85-0,95.

Для индивидуальной шахты при вскрытии вертикальными стволами и панельной подготовке $K_н$ = 0,80 - 0,85; при этажной подготовке $K_н$ = 0,70 - 0,80. При вскрытии шахтного поля наклонными стволами $K_н$ = 0,80;

$\sum m$ - суммарная мощность всех пластов в шахтном поле, м;

$K_{пл}$ - коэффициент, учитывающий общее количество пластов в шахтном поле $n_{пл}$ и количество пластов, принятых к одновременной разработке $n'_{пл}$, определяется по формуле

$$K_{пл} = \frac{n'_{пл} + \sqrt{n_{пл} - n'_{пл}}}{\sqrt{n_{пл}}}; \quad (4.8)$$

$K_{н.о.з}$ - коэффициент, учитывающий уровень нагрузки на очистной забой, определяется по формуле

$$K_{н.о.з.} = \sqrt{\Psi A_{о.з.м.}\frac{m_{ср}}{m'_{ср}}}; \quad (4.9)$$

Ψ - коэффициент, учитывающий условия бассейна (месторождения, шахтного поля):

$$\Psi = \frac{K_{у.кр}K_{кр.п}}{1 + K_{наруш.} + K_{газ}}, \quad (4.10)$$

где $K_{у.кр}$ - коэффициент, учитывающий устойчивость кровли пластов; для неустойчивых кровель $K_{у.кр}$ = 0,06; средней устойчивости $K_{у.кр}$ = 0,08 и устойчивых $K_{у.кр}$ = 0,10;

$K_{кр.п}$ - коэффициент, учитывающий крепость пород почвы; при f = 3 – 4 $K_{кр.п}$ = 0,01; при f = 5 – 6 $K_{кр.п}$ = 0,015; при $f \geq 7$ $K_{кр.п}$ = 0,02;

$K_{наруш.}$ - коэффициент, учитывающий геологическую нарушенность шахтного поля, $K_{наруш.}$ = 0 ... 0,03;

$K_{газ}$ - коэффициент, учитывающий влияние газового фактора, $K_{газ} = 0 \div 1$.

$A_{о.з.м}$ - месячная нагрузка на очистной забой, т :

$$A_{о.з.м.} = l m_{ср} V_{сут} \gamma C N , \qquad (4.11)$$

где l – длина лавы, м;

$m_{ср}$– средняя мощность пластов в шахтном поле, м;

$V_{сут}$ – суточное подвигание очистного забоя, м;

γ - средняя плотность угля, т/м^3;

C – коэффициент извлечения угля по системе разработки, $C = 0{,}95 \div 0{,}97$;

N – число рабочих дней в месяце, $N = 25$;

$m'_{ср}$ – средняя мощность одновременно разрабатываемых пластов, м:

$$m'_{ср} = \frac{\sum m'}{n'_{пл}} , \qquad (4.12)$$

где $\sum m'$ - суммарная мощность одновременно разрабатываемых пластов, м;

$K_{гл}$ - коэффициент, учитывающий глубину залегания пластов:

$$K_{гл} = 1 + \frac{H_{в.гр}}{H_{н.гр}} , \qquad (4.13)$$

где $H_{в.гр}$ и $H_{н.гр}$ - вертикальная глубина соответственно верхней и нижней технических границ шахтного поля, м.

Пример. *Количество пластов в шахтном поле* $n_{пл.} = 3$; *мощность пластов* $m_1 = 1{,}2$ *м;* $m_2 = 1{,}6$ *м;* $m_3 = 0{,}8$ *м; угол падения пластов* $\alpha = 15°$; *промышленные запасы шахтного поля* $Z_{пр.} = 80000$ *тыс. т; глубина нижней границы* $H_{н.гр.} = 600$ *м; плотность угля* $\gamma = 1{,}4$ *т/м*^{3}; *породы кровли средней устойчивости; крепость пород почвы* $f = 6$; *коэффициент нарушенности шахтного поля* $K_{наруш.} = 0{,}02$; *коэффициент влияния газового фактора* $K_{газ} = 0{,}5$; *коэффициент надежности технологической схемы* $K_н = 0{,}8$; *длина лавы* $l = 200$ *м; суточное подвигание очистного забоя* $V_{сут} = 3{,}15$ *м.*

Определить мощность и срок службы шахты.

Решение. К одновременной разработке принимается два пласта. Средняя мощность одновременно разрабатываемых пластов

$$m'_{ср} = \frac{1,2 + 1,6}{2} = 1,4 \text{ м}.$$

Средняя мощность угольных пластов в шахтном поле

$$m_{ср} = \frac{1,2 + 1,6 + 0,8}{3} = 1,2 \text{ м}.$$

Коэффициент, учитывающий влияние общего числа угольных пластов в шахтном поле и принятых к одновременной разработке:

$$K_{пл} = \frac{2 + \sqrt{3 - 2}}{\sqrt{3}} = 1,73.$$

Месячная нагрузка на очистной забой

$$A_{о.з.м.} = 200 \cdot 1,4 \cdot 3,15 \cdot 1,4 \cdot 0,90 \cdot 25 = 27783 \text{ т}.$$

Коэффициент, учитывающий условия работы очистных забоев:

$$\Psi = \frac{0,08 + 0,015}{1 + 0,02 + 0,5} = 0,0008.$$

Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки на очистной забой:

$$K_{н.о.з.} = \sqrt{\frac{0,0008 \cdot 27783 \cdot 1,2}{1,4}} = 4,2.$$

Определяется коэффициент, учитывающий влияние глубины разработки на производственную мощность шахты:

$$K_{гл} = 1 + \frac{400}{600} = 1,668.$$

Коэффициент надежности технологической схемы шахты в соответствии с заданием принят $K_н = 0,8$. Тогда проектная мощность шахты

$$A_{ш.г.} = 0,8(1,73 + 4,2)\sqrt{80000 \cdot \frac{2,8}{3,6}} \cdot 1,668 = 1518 \text{ тыс. т/год.}$$

С учетом параметрического ряда мощностей шахт принимаем типовую производственную мощность $A = 1500$ тыс. т/год = = 1,5 млн т/год.

Полный срок службы шахты T с учетом периода освоения и затухания

$$T = \frac{80000}{1500} + \frac{1}{2} \cdot 6 = 56 \text{ лет.}$$

Порядок выполнения работы

После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы и разбора приведенного примера студенты осуществляют расчет для заданных условий (см. табл. 3.1.) мощности шахты по методике проф. А. С. Малкина и срока ее службы с кратким обоснованием принятых технических решений.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение производственной мощности шахты.
2. Как влияют на мощность шахты основные горно-геологи-Ч0еские факторы?
3. Как сказывается на мощности шахты влияние таких факторов, как нагрузка на очистной забой, количество одновременно отрабатываемых пластов, производительность транспорта и подъема?
4. Поясните сущность аналитического метода расчета мощности шахты.

Рекомендуемая литература

1. Проектирование шахт / А. С. Малкин и [др.] - М.: Изд-во Академии горных наук, 2000. – 375 с.

5. ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ

Цель работы. Закрепление и углубление знаний студентов по горным выработкам, привитие навыков работы с геолого-маркшейдерской документацией.

Теоретические основы выполнения работы. Сооружение в недрах земли или на ее поверхности, созданное в результате ведения горных работ и представляющее собой полость в массиве, называется горной выработкой. Горные выработки, проведенные в недрах земли, независимо от того, имеют они выход на поверхность или нет, называютнся подземными, а проведенные на поверхности земли – открытыми.

В зависимости от народнохозяйственного значения различают выработки разведочные, используемые для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, и эксплуатационные, используемые для эксплуатации месторождений.

Разработка месторождений полезного ископаемого складывается из трех этапов: вскрытие, подготовка и очистная выемка. В связи с этим эксплуатационные горные выработки подразделяются на вскрывающие (капитальные), подготовительные и очистные.

К **вскрывающим** относятся выработки, по которым осуществляется доступ к месторождению или его части (стволы, штольни, главные квершлаги).

Подготовительные выработки проводят от вскрывающих. Они служат для подготовки отдельных частей шахтного поля к очистной выемке.

Очистными называют выработки, служащие для непосредственной выемки полезного ископаемого.

По положению в земной коре подземные выработки могут быть вертикальными, наклонными и горизонтальными. Расположение горных выработок в пространстве, их названия и назначение рассмотрим на рис. 5.1 – 5.5.

Вертикальные горные выработки. К ним относят ствол, шурф, гезенк, слепой ствол, скважину (см. рис. 5.1).

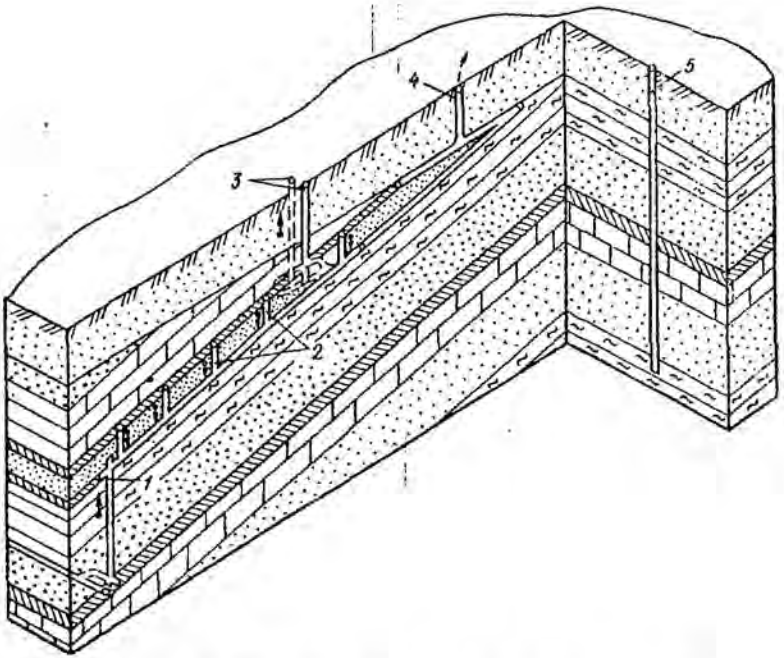


Рис. 5.1. Вертикальные горные выработки:
1 – слепой ствол; *2* – гезенки; *3* – стволы; *4* – шурф;
5 - скважина

Ствол – выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ. Если ствол сооружается для разведки месторождения, то его называют разведочным, если для строительства и эксплуатации шахты – шахтным. В зависимости от назначения стволы бывают главными, вспомогательными и вентиляционными. Главный ствол служит для подъема полезного ископаемого на поверхность и других целей, вспомогательный – для спуска и подъема людей, материалов, оборудования, выдачи породы, подвода электроэнергии, сжатого воздуха и воды, вентиляционный – для подачи в шахту свежего или отвода из шахты загрязненного воздуха. При подаче по вентиляционному стволу свежего воздуха его называют воздухоподающим. Ствол обычно оборудуют механизированным подъемом.

Шурф – выработка небольшой площади поперечного сечения и небольшой глубины, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для вентиляции и других вспомогательных целей. Шурфы используют так же, как запасные выходы из шахты. Отличительной особенностью шахтного шурфа является отсутствие подъема полезного ископаемого и породы.

Гезенк – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и служащая для спуска угля из вышележащих выработок в нижележащие под действием собственного веса, передвижения людей, вентиляции, подвода электроэнергии и др.

Слепой ствол – выработка, не имеющая выхода на земную поверхность и предназначенная для подъема угля, вентиляции, спуска-подъема людей, оборудования, подвода электроэнергии, воды и др. Слепые стволы служат для вскрытия отдельных частей месторождения из подземных горных выработок.

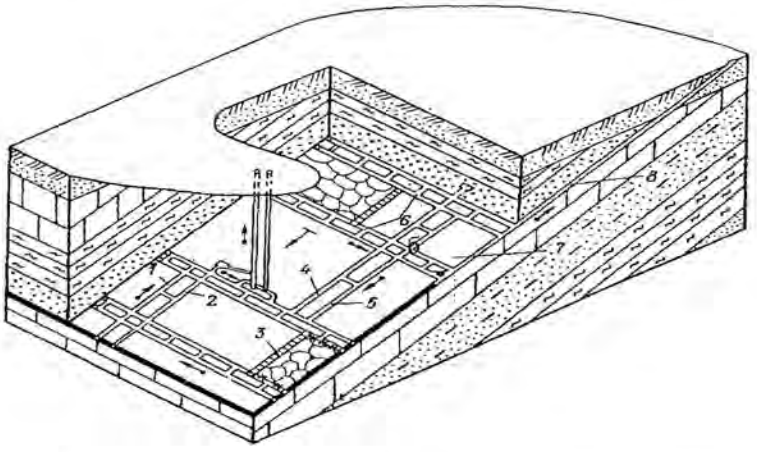
Скважина – вертикальная выработка, пройденная путем выбуривания горных пород, обычно диаметром до 2 м. Скважины бывают вентиляционными, лесоспускными, доставочными и др. Такие скважины бурят как с поверхности, так и из горных выработок. Следует иметь в виду, что скважины могут иметь любой угол наклона к горизонту.

Наклонные выработки включают наклонный ствол, бремсберг, уклон, ходок, скат, восстающий, печь (рис. 5.2).

Наклонный ствол – выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для подъема полезного ископаемого на поверхность, вентиляции шахты, водоотлива, подвода электро- и пневмоэнергии, доставки оборудования, передвижения людей. Наклонные стволы проводят как по полезному ископаемому, так и по пустым породам.

Бремсберг – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, пройденная по восстанию или падению пласта и служащая для транспортировки полезного ископаемого сверху вниз, вентиляции, подвода электроэнергии, воды, передвижения людей и доставки оборудования. Бремсберги проводят по пласту и реже по породе.

а



б

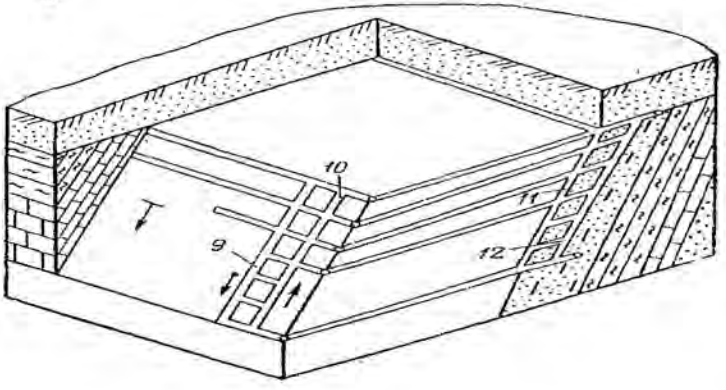


Рис. 5.2. Наклонные горные выработки на пологих (*а*) и крутых (*б*) пластах:

1 – уклон; *2* – ходок при уклоне; *3* – очистной забой (не относится к наклонным выработкам); *4* – ходок при бремсберге; *5* - бремсберг; *6* – сбоечные печи (сбойки); *7* – угольный пласт; *8* – наклонный ствол; *9* – углеспускная печь; *10* – воздухоподающая печь; *11* – пластовый скат; *12* – полевой скат

Уклон – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, пройденная по восстанию или падению пласта и служащая для транспортировки полезного ископаемого снизу вверх, вентиляции, подвода электроэнергии, воды, передвижения людей и доставки оборудования. Уклон проводят по пласту и реже по породе.

Ходок – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, пройденная, как правило, параллельно бремсбергу (уклону) на расстоянии от него 20-40 м и служащая для передвижения людей, доставки материалов и оборудования, вентиляции и других целей.

Скат – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, расположенная по падению пласта и служащая для спуска полезного ископаемого сверху вниз под действием собственного веса. Скат сооружают в том случае, если угол его наклона достаточен для движения угля или породы вниз самотеком (30-35° и более). Скат может быть пластовым и полевым.

Восстающий – выработка, пройденная по рудному телу или вмещающим породам и предназначенная для подготовки отдельных участков (блоков) полезного ископаемого, проветривания, спуска закладочного материала, передвижения людей и других целей. Восстающий в ряде случаев проводят вертикально.

Рудоспуск – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и предназначенная для спуска руды под действием собственного веса. Рудоспуск служит для тех же целей, что и скат. Часто он проводится вертикально.

Печь – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по пласту без присечки породы и предназначенная для монтажа очистного оборудования, проветривания, передвижения людей и грузов, подвода электро - и пневмоэнергии. Печь, предназначенная только для монтажа очистного оборудования, называется **разрезной**.

К горизонтальным выработкам относят штольню, квершлаг, штрек, орт, просек (рис. 5.3).

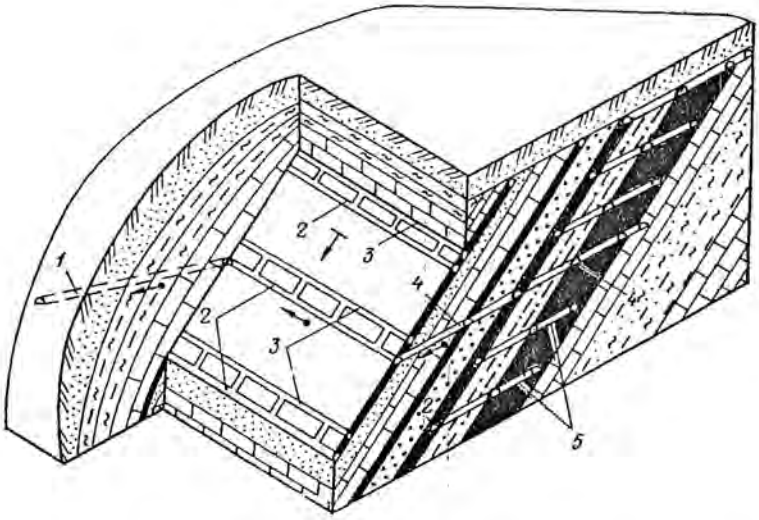


Рис. 5.3. Горизонтальные горные выработки:
1 – штольня; *2* – штреки; *3* – просеки; *4* – квершлаг; *5* - орты

Штольней называется горная выработка, проведенная к месторождению с поверхности горизонтально или с незначительным наклоном, имеющая непосредственный выход и предназначенная для обслуживания подземных горных работ. Штольни проводят как в крест, так и по простиранию пород при гористом рельефе местности.

В зависимости от назначения различают штольни разведочные и эксплуатационные (для разработки месторождения), а также откаточные, вентиляционные и водоотливные.

Квершлаг – горизонтальная (реже наклонная) горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность, проведенная по вмещающим породам вкрест простирания месторождения и используемая для транспорта, вентиляции, передвижения людей, водоотлива, для прокладки электрических кабелей и линий связи.

Штрек – горизонтальная (с углом наклона не более 0 – 3°) подземная горная выработка, проведенная по простиранию залегающего месторождения или в любом направлении при горизон-

тальном его залегании. Штрек может быть пройден по полезному ископаемому (с подрывкой или без подрывки боковых пород) или по породам (полевой). Штрек выполняет в основном те же функции, что и квершлаг.

Орт – горизонтальная (с углом наклона не более 0-3°) выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и проведения в крест простирания месторождения (при крутом и наклонном падении). Орт обычно служит для соединения выработок, пройденных у висячего и лежачего боков мощного пласта (залежи).

Просеком называется подземная горная выработка, проводимая обычно в толще полезного ископаемого по простиранию пласта или залежи и предназначенная для проветривания, передвижения людей и транспортирования грузов. Просек обычно проводится параллельно штреку и соединяется с ним с помощью печей. Просек необходим для обеспечения нормальных условий проведения штрека, а также для соединения очистной выработки с примыкающими к ней выемочными выработками.

Камеры и очистные выработки

Камерами называются горные выработки, имеющие небольшую длину по сравнению с размерами поперечного сечения. Они предназначаются для размещения в них различных машин, оборудования, хранения материалов и других целей. Камеры в основном располагаются около шахтных стволов.

Совокупность камер и выработок, примыкающих к шахтным стволам и предназначенных для обслуживания подземного хозяйства, называют **околоствольным двором**. В околоствольном дворе располагаются следующие камеры: электроподстанция, насосная, электровозное депо, камера ожидания и др.

Выработки, образующиеся в результате выемки пласта или залежи, где осуществляется добыча полезного ископаемого, называются **очистными**. Обязательный признак очистной выработки – очистной забой, который может быть длинным и коротким.

К первому относится лава – протяженная (до 250 и более м) очистная выработка линейной или уступной формы, одна стенка которой образована угольным массивом, другая – крепью, установленной на границе с выработанным пространством или закладочным массивом, а кровлей и почвой служат вмещающие породы или

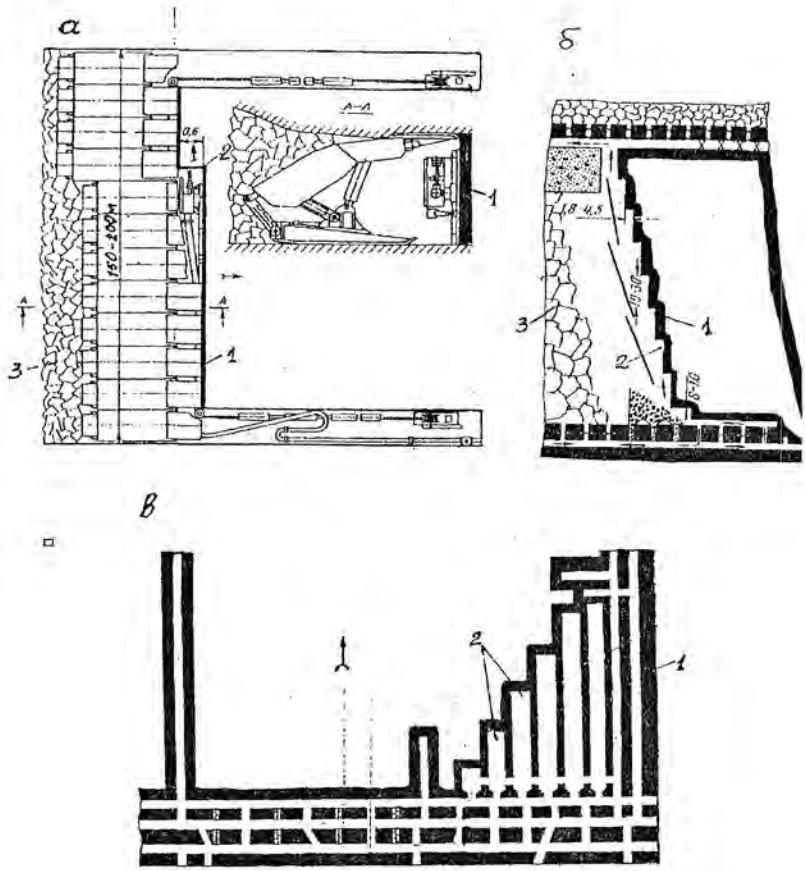


Рис. 5.4. Протяженный линейный (*а*), протяженный уступный (*б*) и короткие камерные (*в*) забои:
1 – угольный пласт; *2* – забои; *3* – выработанное пространство

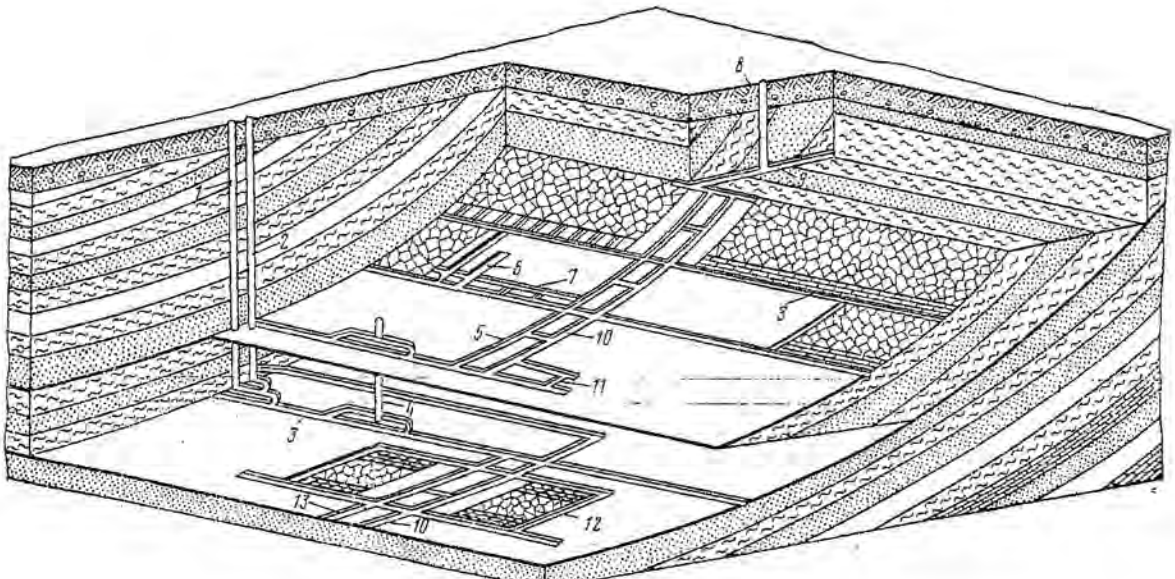


Рис. 5.5. Расположение горных выработок:

1, 2 - вертикальные стволы, соответственно главный и вспомогательный; *3* – штрек; *4* – гезенк; *5* – бремсберг; *6* – очистная камера; *7* – просек, *8* – шурф; *9* – квершлаг; *10* – ходок; *11* – печь; *12* – лава; *13* - уклон

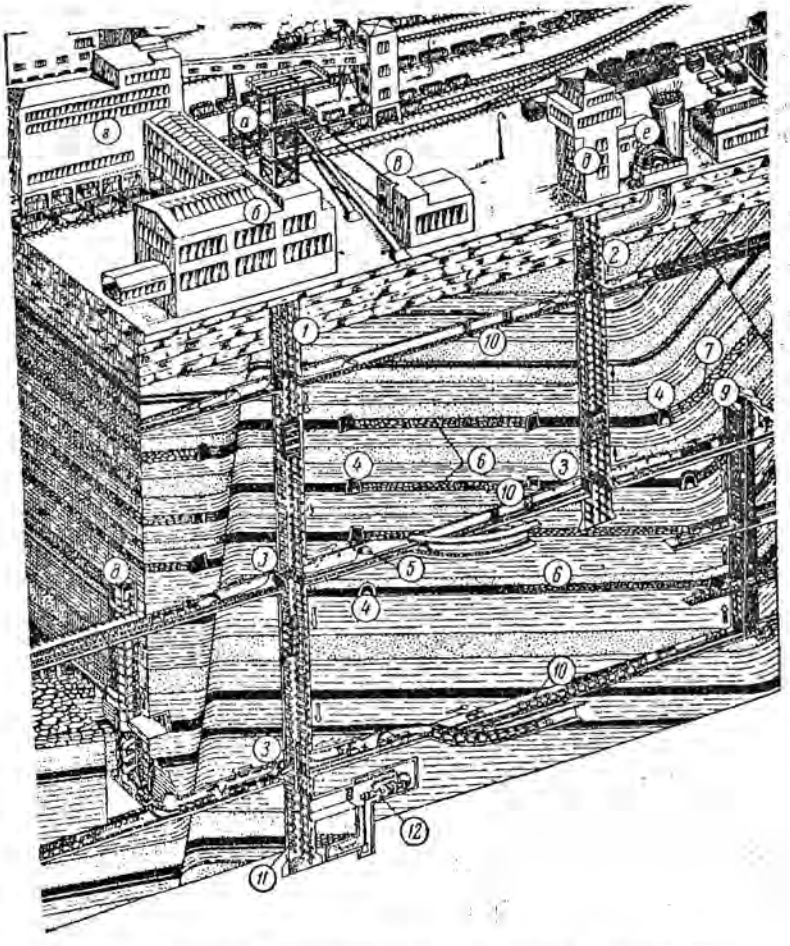


Рис. 5.6. Взаимное расположение подземных выработок и поверхностных сооружений:

а – шахтный копер главного ствола; *б* – надшахтное здание; *в* – здание подземной машины; *г* – обогатительная фабрика; *д* – башенный копер вспомогательного ствола; *е* – вентилятор главного проветривания; *1* – главный подъемный вертикальный ствол; *2* – вертикальный вспомогательный ствол; *3* – сопряжение вертикального ствола с выработками околоствольного двора; *4*– пластовый штрек; *5* – полевой штрек; *6, 7* - выработанное пространство; *8* – гезенк; *9* – слепой ствол; *10* – квершлаг; *11* – зумпф; *12* – насосная камера

пачки угля (рис. 5.4, *а*). Длина протяженных выработок во много раз больше их размеров по ширине и высоте. К коротким очистным забоям относят **очистную камеру** – выработку с забоем небольшой (до 16 м) протяженности, ограниченную по бокам массивом полезного ископаемого или целиками угля (рис. 5.4, *в*).

Пример общей схемы расположения горных выработок в шахтном поле приведен на рис. 5.5. и 5.6.

Содержание и порядок выполнения работы

После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы (классификация, терминология и функциональная характеристика горных выработок) студенты изучают выработки по предложенным планам горных работ. Затем по заданию преподавателя описывают выработки на определенном участке шахтного поля, графически показывает залегание угольных пластов на вертикальном разрезе (вкрест простирания пласта) с указанием мощности и угла падения пластов и горных выработок, пройденных при этом.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите вертикальные горные выработки.
2. Дайте определение вертикальному стволу.
3. Перечислите горизонтальные горные выработки.
4. В чем отличие квершлага от штрека?
5. Какие горные выработки относятся к наклонным?
6. Чем отличается бремсберг от уклона?
7. Назовите принципиальное отличие лавы от очистной камеры.

Рекомендуемая литература

1. Основы горного дела: учебник для вузов / П. В.Егоров [и др.].- М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2000.- 408 с.

6. ВЫБОР ФОРМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Цель работы. Изучение форм поперечного сечения горных выработок и методики определения их размеров в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Теоретические основы выполнения работы. При подземной разработке полезных ископаемых применяются следующие формы поперечного сечения горных выработок: прямоугольная (рис. 6.1), трапециевидная (рис. 6.1, *б*), арочная (рис. 6.1, *в, г*), сводчатая (рис. 6.1. *д, е*), подковообразная с обратным сводом (рис. 6.1, *ж*), а также полигональная и др.

Наибольшее распространение получили трапециевидная и арочная формы поперечного сечения горных выработок. Первая обеспечивает лучшее использование площади поперечного сечения, вторая – большую устойчивость при возведении в слабых породах.

Выбор формы поперечного сечения горных выработок зависит от величины и направления горного давления, назначения и размеров выработки, типа и конструкции применяемой крепи.

Крепь – это строительная конструкция, возводимая в подземных горных выработках для сохранения их заданных размеров и формы, защиты от обрушений и чрезмерных смещений окружающих пород.

Тип, размеры и материал крепи должны соответствовать горно-геологическим условиям и сроку службы выработки.

Деревянную крепь рационально применять в выработках трапециевидной формы поперечного сечения при умеренном горном давлении со сроком службы до 2-3 лет.

Наиболее широко для крепления горных выработок применяют металлическую крепь. Преимущественно выработки крепят арочной податливой трехзвенной (АП-3) или пятизвенной (АП-5) крепями из спецпрофиля СВП.

Монолитную бетонную (железобетонную) крепь применяют при проведении капитальных горных выработок с большим сроком службы – выработки околоствольных дворов, капитальные квершлаги, штреки, бремсберги и уклоны, проводимые по слабым породам.

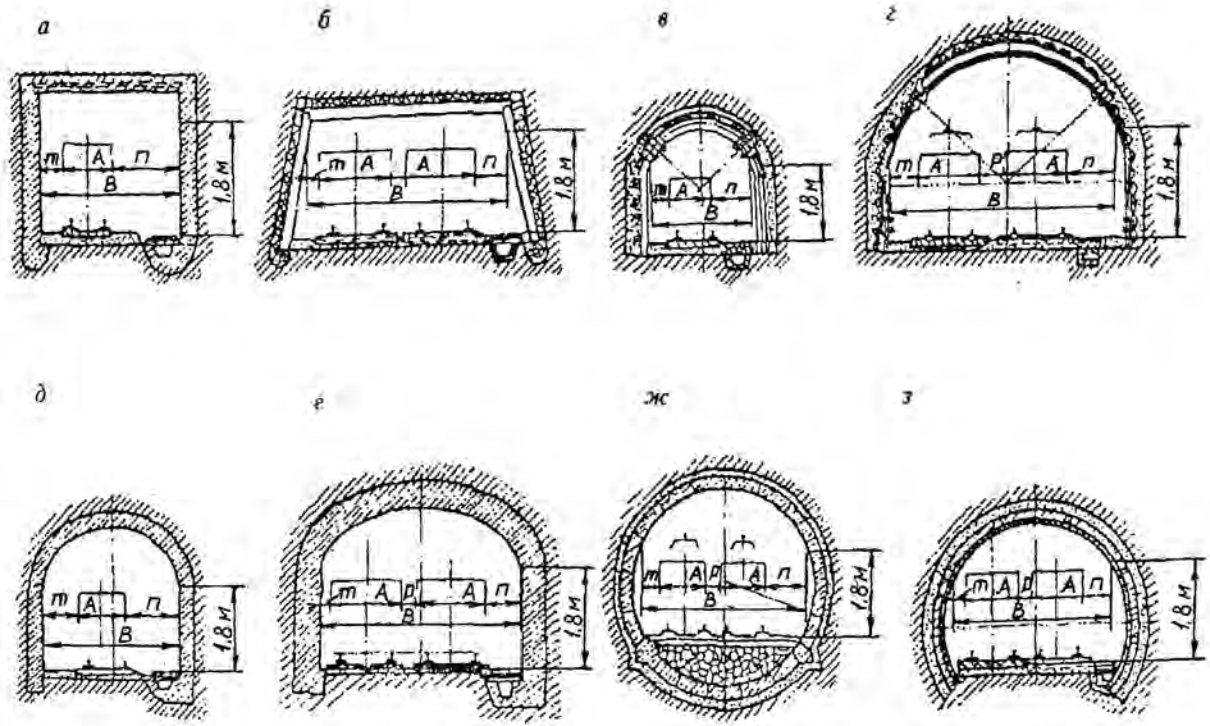


Рис. 6.1. Формы поперечного сечения горных выработок

Анкерная крепь представляет собой стержни (анкеры), закрепляемые различными способами в шпурах, пробуренных в определенном порядке в породах кровли и боков выработки. Она обеспечивает возможность использования несущей способности породного массива, снижения материалоемкости применяемых в сочетании с ней крепей и может использоваться:

в качестве самостоятельной в квершлагах, полевых штреках, бремсбергах, уклонах и ходках, в выемочных штреках, вентиляционных сбойках и др.

в комбинации с набрызгбетоном в подготовительных выработках, проводимых в трещиноватых породах;

в качестве временной в камерах и нишах, на сопряжениях горных выработок, с последующим креплением их подпорной крепью;

как средство борьбы с пучением пород почвы – в необводненных породах капитальных и подготовительных выработках. Коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова f должен быть не ниже 4.

Набрызгбетон применяется для крепления горных выработок, проведенных в крепких устойчивых породах с $f \geq 9$, в сочетании с анкерной крепью – может применяться для пород с $f = 6 - 9$.

Крепь из железобетонных тюбингов применяют в капитальных горных выработках, расположенных вне зоны влияния очистных работ.

Площадь поперечного сечения подготовительных выработок рассчитывается исходя из условий нормальной работы средств транспорта (электровозы, вагонетки, конвейеры и др.), числа рельсовых путей, наличия зазоров, предусмотренных ПБ, и подачи к очистному забою с допустимыми скоростями необходимого количества воздуха.

В выработке различают площадь сечения *в свету* (площадь по внутреннему контуру крепи и почве выработки), *вчерне* (площадь по наружному контуру крепи, включая затяжку, и почве выработки), в проходке (площадь по контуру пород, которую принимают на 3 – 5 % больше площади вчерне), а также размеры выработок до осадки и после осадки крепи.

Тип крепи подготовительных выработок выбирается с учетом запаса сечения на осадку:

- при вертикальных смещениях пород до 300 мм применяется арочная податливая трехзвенная крепь АП3;

- при вертикальных смещениях пород от 300 до 1000 мм применяется арочная податливая пятизвенная крепь АП5 ;

- при вертикальных смещениях пород до 1000 мм и горизонтальных до 500 мм рекомендуется податливая крепь типа МПК.

В целях унификации рекомендуются семь типовых сечений выработок с арочной трехзвенной крепью АП3, три сечения с арочной пятизвенной крепью АП5 и два сечения с металлической крепью из прямолинейных элементов МПК (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Типовые площади сечения подготовительных выработок

Тип крепи	Площадь сечения в свету, м^2			Размер выработки до осадки, м	
	после осадки	до осадки	в проходке	высота H	ширина B
АП3	5,2	6,4	8,2	2,79	2,46
АП3	6	7,3	9,3	2,87	2,78
АП3	7,1	8,5	10,8	3,13	3,07
АП3	8,9	10,1	12,9	3,26	3,69
АП3	11,2	12,8	15,9	3,58	4,25
АП3	12,	14,5	17,8	3,69	4,7
АП3	16,4	17,2	20,8	4,11	5,11
АП5	7,1	10,3	12.1	3,52	3,55
АП5	8,9	12,5	15,1	3,64	4,16
АП5	11,2	15,2	18,3	3,95	4,72
МПК	7	7,5	10,5	2,55	2,96
МПК	8,4	9,2	10,9	2,55	3,43

Размеры поперечного сечения выработки в свету определяются графическим путем. При определении размеров поперечного сечения горных выработок необходимо, в первую очередь, иметь данные о размерах вагонеток, скипов (для наклонных выработок), электровозов (приложение 2) и самоходного оборудования, а также выполнять требования Правил безопасности (ПБ) по зазорам.

Все выработки, по которым производится транспортирование грузов, должны иметь зазоры между крепью или размещенным в выработках оборудованием и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава не менее 700 мм со стороны прохода лю-

дей, а с другой стороны – не менее 250 мм при рамных конструкциях крепи, и 200 мм при сплошных видах крепи. Указанные зазоры должны быть выдержаны на высоте выработки не менее 1800 мм.

Зазор между встречными электровозами (вагонетками) в двухпутных выработках по наиболее выступающей кромке габарита электровоза (вагонетки) должен быть не менее 200 мм.

Во всех выработках, оборудованных конвейерной доставкой, ширина прохода должна быть с одной стороны от конвейера не менее 700 мм, а с другой – не менее 400 мм. Расстояние от верхней выступающей части конвейера до верхняка должно быть не менее 500 мм.

В горизонтальных выработках, оборудованных конвейерами и рельсовым транспортом, а также в горизонтальных и наклонных выработках, оборудованных конвейерным и монорельсовым транспортом, зазор между конвейером и крепью должен быть не менее 400 мм, между конвейером и подвижным составом – не менее 400 мм, между подвижным составом и крепью – не менее 700 мм.

При применении самоходного оборудования зазоры между габаритом подвижного состава и крепью выработки со стороны свободного прохода для людей должны быть не менее 1,2 м, а с противоположной стороны – 0,5 м.

Высота подвески контактного провода должна быть не ниже 2 м от головок рельсов, а при механической доставке людей по выработке или при наличии отдельных выработок либо отделения для передвижения людей – на высоте не менее 1,8 м. В местах подвески расстояние контактного провода от верхняка крепи должно быть не менее 0,2 м.

Установленные ПБ зазоры должны выдерживаться в течение всего срока службы выработки. В связи с этим выработки, подверженные влиянию очистных работ и закрепляемые податливыми крепями, должны иметь первоначальные размеры на 10 – 20 % больше, чем это требуется в соответствии с вышеприведенными условиями.

С учетом изложенного первоначально определяется необходимая ширина выработки (B, м) по формулам:

однопутной $B = m + A + n;$ (6.1)

двухпутной $$B = m + 2A + p + n; \quad (6.2)$$

конвейерной $$B = a + A + n, \quad (6.3)$$

где m - зазор между подвижным составом и крепью (с неходовой стороны a = 0,25 м);

a' - зазор между конвейером и крепью, a' = 0,4 м;

p - зазор между подвижными составами, p = 0,2 м;

n - ширина прохода для людей, n = 0,7 м;

A - габариты подвижного состава или конвейера, м (см. приложение 2).

По полученной ширине из табл. 6.1 принимается ближайшее типовое сечение и тип крепи. Примеры сечений горных выработок приведены в приложении 3. Далее площадь поперечного сечения выработки в свету проверяют на скорость движения вентиляционной струи:

$$V_{max} = \frac{Q}{S_{св}} \geq V_{min}, \quad (6.4)$$

где V_{max} - максимально допустимая скорость движения воздушной струи для главных шахтных стволов 12 м^3/с; для откаточных штреков, квершлагов, бремсбергов, уклонов – 8 м/с; для остальных выработок – 6 м/с;

Q - количество воздуха, проходящего по данной выработке, м^3/с;

$S_{св}$ - площадь поперечного сечения выработки в свету, м^2;

V_{min} - минимальная скорость движения воздуха, V_{min} = 0,25 м/с.

Если неизвестна величина Q, то $S_{св}$ можно определять по формуле

$$S_{св} = 0{,}00154\frac{A_{оз}qK}{V_д}, \quad (6.5)$$

где $A_{оз}$ - нагрузка на очистной забой, т/сут;

q - относительная газообильность лавы, м^3/т;

K - коэффициент запаса, принимается K = 1,5;

$V_д$ - предельно допустимая скорость движения воздуха по выработке, м/с.

Принимается большее из двух сечений, определенных по габаритам средств транспорта и по фактору проветривания.

Плотность установки крепи в подготовительной выработке зависит от прочности вмещающих пород: при коэффициенте сти, по М. М. Протодьяконову, $f \leq 3$ плотность принимается равной 1,1 - - 1,5 рам/м; при f = 4 – 6 - 0,8 – 1,1 рам/м; при f > 6 - 0,8 – 1 рам/м.

При проведении подготовительной выработки по пласту угля забой располагают в сечении штрека так, чтобы пласт занимал как можно большую площадь сечения и была обеспечена наиболее простая перегрузка угля с конвейера лавы на штрек. В этой связи целесообразна подрывка почвы пласта.

Пример. *Определить поперечное сечение откаточного штрека, пройденного смешанным забоем по пласту мощностью 1,6 м с углом залегания 9° и коэффициентом крепости f = 1,4. Почва и кровля пласта представлены мелкозернистым алевролитом (f = 4–5, плотность γ = 2,2 т/м^3). Откатка грузов по выработке производится аккумуляторным электровозом АМ - 8Д в вагонетках УВГ - 3,3. Выработка двухпутная, ширина колеи 900 мм.Количество воздуха, преходящего по выработке Q = 50 м^3/с.*

Решение. Учитывая физико-механические свойства горных пород, окружающих откаточный штрек, и нахождение его в зоне влияния очистных работ, принимаем арочную податливую крепь.

Следовательно, форма поперечного сечения штрека будет сводчатая.

Для удобства погрузки угля с конвейера лавы в вагонетки на штреке принимаем подрывку почвы пласта. Пласт в сечении штрека располагаем так, чтобы высота подрывки кровли была минимальной, иначе это затруднит управление горным давлением на сопряжении лавы с откаточным штреком (рис. 6.2).

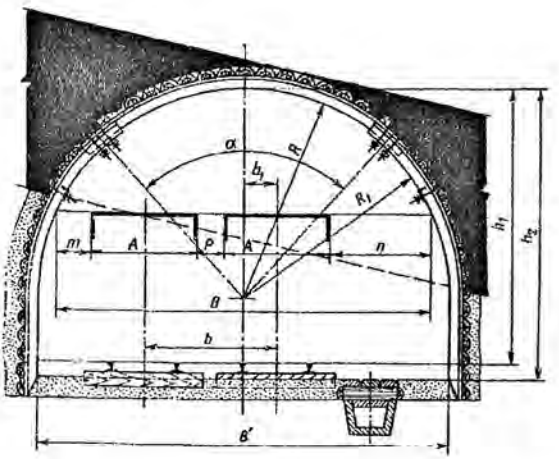


Рис. 6.2. Схема к определению поперечного сечения

Минимальная ширина штрека в свету на уровне подвижного состава определяется по формуле (6.2)

$$B = 0{,}25 + 2 \cdot 1{,}35 + 0{,}2 + 0{,}7 = 3{,}85 \text{ м}.$$

По полученному размеру B = 3,85 м принимаем типовое сечение согласно табл. 6.1. Применяем трехзвенную податливую крепь. Плотность установки крепи – одна рама на 1 м выработки. По типовым сечениям выбираем площадь сечения штрека, закрепленного арочной трехзвенной крепью.

Площадь сечения откаточного штрека: в проходке S_1 = 15,9 м^2, в свету до осадки S_2 = 12,8 м^2, после осадки S_3 = 11,2 м^2.

Минимальное сечение выработки по фактору проветривания определяется по формуле (6.4)

$$S_{\text{св}} = \frac{50}{8} = 6{,}25 \text{ м}^2.$$

Принимается большее из двух сечений – сечение, определенное по габаритам средств транспорта, т. е. $S_{св} = 11{,}2$ м^2.

Коэффициент присечки боковых пород при этом

$$K_{п} = \frac{15{,}9 - 6{,}4}{15{,}9} 100\ \% = 60\ \%.$$

Порядок выполнения работы

1. После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы в лабораторных условиях осуществляется изучение паспортов проведения и крепления горных выработок на шахтах.

2. По заданным горно-геологическим и горнотехническим условиям (табл. 6.2) обосновываются формы и размеры проводимой выработки.

Таблица 6.2

Исходные данные для выполнения работы

Показатель	Вариант				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Тип выработки	бремс-берг	уклон	откат. штрек	бремс-берг	откат. штрек
Мощность пласта, м	1,5	1,2	2,0	1,4	1,8
Угол падения пласта, град	15	10	25	18	20
Коэффициент крепости пород: кровли	2,5	3,0	1,8	4,0	4,2
почвы	3,2	2,7	2,5	4,8	5,1
Нагрузка на лаву, т/сут	600	500	1400	1100	1300
Относительная газообильность, м^3/т	15	17	6	20	25
Показатель	Вариант				
	6	7	8	9	10
Тип выработки	уклон	конв. штрек	вент. штрек	откат. штрек	Уклон
Мощность пласта, м	1,7	1,6	1,4	1,9	2,0
Угол падения пласта, град	12	30	22	15	6
Коэффициент крепости пород: кровли	3,5	3,1	4,8	6,0	5,0
почвы	2,9	3,4	4,3	5,2	6,2
Нагрузка на лаву, т/сут	1200	700	800	1700	2000
Относительная газообильность, м^3/т	10	8	15	12	8

Продолжение табл. 6.2

1	2	3	4	5	6
Показатель	Вариант				
	11	12	13	14	15
Тип выработки	уклон	откат. штрек	вент. штрек	конв. штрек	Уклон
Мощность пласта, м	1,7	1,0	2,3	1,4	1,8
Угол падения пласта, град	5	25	11	22	10
Коэффициент крепости пород: кровли	3,0	2,1	4,3	3,5	4,0
почвы	3,5	2,9	3,6	4,0	3,8
Нагрузка на лаву, т/сут	920	600	2200	7500	2000
Относительная газообильность, $м^3/т$	12	14	6	13	8
Показатель	Вариант				
	16	17	18	19	20
Тип выработки	откат. штрек	бремсберг	откат. штрек	бремсберг	бремсберг
Мощность пласта, м	1,7	1,6	1,4	1,5	1,8
Угол падения пласта, град	18	12	15	12	8
Коэффициент крепости пород: кровли	4,3	3,5	5,0	3,7	3,0
почвы	3,7	3,8	4,0	2,4	3,2
Нагрузка на лаву, т/сут	1300	900	1000	800	1400
Относительная газообильность, $м^3/т$	12	14	5	15	10

3. Обосновываются площадь поперечного сечения выработки, тип крепи и шаг ее установки.

4. Выбирается схема расположения забоя выработки по углю и устанавливается коэффициент присечки пород.

Контрольные вопросы

1. Какие основные факторы определяют форму и размеры поперечного сечения подготовительных выработок?

2. Что такое крепь?

3. Поясните основные принципы выбора типа крепи подготовительных выработок.

4. Какие функции может выполнять анкерная крепь?

Рекомендуемая литература

1. Шахтное и подземное строительство, проведение горизонтальных и наклонных выработок: учебное пособие / под общ. ред. М. В. Корнилкова. – Екатеринбург:. Изд-во УГГГА, 2002. - 188 с.

2. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий: учебное пособие / О. В. Михеев [и др.]; под общ. ред. Л. А. Пучкова.- М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2001. - 487 с.

7. ВЫБОР МЕСТА ЗАЛОЖЕНИЯ СТВОЛОВ

Цель работы. Приобретение навыков по выбору места заложения главного и вспомогательного стволов при различных горно-геологических и горнотехнических условиях разработки шахтного поля.

Теоретические основы выполнения работы. Выбор места заложения стволов определяется многими горно-геологическими и горнотехническими факторами.

К основным горно-геологическим факторам следует отнести следующие: мощность и угол падения пластов; количество рабочих пластов в шахтном поле; размеры шахтного поля по простиранию и падению; расстояние между отрабатываемыми пластами; газообильность и водообильность углепородного массива; физико-механические свойства вмещающих пород; нарушенность месторождения и рельеф поверхности.

Горнотехнические факторы, определяющие выбор места заложения стволов, могут быть следующие: безопасность ведения горных работ; суточная мощность шахты и средняя нагрузка на очистной забой; количество подготовительных и очистных забоев; запасы шахтного поля и др.

На выбор места заложения стволов определенное влияние оказывают и социально-экономические факторы: учет требований охраны окружающей среды; отвод и очищение технических вод, удаление отходов производства; наличие подъездных путей, электроснабжения, водоснабжения и развитие инфраструктуры. Место заложения главного ствола определяется экономическими расчетами после учета вышеперечисленных факторов. При этом необходимо обеспечить минимальные первоначальные капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Однако поиск оптимума комплекса горно-геологических, горнотехнических и социально-экономических аспектов, характерных для каждой конкретной ситуации, остается до сих пор не решенным.

При близкой к прямоугольной конфигурации шахтного поля и выдержанной мощности пластов оптимальное место заложения главного ствола по простиранию будет в середине шахтного поля.

Это определяется эксплуатационными затратами на транспортирование полезного ископаемого, оборудования и материалов.

Центральное расположение главного ствола обеспечивает концентрацию ведения горных работ, улучшение технико-экономических показателей добычи полезного ископаемого.

Выбор места заложения главного ствола вкрест простирания пластов рекомендуется производить по методике акад. Л. Д. Шевякова, согласно которой оптимальный пункт заложения главного ствола находится в пункте сосредоточения грузов на главном квершлаге, к которому по каждому направлению к стволу (справа и слева) свозится сумма грузов, меньшая полусуммы всех грузов, т. е. выполняется следующее условие:

$$\Sigma Z_{\text{лев}} < Z/2;$$
$$\Sigma Z_{\text{пр}} < Z/2, \qquad (7.1)$$

где Z - сумма всех грузов, транспортируемых к стволу, т.

Оптимальная точка своза грузов совпадает с точкой приложения такого груза, при котором сумма всех грузов делится пополам.

Если вскрытие шахтного поля производится не одним, а несколькими квершлагами, расположенными на разных горизонтах, то определение места заложения главного ствола, обеспечивающего минимальные транспортные расходы по всем квершлагам, производится следующим образом. Внизу чертежа схемы вскрытия, выполненной в масштабе, проводят горизонтальную линию АБ и проецируют на нее все пункты сосредоточения грузов на транспортных квершлагах. Проекции пунктов на прямую нумеруют слева направо. В точке проекций переносятся соответствующие грузы и находят оптимальный пункт, в котором выполняются неравенства (7.1). При равных размерах шахтного поля и этажа по простиранию и падению и одинаковой плотности угля всех пластов свиты данные, выражающие запасы угля, подлежащие транспортированию, можно заменить пропорциональными им мощностями пластов.

Пример1. *Выбрать место заложения главного ствола в крест простирания шахтного поля, оптимальное по фактору подземного транспорта, при следующих условиях: число разрабатываемых пластов – 4; мощности пластов:* $m_1 = 1{,}0$ *м,* $m_2 = 0{,}9$ *м,* $m_3 =$

= 0,7м, m_4 = 0,8 м; угол падения пластов – 60°; расстояние между пластами: a_1 = 60 м, a_2 = 45 м, a_3 = 50 м; размер шахтного поля по падению - H = 500 м; количество транспортных горизонтов –3.

Решение. В масштабе вычерчиваем схему вскрытия шахтного поля (рис. 7.1), проводим параллельно квершлагам линию АБ, на которую проецируем все точки пересечения транспортных квершлагов с пластами. В полученных точках сосредоточены соответствующие грузы. Так как размеры шахтного поля, этажей и плотность угля одинаковы для всех пластов, то заменяем грузы (промышленные запасы угля в этаже по каждому пласту) пропорциональными им величинами – мощностями пластов. Затем на транспортном пути 1…12 отыскиваем графическим способом оптимальное место заложения главного ствола. Из рисунка видно, что полусумма грузов располагается между пунктами 5 и 6. Следовательно, место заложения ствола может находиться в любой точке этого участка.

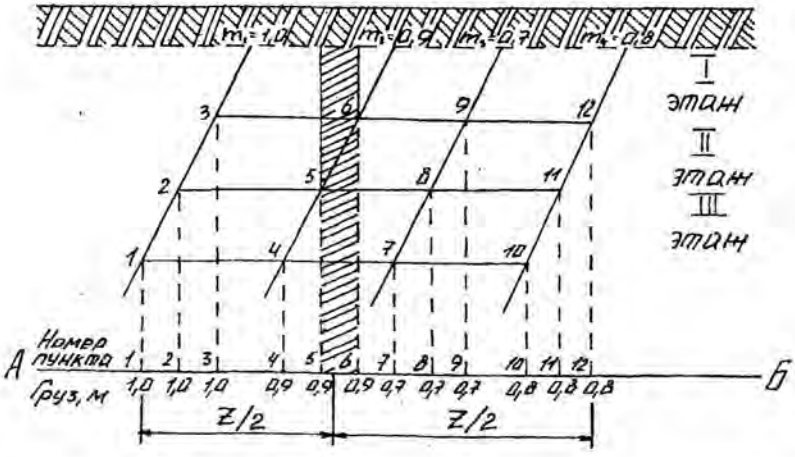


Рис. 7.1. К определению места заложения главного ствола

Пример 2. *Выбрать место заложения ствола шахты в направлении простирания пласта, обеспечивающее минимальную работу подземного транспорта угля при следующих условиях: разра-*

батывается пласт угля с переменным углом падения и невыдержанной мощностью; способ подготовки шахтного поля – этажный; этажи делятся на выемочные поля разной длины из-за невыдержанных элементов залегания пластов.

Решение. Грузы (запасы выемочных полей), подлежащие транспортировке по этажным штрекам, показываются на плане шахтного поля (рис. 7.2). Пункты сосредоточения грузов (точки пересечения участковых бремсбергов с этажными штреками) для удобства нумеруются.

На горизонтальную линию АБ проецируем все точки пересечения этажных штреков с участковыми бремсбергами. В этих точках сосредотачиваются величины соответствующих грузов. Затем на транспортном пути 1...12 отыскиваем графическим способом оптимальный пункт своза грузов. В данном случае он находится между пунктами 11 и 3.

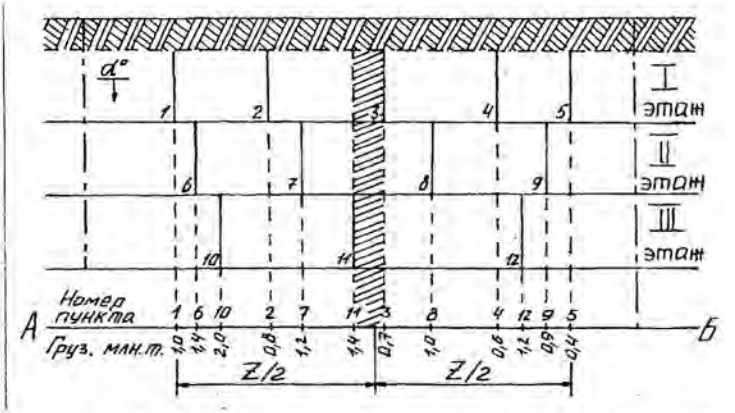


Рис. 7.2. К определению места заложения ствола в направлении простирания пласта

Порядок выполнения работы. После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы студенты в лабораторных условиях изучают место заложения главного ствола с использованием планов горных работ, макетов и планшетов.

На основании исходных данных (табл. 7.1) студенты вычерчи-

Таблица 7.1

Исходные данные для выполнения работы

Номер варианта	Размеры шахтного поля, м		Мощность угольных пластов, м				Расстояние между пластами, м			Угол падения пластов, α, град
	S	H	m_1	m_2	m_3	m_4	a_1	a_2	a_3	
1	5000	2380	2,5	4,5	3,8	-	15	32	-	27
2	5500	1800	1,8	2,4	2,8	-	40	60	-	35
3	4720	2100	3,9	2,1	-	-	70	-	-	30
4	4800	1900	4,5	2,5	1,8	3,2	20	15	60	38
5	5800	2300	2,0	3,1	1,5	5,0	40	35	80	30
6	4650	1600	1,2	1,8	2,1	1,5	25	15	40	45
7	3800	1200	4,2	2,9	3,5	-	60	40	-	60
8	5100	1700	1,3	2,0	1,8	1,5	30	50	20	32
9	4250	1400	2,7	1,8	3,6	-	80	30	-	28
10	6000	7000	2,0	3,1	1,6	2,2	10	60	20	35
11	3950	1350	1,5	1,8	2,5	1,2	20	70	30	40
12	7200	3000	3,1	3,3	1,7	2,0	45	20	60	22
13	4660	1380	1,6	2,4	4,1	-	70	30	-	34
14	3820	1160	2,8	1,7	1,5	-	25	40	-	55
15	6500	2800	1,4	3,6	4,2	5,0	18	35	50	36
16	4280	1120	3,1	1,5	2,6	2,8	40	25	70	42
17	5400	1460	1,9	2,7	1,4	2,3	20	38	55	50
18	7000	4000	2,0	1,5	2,2	3,3	40	20	15	28
19	5060	1700	1,4	1,7	2,0	-	30	40	-	25
20	6000	3100	1,5	3,0	2,5	2,0	25	18	30	27
21	3720	1330	1,3	1,8	1,9	2,5	12	30	38	37
22	4740	158	2,2	1,4	2,7	-	2	42	-	30

вают схему выбора места заложения ствола вкрест простирания и на плане шахтного поля. При этом производятся необходимые расчеты.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные горно-геологические факторы, влияющие на выбор места заложения главного ствола.
2. Каковы достоинства и недостатки центрального расположения главного ствола в шахтном поле?
3. В чем заключается сущность методики акад. Л. Д. Шевякова по выбору места заложения главного ствола?
4. При каких условиях величины транспортируемых грузов можно заменить мощностями разрабатываемых пластов?

Рекомендуемая литература

1. Примеры и задачи по технологии горного производства / Ю. К. Нурмухамедов. - М.: Недра, 1973.- 296 с.
2. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых.- 2-е изд., перераб. и доп. / А. С. Бурчаков, Н. К. Гринько, А. Б. Ковальчук.- М.: Недра. – 536 с.

8. СПОСОБЫ ДЕЛЕНИЯ ШАХТНОГО ПОЛЯ НА ЧАСТИ И ПОРЯДОК ЕГО ОТРАБОТКИ

Цель работы. Изучение способов деления шахтного поля на части, порядка и направления отработки шахтного поля в пространстве и времени в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий.

Теоретические основы выполнения работы. Шахтное поле угольной шахты не может разрабатываться одновременно по всей площади из-за его больших размеров. Для обеспечения системной и безопасной отработки шахтного поля его делят на части, удобные для разработки, – выемочные ступени (выемочные горизонты), крылья, блоки, этажи, панели, выемочные столбы и полосы. Параметры этих частей шахтного поля должны соответствовать условиям эффективного использования существующей и прогнозируемой горной техники и технологии.

Разделение шахтного поля на части зависит от ряда горно-геологических и горнотехнических факторов, основными из которых являются угол падения пластов, газообильность месторождения, технология и механизация очистных работ.

Горизонт (ступень) – часть шахтного поля, одной из границ которого по падению является главный транспортный штрек, а другой – верхняя или нижняя граница шахтного поля. Боковыми границами горизонта служат границы шахтного поля по простиранию.

Транспортным горизонтом называют совокупность вскрывающих, подготовительных выработок и выработок околоствольного двора, расположенных на одном уровне и служащих для транспортирования угля к стволу.

Часть шахтного поля, ограниченная по падению и восстанию смежными транспортными горизонтами или транспортным горизонтом и границей шахтного поля, а по простиранию границами шахтного поля, называют **выемочной ступенью** (выемочным горизонтом).

Наклонная высота выемочной ступени изменяется в широких пределах: от 100 - 150 м при крутом падении пластов до 1500 – 2000 м и более - при пологом.

При одногоризонтном вскрытии пологих пластов (с одним

транспортным горизонтом) шахтное поле обычно делят по падению на две части – бремсберговую ($H_{бр}$) и уклонную ($H_{у}$) независимо от способа подготовки (рис. 8.1).

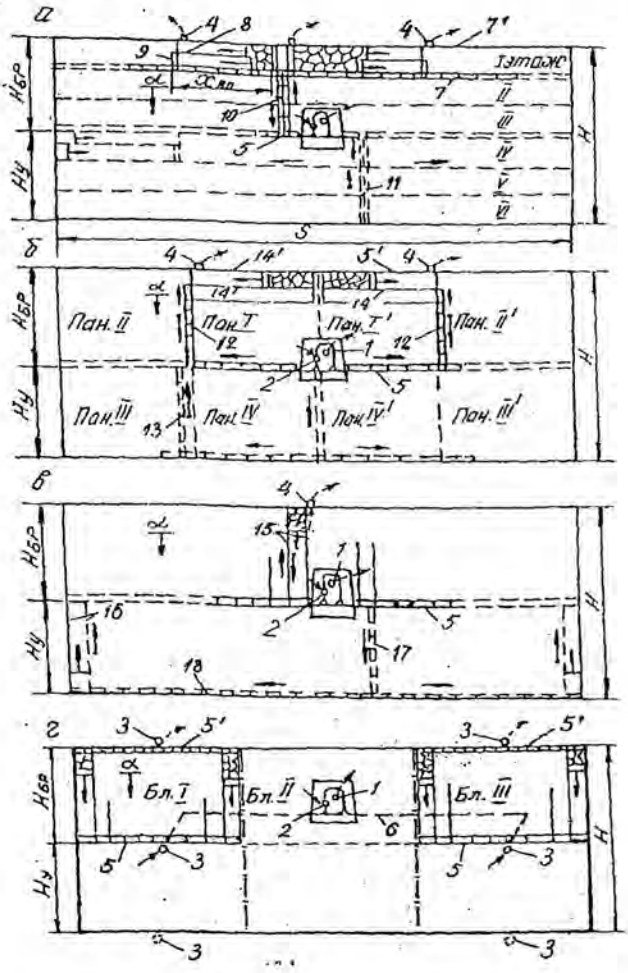


Рис. 8.1. Деление шахтного поля:
на этажи *(а)*; на панели *(б)*; на выемочные ступени, отрабатываемые длинными столбами по падению и восстанию *(в)*; на блоки *(г)*

По простиранию шахтное поле делится на **крылья.** Под крылом понимается часть шахтного поля, расположенная по одну сторону от главной вскрывающей выработки. Как правило, шахты отрабатывают двухкрылые шахтные поля. Крылья обычно обозначают частями света (западное, восточное и др.).

Блок – часть шахтного поля, характеризующаяся независимым провстриванием. Для этого проводятся блоковые воздухоподающие и воздухоотводящие стволы *3* (см. рис. 8.1, 8.2). Уголь из всех блоков по магистральному полевому штреку *6* доставляется к главному стволу *1*, располагаемому в центральном блоке. Размер блоков по простиранию обычно колеблется в пределах 3,0 – 4,5 км.

Границами блока по простиранию являются границы соседних блоков, а также одной из границ крайних блоков служат границы шахтного поля. Границами блоков по падению и восстанию являются границы шахтного поля.

К разделению шахтного поля на блоки прибегают при большой производственной мощности шахты, больших размерах шахтного поля, высокой газообильности месторождения.

При крутом, крутонаклонном, наклонном и, реже, пологом падении шахтное поле разделяется на этажи. **Этажом** называется часть шахтного поля, ограниченная по падению этажным откаточным штреком *7*, по восстанию этажным вентиляционным штреком *7'*, по простиранию – границами шахтного поля (см. рис. 8.1, *а*). При пологом падении в пределах выемочной ступени обычно располагается несколько этажей, соединяемых с транспортным горизонтом капитальными бремсбергами *10* и капитальными уклонами *11*.

При наклонном и пологом падении этаж, как правило, разделяется промежуточными штреками *8* на 2 - 3 подэтажа. Часть этажа по простиранию, заключенная между участковыми бремсбергами *9*, скатами и уклонами, а также между промежуточными квершлагами, называется **выемочным полем** ($x_{вп}$ на рис. 8.1, *а*). Длина выемочного поля по простиранию на пологих пластах принимается в пределах 1000 - 2000 м, на крутых – 300 - 600 м.

При углах падения до 18 – 25 ° выемочная ступень по простиранию может быть разделена на панели (см. рис. 8.1, *б*). **Панелью** называется часть шахтного поля, ограниченная по восстанию и па-

дению главными штреками (откаточным *5* и вентиляционным *5'*) либо с одной стороны границей шахтного поля, а по простиранию - границами соседних панелей или границей соседней панели с одной стороны и границей шахтного поля - с другой. Панели могут быть бремсберговыми и уклонными (см. рис. 8.1, *б*). Как и выемочные поля, они могут быть односторонними и двусторонними. Размеры панелей по простиранию находятся в пределах 1200 - 3500 м, а по падению – 1000 - 1200 м. По падению панели делятся на ярусы. **Ярус** – одновременно отрабатываемая часть панели, ограниченная по падению конвейерным *14*, по восстанию вентиляционным *14* ярусными штреками. В ярусе обычно располагается один забой очистной. Возможно деление яруса на подъярусы.

При углах падения пластов до 10° пласт в пределах горизонта делят по простиранию месторождения на выемочные столбы, вытянутые по восстанию или падению от верхней границы горизонта до нижней. Такой способ подготовки называют **погоризонтным** (см. рис. 8.1, *в*). Выемочные ступени делятся конвейерными и вентиляционными бремсбергами *15* или уклонами *16* на столбы шириной 150 - 250 м, отрабатываемые по падению или восстанию.

Порядок отработки различных частей шахтного поля показан на рис. 8.2.

Порядок отработки шахтного поля – это определенная очередность выемки в пространстве и времени, увязанная со схемами вскрытия и подготовки шахтного поля и его участков.

Этажи (ярусы), как правило, отрабатывают в нисходящем порядке, а по простиранию можно отрабатывать в прямом или обратном порядке.

Порядок отработки свиты пластов устанавливается с учетом принятой производительности шахты и требований безопасности ведения работ.

При выборе порядка отработки частей шахтного поля следует учитывает достоинства и недостатки вариантов. При прямом порядке отработки сокращается срок строительства и обеспечивается быстрое начало эксплуатационных работ, не требуется больших разовых капиталовложений. Однако при этом увеличиваются утечки воздуха, возрастают пожарная опасность и затраты на противопожарную профилактику, значительно увеличиваются расходы на

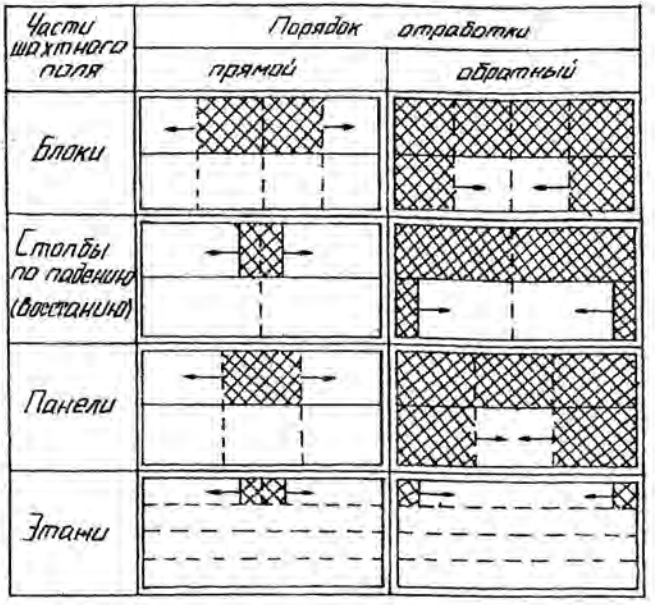


Рис. 8.2. Порядок отработки шахтного поля

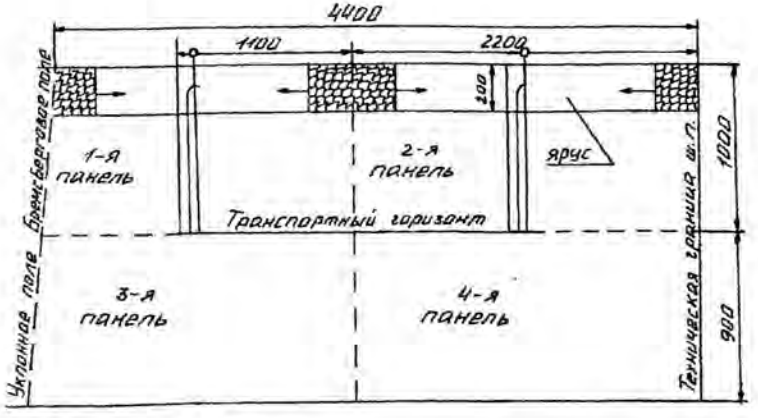


Рис. 8.3. Графическая интерпретация примера

поддержание транспортных и вентиляционных выработок, затрудняется борьба с пожарами.

Пример. *Разделить шахтное поле с размерами по простиранию 4,5 км и по падению 1,9 км на части. Обосновать возможные способы деления шахтного поля на части и вычертить их схемы для следующих условий: мощность пласта 2 м, угол падения 16°. Шахтное поле на западе ограничено дизъюнктивным нарушением амплитудой H=30 м, а на востоке – технической границей с шахтой «Центральная».*

Решение. С учетом заданных условий принимается панельный способ подготовки шахтного поля. По падению шахтное поле делится на бремсберговую ($h_б$ =1000 м) и уклонную ($h_у$ =900 м) части. Панели двусторонние с размерами по простиранию 2200 м. Панель делится на ярусы. Графическая интерпретация примера представлена на рис. 8.3.

Порядок выполнения работы

Первоначально необходимо ознакомиться с теоретическими основами выполнения работы. Затем по планам горных работ определить, на какие части разделено шахтное поле, установить их размеры и порядок отработки.

Далее по заданным условиям (табл. 8.1) осуществляется деление шахтного поля на части и обосновывается порядок их отработки. Принятые решения отображаются графически. При этом графическая часть выполняется в масштабе.

Таблица 8. 1

Исходные данные для выполнения работ

Номер варианта	Размер шахтного поля		Число пластов в шахтном поле	Мощность пластов, м	Угол падения, град	Категория шахты по метану
	по простиранию	по падению				
1	5500	2400	3	1,8; 2,4; 2,8	8	III
2	9000	3000	2	2,9; 3,5	15	Сверхкат.
3	4500	2100	2	2,7; 3,2	27	II
4	6000	2600	1	2,3	18	I
5	4000	1800	2	1,9; 2,6	12	III
6	8000	3000	1	3,1	10	Сверхкат.
7	7000	2700	2	1,8; 2,9	20	III
8	5000	1700	3	2,0; 2,2; 2,0	35	Сверхкат.
9	6350	1950	2	1,7; 3,0	22	II
10	4050	1550	3	3,1; 2,4; 1,8	30	I
11	5200	1800	2	2,5; 3,1	24	II
12	3450	1200	3	1,5; 2,0; 2,5	40	Сверхкат.
13	4250	1400	2	2,4; 3,0	50	II
14	6100	1950	1	3,6	6	I
15	3800	1100	3	1,5; 1,9; 2,6	45	II
16	4000	1420	2	3,2; 2,8	60	III
17	4650	1600	1	4,2	32	III
18	12000	2400	3	1,4; 2,1; 1,8	3	Сверхкат.
19	10000	1200	3	2,9; 3,8; 4,5	15	III
20	5400	2050	2	3,2; 4,3	26	II
21	6300	1980	3	1,9; 2,6; 1,7	18	III
22	7200	2400	2	4,0; 3,7	8	I
23	4630	1420	2	2,6; 3,2	45	II
24	10800	2500	3	3,0; 4,1; 2,5	32	Сверхкат.
25	5800	2100	2	2,2; 2,8	30	II

Контрольные вопросы

1. Что понимается под термином «шахтное поле»?
2. Перечислите основные горно-геологические и горнотехнические факторы, влияющие на способы деления шахтного поля.
3. На какие основные части делится шахтное поле по падению и простиранию?
4. В чем заключается сущность этажного, панельного и погоризонтного способов подготовки шахтного поля?
5. Назовите области применения этажного, панельного и погоризонтного способов подготовки.
6. Порядок отработки шахтного поля при этажном, панельном и погоризонтном способах подготовки.

Рекомендуемая литература

1. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. Подземная разработка пластовых месторождений: учебник для вузов / В. Н. Корнилков.- Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горного ун-та, 2005. – 494 с.
2. Технология подземной разработки месторождений полезных ископаемых / А. С. Бурчаков [и др.] – М.: Недра, 1983. – 487 с.

9. ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ И КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ВЫБОР СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Цель работы. Закрепление и углубление знаний студентов, привитие навыков по определению классификационных признаков систем разработки угольных пластов по планам горных работ.

Теоретические основы выполнения работы

Под **системой разработки** пластовых месторождений понимается порядок проведения подготовительных и очистных работ в пределах выемочного поля, увязанный в пространстве и времени.

Условия залегания угольных месторождений весьма разнообразны, и поэтому выбор системы разработки зависит от многих геологических, технических и организационных факторов, определяющих эти условия. Основными факторами, влияющими на выбор системы разработки угольных пластов, являются: форма залегания пластов в недрах; их мощность и угол падения; строение пластов; свойства угля и вмещающих пород; газоносность и водоносность месторождения; склонность пластов к самовозгоранию; склонность пластов к горным ударам и внезапным выбросам; расстояние между смежными пластами угля; глубина разработки; способы и средства механизации производственных процессов в очистных и подготовительных выработках и др.

Рассмотрим основные из них.

Форма месторождений бывает правильная и неправильная (см. работу № 2). Пластовые месторождения характеризуются тем, что элементы их залегания сохраняются на значительных площадях. Однако довольно часто наблюдаются изменения мощности и угла падения пласта, нарушения его сплошности и др. Поэтому при выборе систем разработки следует предусматривать систему разработки, пригодную для диапазона колебаний элементов залегания пласта или, при необходимости, предусматривать возможность перехода от одной системы к другой.

Мощность пласта определяет способ выемки угля, интенсивность сдвижений вмещающих пород, способ управления горным давлением, а также способ проведения и поддержания подготовительных выработок.

Мощность пласта, как правило, выполняет роль классифицирующего признака систем разработки угольных пластов.

Угол падения пласта также является важным фактором при выборе систем разработки, а в некоторых классификациях - классификационным признаком. Он оказывает влияние на способ доставки угля вдоль очистного забоя, выбор средств механизации очистной выемки, форму и размер очистного забоя, способ управления горным давлением.

Свойства боковых пород оказывают существенное влияние на выбор способа охраны подготовительных выработок, способа управления горным давлением и крепления очистного забоя, средств механизации очистной выемки.

Основными характеристиками вмещающих угольный пласт пород являются их обрушаемость и устойчивость. При неустойчивых породах возникает необходимость использования механизированных крепей с максимальным коэффициентом перекрытия кровли, упрочнение пород кровли или оставление подкровельной пачки угля. На пластах с труднообрушающимися кровлями следует ориентироваться на очистные механизированные комплексы с высоким удельным сопротивлением, а также на проведение специальных мероприятий по разупрочнению пород кровли.

Устойчивость боковых пород предопределяет и расположение подготовительных выработок по пласту или пустым породам.

Газоносность пласта и вмещающих пород. При разработке угольных месторождений из пластов и вмещающих пород выделяются природные газы. При выборе системы разработки и их элементов наибольшее значение с точки зрения проветривания имеют метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2). Наибольшую опасность представляет метановоздушная смесь с содержанием метана 4,5 – 16 %, при котором она становится взрывчатой. На газовых шахтах предпочтительнее прямоточная и обособленная схема проветривания лав.

Водоносность. При высокой водообильности наблюдается вдавливание элементов крепей в породы почвы и интенсивно развивается пучение. Это должно учитываться при выборе вида крепей выработок и способов их охраны. Влияние этого фактора заключается и в том, что работа в обводненных забоях оказывает вредное

воздействие на здоровье рабочих, при этом увеличивается травматизм и снижается производительность труда. Поэтому при разработке обводненных месторождений необходимо применять также системы разработки, при которых либо данное месторождение дренируется, либо полностью исключается поступление воды в призабойное пространство очистного забоя.

Количество воды($м^3$), которое выдается из шахты, водоотливными установками на 1 т добычи полезного ископаемого в течение года называют коэффициентом водообильности шахты. Значение его изменяется в широком диапазоне от 0,1 до 35 $м^3$/т и более. В учебных целях по коэффициенту водообильности шахты разделяют на три группы: 1 – незначительная обводненность -$W \leq 1$ $м^3$/ т; 2 – средняя $W = 1{,}0 - 4{,}5$ $м^3$/ т; 3 – высокая - $W > 4{,}5$ $м^3$/ т.

Склонность угля к самовозгоранию проявляется тем чаще, чем мощнее пласт. Эндогенные пожары обычно возникают в местах геологических нарушений и разрушенных целиках угля. Наиболее пожаробезопасны системы разработки с минимальными потерями угля.

Глубина разработки вносит существенные изменения в разработку месторождений. С глубиной возрастает напряженное состояние горных пород, увеличивается давление на крепь горных выработок, возрастает вероятность возникновения горных ударов и внезапных выбросов газа, угля и породы. Общими рекомендациями при этом являются: опережающая отработка защитных пластов, минимальный объем подготовительных выработок, проведение выработок без оставления целиков угля и повторное их использование и др.

Способы механизации очистных и подготовительных работ весьма тесно связаны с системами разработки. Внедрение в практику горных работ новых средств комплексной механизации очистных работ вызвало необходимость в изменении элементов системы разработки и способов управления горным давлением.

Разнообразие горно-геологических условий залегания угольных пластов и технических средств их выемки предопределяет и многообразие вариантов и разновидностей систем разработки, которые характеризуются различными признаками.

В качестве основного классификационного признака в большинстве классификаций систем разработки принят признак разделе-

ния пласта по мощности на слои (табл. 9.1). В соответствии с этим признаком системы разработки разделяют на два вида – без разделения на слои (с выемкой на полную мощность) и с разделением на слои.

Первый дополнительный признак – длина очистного забоя. По этому признаку системы разработки разделяют на две группы: с длинными очистными забоями и с короткими забоями. Это разделение основывается не только на геометрическом признаке и на больших технологических различиях (виды механизации и организации очистных работ).

Второй признак – порядок проведения подготовительных выработок в выемочном поле по отношению к перемещающейся поверхности очистного забоя. Различают столбовую, сплошную и комбинированную системы разработки.

Для ***столбовых*** систем разработки характерным является то, что подготовительные выработки в выемочном поле по отношению к перемещающейся поверхности очистного забоя проводятся до начала очистной выемки.

Для ***сплошных*** систем разработки характерно одновременно-последовательное проведение подготовительных выработок в выемочном поле по отношению к перемещающейся поверхности очистного забоя, часть из них проводится до начала очистной выемки или одновременно с ней.

При ***комбинированной*** системе разработки можно применять одновременно или последовательно столбовую и сплошную системы разработки.

Третий признак – направление перемещения в пространстве очистного забоя в выемочном поле по отношению к элементам залегания пласта. Различают системы разработки с подвиганием очистных забоев по простиранию, падению, восстанию или диагонально.

Таблица 9.1

Классификационные признаки систем разработки

Классификационные признаки			
Разделение пласта по мощности на слои	Длина очистного забоя	Порядок проведения подготовительных выработок в выемочном поле по отношению к подвижной плоскости очистного забоя	Направление перемещения в пространстве очистного забоя в выемочном поле по отношению к элементам залегания пласта
Без разделения на слои	С длинными забоями	Одновременный (сплошная)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
		Последовательный (столбовая)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
		Одновременно-последовательный (комбинированная)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
	С короткими забоями	Одновременный (камерная)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
		Последовательный (короткими столбами)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
		Одновременно-последовательный (камерно-столбовая)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
С разделением на слои: наклонные	С длинными забоями	Последовательный (столбовая)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
	С короткими забоями		По простиранию
Горизонтальные: поперечно-наклонные	С короткими забоями		По простиранию

Варианты систем разработки могут также отличаться: схемами проветривания в пределах выемочного участка (возвратноточная, прямоточная); способами охраны подготовительных выработок (целиками, без целиков); способами управления горным давлением (с обрушением, с закладкой); способами выемки угля в очистном забое и др. При слоевых системах разработки возможны варианты порядка отработки слоев – нисходящий, восходящий и комбинированный.

Отличительные признаки наиболее широко применяемых систем разработки угольных пластов с выемкой на полную мощность представлены на рис. 9.1.

Применяемые системы разработки в конкретных горно-геологических условиях и их конструктивные особенности находят отражение на планах горных работ – основном документе шахты. На план наносятся все горные выработки (обычно в масштабе 1 : 2000, 1 : 5000 и реже 1 : 10000); отмечаются последовательность и сроки их проведения, а для очистных работ – величина месячного подвигания линии очистного забоя; старые очистные работы отмечаются по годовому подвиганию очистного забоя; указываются тип механизации выемки и способ управления кровлей.

Порядок выполнения работы

После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы, а также с примером выполнения работы студент получает план горных работ одной из действующих шахт. По полученному плану горных работ необходимо:

- определить и занести в таблицу (табл. 9.2) горно-геологические и горнотехнические параметры действующих выемочных участков;
- определить на основании отличительных признаков класс системы разработки;
- установить направление движения струи воздуха и транспорта угля на выемочном участке.

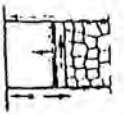
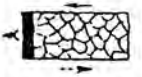
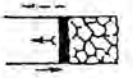
Признаки системы		Классификационные признаки		
		Вид системы разработки		
		Сплошная	Столбовая	Комбинированная
				
Основные	Порядок ведения очистных и подготовительных работ в выемочном поле	Одновременный	Разновременный	Комбинированный
Дополнительные	Условия поддержания участковых выработок	В выработанном пространстве или на границе с ним	В массиве угля или зоне установившегося горного давления	В массиве и выработанном пространстве
	Направление движения очистных забоев и транспорта угля	Противоположное	Совпадает	Совпадает или не совпадает
	Направление движения очистных забоев и исходящей струи воздуха	Противоположное 	Совпадает 	Совпадает  Не совпадает 

Рис. 9.1. Отличительные признаки систем разработки.

Направление движения:

- очистного забоя;
- транспорта угля;
- свежей струи воздуха;
- исходящей струи воздуха

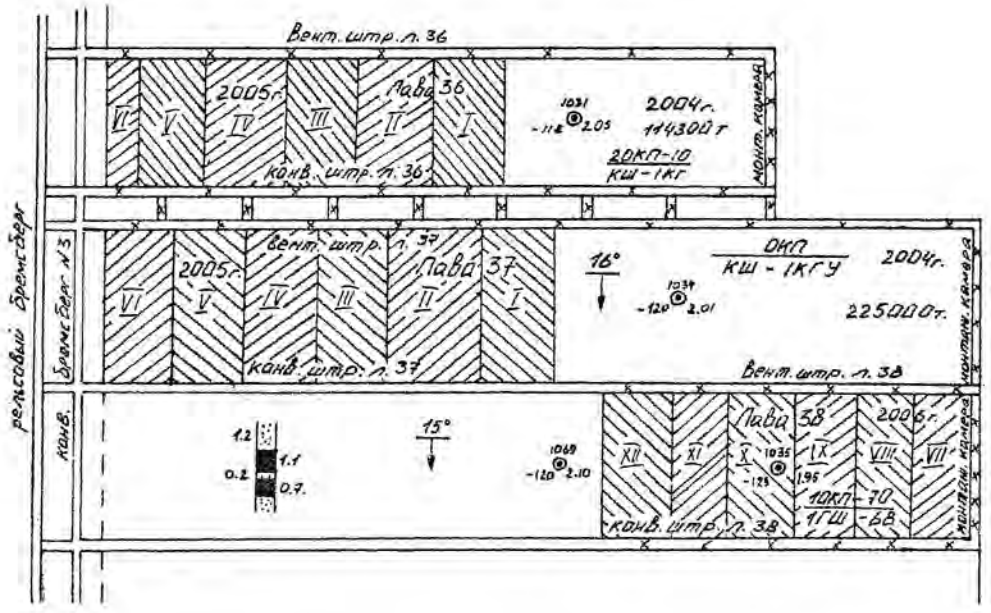


Рис. 9.2. Выкопировка из плана горных работ пласта «Ж» шахты «Капитальная» (масштаб 1: 5000)

Таблица 9. 2

Характеристика действующих выемочных участков

Выемочной участок	Система разработки	Мощность пласта, м	Угол падения, град	Вмещающие породы		Длина лавы, м	Запасы выемочного участка, тыс. т	Способ охраны выработки
				кровля	почва			
Лава 36	Длинные столбы по простиранию	2,05	16	Алевролит, песчаник	Аргиллит	150	300,0	Целик-массив
Лава 37	То же	2,00	16	То же	То же	175	460,7	То же
Лава 38	- « -	2,10	15	- « -	- « -	160	421,1	Без целика с повторным использованием

Пример. По плану горных работ (рис. 9.2) устанавливаем следующее:

1) шахта «Капитальная» ОАО «Челябинская угольная компания», пласт «Ж», лава 38;

2) мощность пласта $m = 2{,}1$ м; угол падения $\alpha = 16°$; непосредственная кровля – алевролит мощностью 4 – 8 м; основная кровля – песчаник мощностью 6 – 8 м, почва – аргиллит; глубина ведения работ 250 м; шахта III категории по газу; глубина ведения работ 250 м; шахта III категории по газу;

3) очистной забой – лава длиной 160 м;

4) лава обслуживается конвейерным и вентиляционным штреками;

5) вентиляционным штреком лавы 38 является сохраненный для повторного использования конвейерный штрек лавы 37;

6) очистные и подготовительные работы разделены в пространстве и времени;

7) направление движения исходящей струи воздуха и транспортирования угля совпадает с направлением подвигания лавы.

Данная система разработки имеет классификационные признаки столбовой системы разработки. Полное название системы – «Столбовая система разработки с выемкой одинарными лавами по простиранию».

Контрольные вопросы

1. Назовите основные факторы, влияющие на выбор системы разработки.
2. Как влияет на выбор системы разработки мощность пласта?
3. Как влияет на выбор системы разработки и ее параметры угол падения пласта?
4. Назовите основные признаки классификации систем разработки пластовых месторождений.
5. Назовите главные отличия столбовых систем разработки от сплошных.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица П.1.1

Углы сдвижения пород и ширина предохранительной бермы для основных бассейнов и месторождений

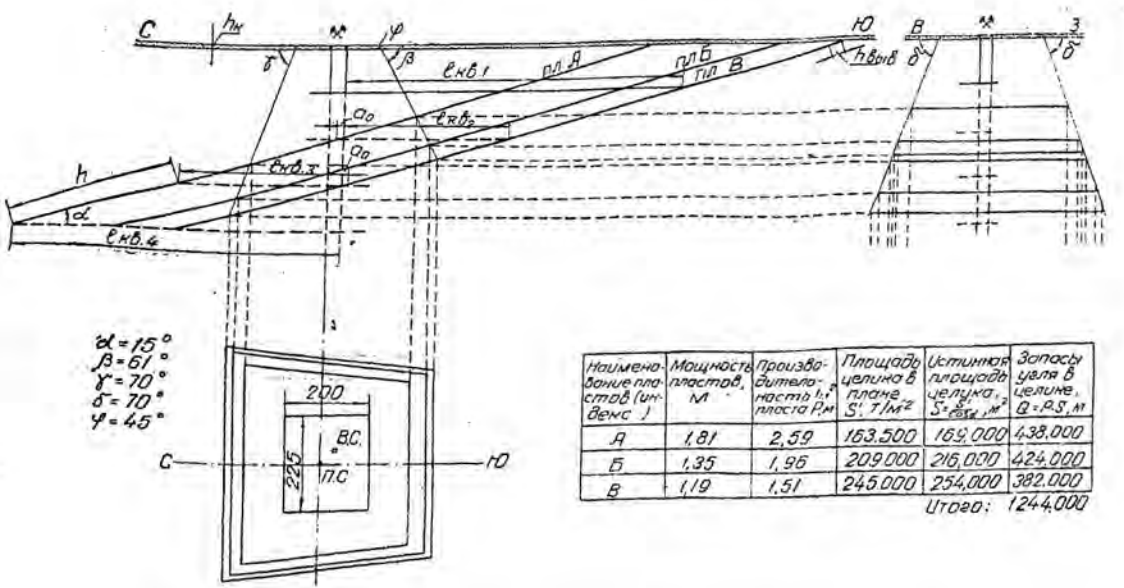
Бассейны или месторождения	Углы падения пластов α, град	Углы сдвижения пород, град				Ширина берм для объектов охраны, м
		в коренных породах			в наносах	
		β	γ	δ	φ	
Донецкий и Печорский	0…5	85	85	85	60	10
	6…44	90	85	85	60	
	45…65	90	85	85	60	
	66…69	40	90	85	60	
	70…85	30	85	85	60	
Челябинский	0…10	65	65	65	50	10
	11…60	70 – 0	70	65	50	
	61…65	40	75	65	50	
	66 и более	40	75	65	50	
Воркутинское	0…65	80	80	80	55, в обводненных 45	10
Карагандинский	0…70	70-0,6	70	70	45	10
	70…80	30		70	45	
Подмосковный	0…10	-	-	55	-	5
Кузнецкий	0	80	80	80	55	10
	10…50	82- 0	80	80	55	
	51..55	31	80	75	55	
	56…90	30	80	75	55	

Примечание. В Челябинском бассейне углы сдвижения пород β, γ, и δ в подработанной ранее толще пород принимаются на 10° меньше, чем углы, определенные по табл. П.3.1.

При разработке угольных пластов с углами падения более 65° угол сдвижения β_1 в породах лежачего бока изменяется от 55 до 40° обратно пропорционально изменению углов падения от 65 до 90°, т. е. при возрастании угла падения на каждые 5° угол сдвижения уменьшается на 3°.

В Донецком бассейне при наличии в толще меловых и третичных отложений углы сдвижения $\beta = \gamma = \delta = 70°$.

В Печорском бассейне при наличии в наносах плывунов угол сдвижения φ принимается равным 45°.



Наименование пластов (индекс)	Мощность пластов, м	Производительность пласта P, м	Площадь целика в плане S', т/м²	Истинная площадь целика, $S = \frac{S'}{\cos\alpha}$, м²	Запасы угля в целике, $Q = P \cdot S$, м
А	1,81	2,59	163.500	169,000	438,000
Б	1,35	1,96	209.000	216,000	424,000
В	1,19	1,51	245.000	254,000	382,000
				Итого:	1244,000

Рис. П. 1.1. Построение предохранительных целиков под промплощадку

Приложение 2

Таблица П.2.1

Габаритные размеры подвижного состава

Параметры	Шахтные вагонетки								
	ВГ-0,7	ВГ-1,2	ВГ-2,0	ВГ- 2,2	ВГ-3,3	ВГ-4,5А	ВГ-9А	ВГ-10А	УВГ-1,3
Вместимость кузова, $м^3$	0,7	1,2	2,0	2,2	3,3	4,5	9	10	1,3
Основные размеры, мм									
Длина	1250	1850	3070	2950	3450	4100	8000	7300	1500
Ширина	850	1000	1250	1200	1240	1350	1350	1800	850
Высота	1220	1300	1200	1300	1300	1550	1550	1600	1300
Колея, мм	600	600, 750	750, 900	600, 750	900	750, 900	750, 900	750, 900	600, 750
	Аккумуляторные электровозы								
Тип электровоза	4,5 АРП-2М	5АРВ-2М	АРИ-7	АРВ-7	АМВД	2АМ-8Д	АРИ-10	АРИ-14	АРП-28
Длина по буферам, мм	3300	3480	4200	4200	4550	9470	5500	5865	10870
Ширина, мм,при размере колеи 600 мм	1000	1000	1050	1050	1045	1045	1060	-	-
Ширина, мм,при размере колеи 900 мм	1300	1300	1350	1350	1315	1345	-	1350	1350
Высота, мм	1310	1450	1500	1500	1415	1415	1650	1650	1650
Исполнение электрооборудования	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ

Окончание табл. П.2.1

Контактные электровозы						
Тип электровоза	3КР-600	4КР-1	К-10	К-14	КТ-14	КТ-28
Длина по буферам, мм	2900	3120	5200	5440	5440	12300
Ширина, мм, по выступающим частям при колее 600 мм	960	1000	1350	1350	1350	1350
Ширина по выступающим частям при колее 750 и 900 мм	-	1300	1650	1650	1650	1650
Высота, мм	1400	1515	1650	1650	1650	1650
Шахтные конвейеры с шириной ленты 800 мм						
Тип конвейера	КЛ 150Д, КЛ-150У	1Л80	1ЛТ-80	2П80	2ЛБ80	1ПБ80
Максимальная ширина, мм	1080	1108	1108	1108	1108	1108

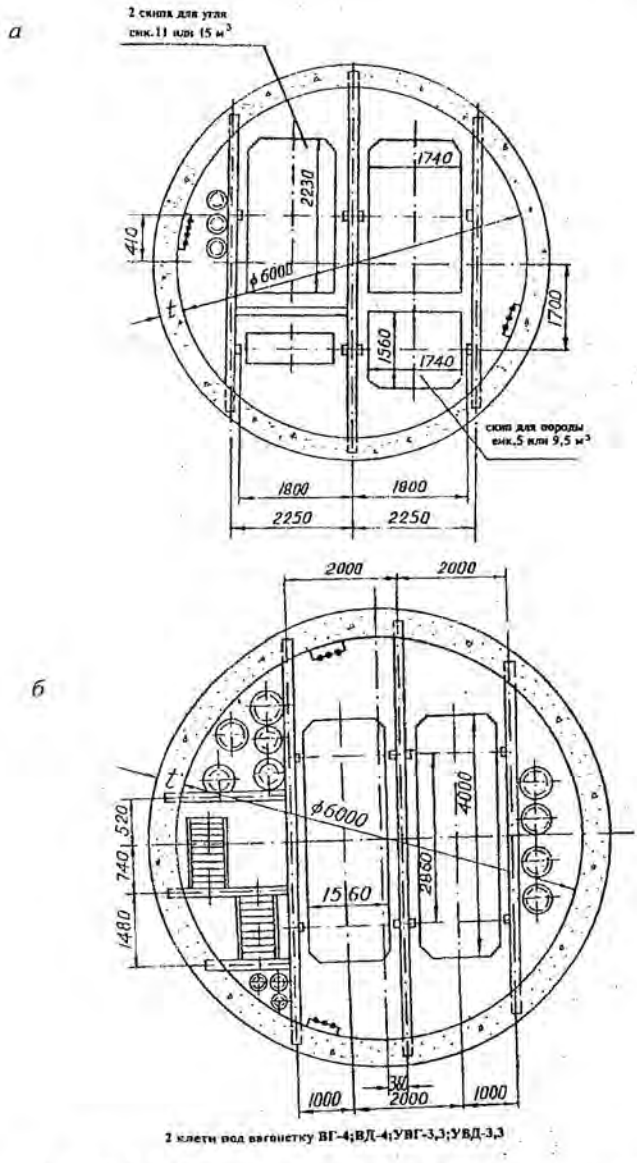


Рис. П. 3.1. Сечение скипового *(а)* и клетевого *(б)* стволов

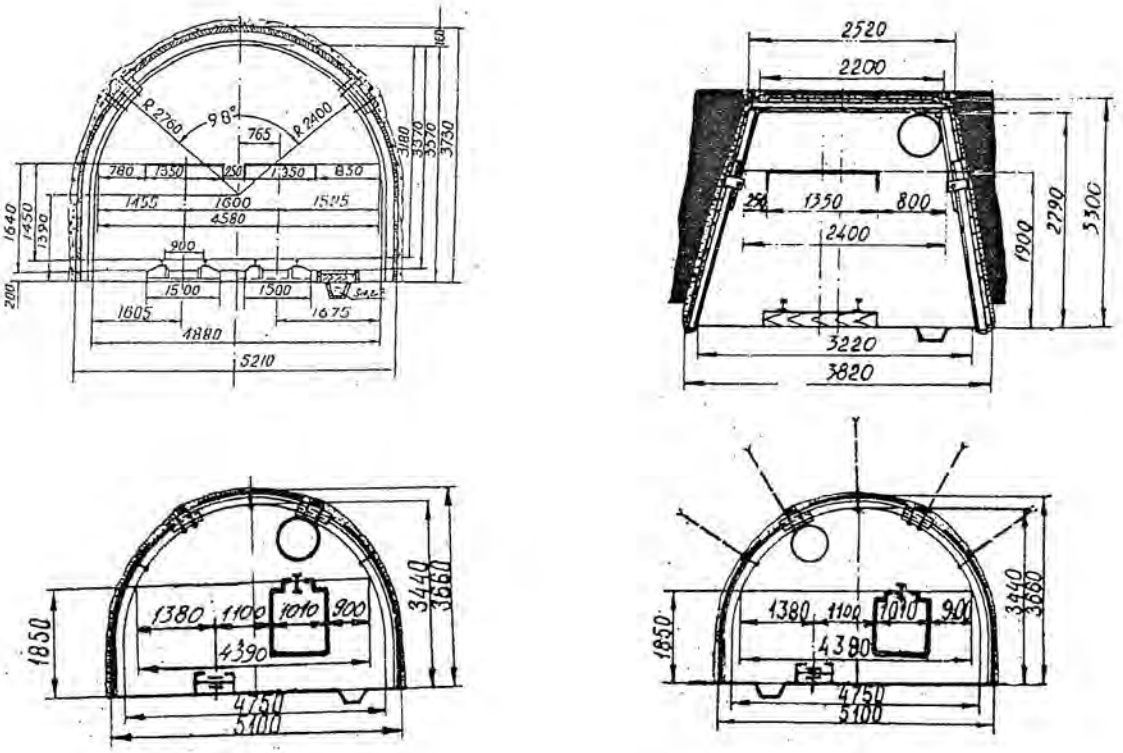


Рис. П. 3.2. Сечение квершлага *(а)*, вентиляционного штрека *(б)* и бремсберга *(в, г)*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Горно-геологические условия залегания угольных месторождений весьма разнообразны. Это приводит и к различным техническим решениям на различных стадиях их разработки.

На этапе изучения дисциплины «Основы горного дела» при многовариантности решения вопросов во всех звеньях технологической цепи угольной шахты следует освоить основные ее элементы. При этом наибольший эффект в освоении материала достигается в результате прорисовывания чертежей схем графиков и проведения соответствующих расчетов после изучения теоретических вопросов.

Учебное издание

Александр Михайлович Вандышев

Владимир Валентинович Потапов

ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА. ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ по дисциплине
«Основы горного дела» для студентов
специальности 21.05.04 Горное дело специализации
«Открытые горные работы»

Редактор Устьянцева Л.В.
Компьютерная верстка Реснянской И.В.

Подписано в печать 2019 г.
Бумага писчая. Формат 60x84 $^{1}/_{16}$
Гарнитура Times New Roman Печать на ризографе.
Печ. л. Уч.-изд.л. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра шахтного строительства

Е. В. Канков

СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Учебно – методическое пособие

для выполнения практических и контрольных работ

студентами специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

1. Выбор типа крепи и определение её прочных размеров……3

1.1 Общие положения……3

1.2 Выбор формы и определение размеров поперечного сечения горных выработок……4

2. Организация горнопроходческих работ……..11

2.1. Общие положения……..11

2.2. Определение объёмов работ……..12

2.3. Проектирование цикличной организации работ……13

Приложение 1: Нормы времени основных технологических процессов……18

Исходные данные……..20

Список литературы……23

1. ВЫБОР ТИПА КРЕПИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЁ ПРОЧНЫХ РАЗМЕРОВ

1.1. Общие положения

Крепь горных выработок является несущей конструкцией, возводимой для предотвращения обрушения окружающих выработку пород и сохранения проектных размеров выработки на период её эксплуатации.

Тип, размеры и материал крепи должны соответствовать горно-геологическим условиям и сроку службы выработки. Стоимость сооружения и ремонта крепи за весь период её службы должны быть минимальными.

Деревянную крепь рационально применять при установившемся умеренном горном давлении в выработках со сроком службы 2-3 года, а при пропитке крепи антисептиками – до 5-6 лет. Несущая способность деревянной крепи составляет 0,03 – 0,05 МПа.

Металлическая крепь широко используется для крепления капитальных и подготовительных горных выработок вследствие её высокой несущей способности, долговечности, огнестойкости и возможности повторного использования. Она применяется при сроке службы выработки от 3 до 25 лет. Выработки обычно крепят арочной податливой трёхзвенной (КПМ-А3) или пятизвенной (КПМ-А5) крепями из спецпрофиля СВП.

Монолитную бетонную (железобетонную) крепь применяют при проведении капитальных горных выработок с большим сроком службы, находящихся вне зоны активного опорного давления в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова f = 1÷9. В основном, монолитную бетонную крепь применяют для крепления выработок околоствольных дворов, квершлагов, штреков, капитальных бремсбергов и уклонов, проводимых по слабым породам.

Анкерная крепь – это пространственная система стержней (анкеров), закреплённых в породном массиве, вмещающем выработку. Обеспечивает возможность использования несущей способности породного массива, снижения материалоёмкости применяемых в сочетании с ней крепей и может использоваться:

– в качестве самостоятельной в квершлагах, полевых штреках, бремсбергах, уклонах и ходках, в выёмочных штреках, вентиляционных сбойках и разного рода нарезных выработках;

– в комбинации с набрызгбетоном в подготовительных выработках, пройденных в трещиноватых породах;

– в качестве временной в сопряжениях горных выработок, камерах и нишах, с последующим креплением их подпорной крепью;

– как средство борьбы с пучением почвы – в необводненных породах капитальных и подготовительных выработок, находящихся вне зоны влияния очистных работ.

К породам, в которых целесообразно использовать анкерные крепи, относятся глинистые сланцы, аргиллиты, алевролиты, песчаники, известняки и

другие скальные породы, коэффициент крепости которых по шкале проф. М. М. Протодьяконова не ниже 4.

Набрызгбетон применяется для крепления горных выработок, проведённых в крепких устойчивых породах с $f \geq 9$, в сочетании с анкерной крепью - может применяться для пород с $f = 6 \div 9$.

Крепь из железобетонных тюбингов применяют в капитальных горных выработках, расположенных вне зоны влияния очистных работ, при нагрузке на крепь до 150 – 200 кПа. Основное преимущество данного вида крепи – высокая степень надёжности. Крепь способна воспринимать нагрузку сразу после её установки.

1.2. Выбор формы и определение размеров поперечного сечения горных выработок

Выбор формы поперечного сечения горных выработок производится в зависимости от материала, конструкции крепи, величины и направления горного давления, физико-механических свойств горных пород, пересекаемых выработкой, назначения и срока службы выработки.

Основные формы поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок приведены на рис. 1.1.

Трапециевидная **(а)** – при рамной крепи (деревянной, металлической, железобетонной) и при небольшом боковом давлении.

Арочная **(б, в)** – при креплении выработок арочной металлической или железобетонной крепью для большого давления со стороны свода и небольшого бокового.

Сводчатая (вертикальные стены и коробовый свод) **(г)** – при креплении выработок монолитной бетонной или железобетонной крепью, набрызгбетонной, анкерной, комбинированной (анкерная и набрызгбетон; анкерная, металлическая сетка и набрызгбетон) для восприятия большого давления со стороны кровли или без крепления в устойчивых крепких породах.

Подковообразная **(д)** – при креплении выработок монолитной бетонной, железобетонной, каменной, металлической крепью для восприятия значительного давления со стороны кровли и боков.

Шатровая **(е)** – при креплении выработок монолитной бетонной или железобетонной крепью, анкерной крепью, комбинированной (анкерная крепь и набрызгбетон; анкерная крепь, металлическая сетка и набрызгбетон), при проведении выработок в удароопасных породах.

Круглая **(ж)** – при замкнутой кольцевой крепи для восприятия всестороннего давления в слабых и неустойчивых породах.

Эллипсовидная **(з)** – при креплении выработок монолитной бетонной или железобетонной крепью, каменной, металлической, анкерной и набрызгбетонной в условиях, когда горизонтальные напряжения в 1,5–2,0 раза превышают вертикальные, а также при проведении выработок в удароопасных породах.

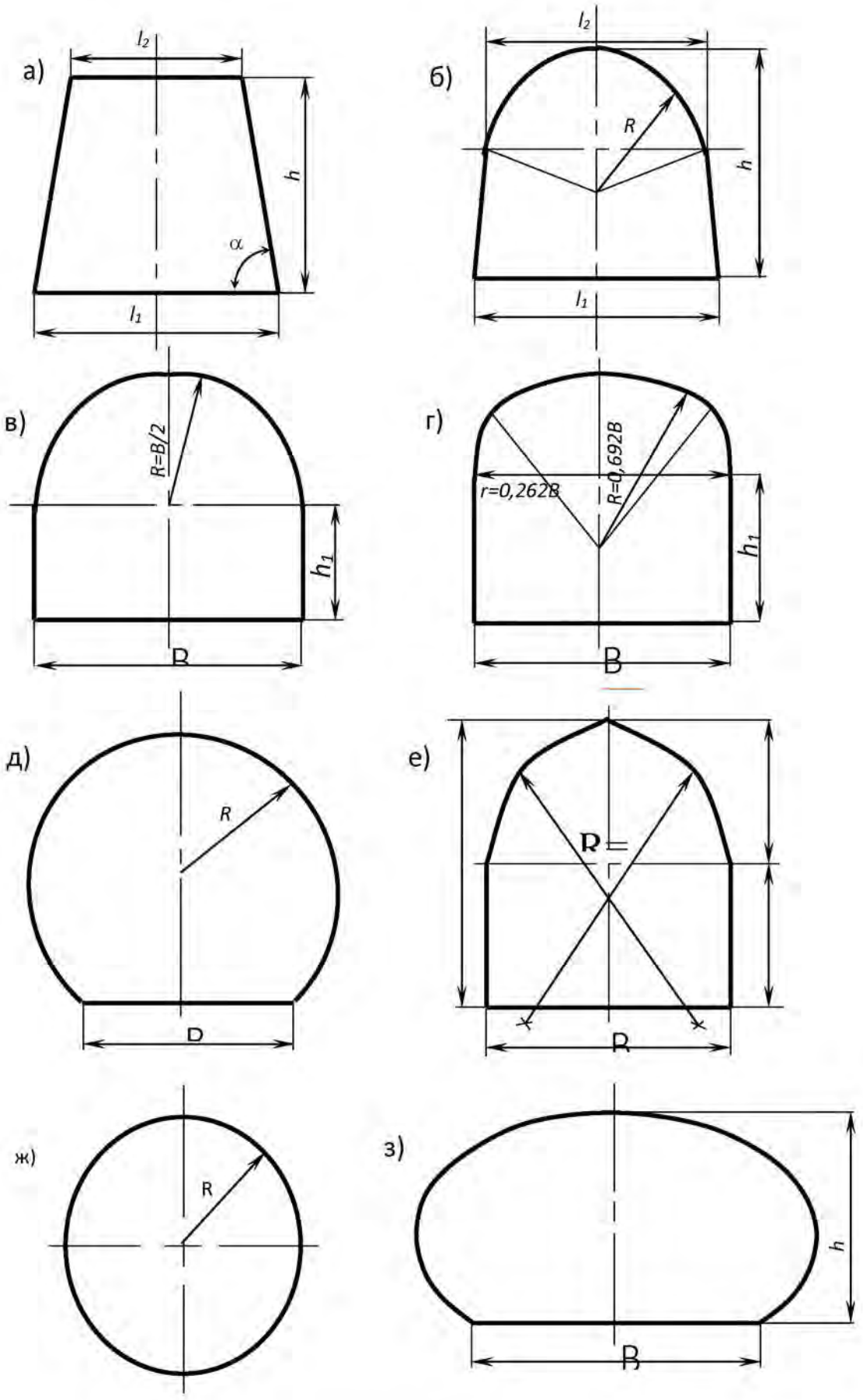


Рис. 1.1. Формы поперечного сечения выработок:

а – трапециевидная; *б, в* – арочная; *г* – сводчатая; *д* – подковообразная;

е – шатровая; *ж* – круглая; *з* - эллипсовидная

Размеры поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок зависят от назначения выработки, габаритных размеров транспортных средств, количества рельсовых путей, безопасных зазоров, назначаемых по требованиям Правил безопасности, и количества воздуха, проходящего по данной выработке.

Размеры поперечного сечения выработки в свету определяются графическим путем. При определении размеров поперечного сечения горных выработок необходимо, в первую очередь, иметь данные о размерах вагонеток, скипов (для наклонных выработок), электровозов (табл. 1.1) и самоходного оборудования, а также выполнять требования Правил безопасности.

Все выработки, по которым производится транспортирование грузов, должны иметь зазоры между крепью или размещёнными в выработках оборудованием и трубопроводами и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава, не менее 700 мм со стороны прохода людей, а с другой стороны – не менее 250 мм при рамных конструкциях крепи, и 200 мм при сплошных видах крепи. Указанная ширина прохода для людей должна быть выдержана по высоте выработки – не менее 1800 мм от подошвы или тротуара (трапа).

Зазор между встречными электровозами (вагонетками) в двухпутных выработках по наиболее выступающей кромке габарита электровоза (вагонетки) должен быть не менее 200 мм.

Во всех выработках, оборудованных конвейерной доставкой, ширина прохода должна быть с одной стороны от конвейера – не менее 700 мм, а с другой – не менее 400 мм. Расстояние от верхней выступающей части конвейера до верхняка должно быть не менее 500 мм.

В горизонтальных выработках, оборудованных конвейерами и рельсовым транспортом, а также в горизонтальных и наклонных выработках, оборудованных конвейерным и монорельсовым транспортом, зазор между конвейером и крепью должен быть не менее 400 мм, между конвейером и подвижным составом – не менее 400 мм, между подвижным составом и крепью – не менее 700 мм.

При применении самоходного оборудования зазоры между габаритом подвижного состава и крепью выработки со стороны свободного прохода для людей должно быть не менее 1,2 м, а со стороны противоположной свободному проходу – 0,5 м. При устройстве пешеходной дорожки высотой 0,3 м и шириной 0,8 м или при устройстве ниш через 25 м зазор со стороны свободного прохода для людей может быть уменьшен до 1,0 м. Ниши должны устраиваться высотой 1,8 м, шириной 1,2 м, глубиной 0,7 м. Параметры (габаритные размеры) самоходного погрузочно-доставочного оборудования приведены в табл. 1.1.

В наклонных выработках, оборудованных конвейерами и рельсовым транспортом, зазоры между крепью и конвейером, в зависимости от вида крепи, должны быть 700 мм; между конвейером и подвижным составом – 400 мм; и между подвижным составом и крепью – 200-250 мм. Указанные выше боковые зазоры и проходы должны соблюдаться на высоте не менее 1800 мм.

Габаритные размеры подвижного состава

Таблица 1.1

Параметры	Шахтные вагонетки											
	ВГ-0,7	ВГ-1,2	ВГ-1,6	ВГ-2,0	ВГ-2,2	ВГ-2,5	ВГ-3,3	ВГ-4,5А	ВГ-5,6	ВГ-9А	ВГ-10А	УВГ-1,3
Вместимость кузова, $м^3$	0,7	1,2	1,6	2,0	2,2	2,5	3,3	4,5	5,6	9	10	1,3
Основные параметры, мм												
Длина	1250	1850	2700	3070	2950	2760	3450	4100	4200	8000	7300	1500
Ширина	850	1000	850	1250	1200	1240	1240	1350	1350	1350	1800	850
Высота	1220	1300	1200	1200	1300	1300	1300	1550	1550	1550	1600	1300
Колея, мм	600	600,750	600	750,900	600,750	900	900	750,900	900	750,900	750,900	600,750
Аккумуляторные электровозы												
Тип электровоза	4,5АРП-2М	5АРВ-2М	АРИ-7	АРВ-7	АМ8Д	2АМ8Д	АРИ-10	АРИ-14	АРП-28			
Длина по буферам, мм	3300	3480	4200	4200	4550	9470	5500	5865	10870			
Ширина (мм) при размере колеи 600 мм	1000	1000	1050	1050	1045	1045	1060	-	-			
Ширина (мм) при размере колеи 900 мм	1300	1300	1350	1350	1315	1345	-	1350	1350			
Высота, мм	1310	1450	1500	1500	1415	1415	1650	1650	1650			
Исполнение электрооборудования	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ			
Контактные электровозы												
Тип электровоза	3КР-600	4КР-1	К-10	К-14	КТ-14	КТ-28						
Длина по буферам, мм	2900	3120	5200	5440	5440	12300						
Ширина (мм) по выступающим частям при колее: 600 мм	960	1000	1350	1350	1350	1350						
Ширина (мм) по выступающим частям при колее: 750 и 900 мм	-	1300	1650	1650	1650	1650						
Высота, мм	1400	1515	1650	1650	1650	1650						

Продолжение табл.1.1

Шахтные конвейеры с шириной ленты 800 мм												
Тип конвейера	КЛ 150Д; КЛ 150У	1Л80	1ЛТ80	2П80	2ЛБ80	1ПБ80						
Максимальная ширина, мм	1080	1108	1108	1108	1108	1108						
Подземные автосамосвалы												
	MT2010	MT431B	MT436B	MT436LP	MT42	MT5020	MT6020					
Габариты выработки ширина, высота	4,0 x 5,0	5,0 x 4,5	5,0 x 4,5	5,0 x 3,0	5,0 x 4,5	5,0 x 5,0	5,0 x 5,0					
Грузоподъёмность, кг	20000	28000	33000	33000	42000	50000	60000					
Ёмкость кузова, $м^3$	6,7 - 11	11,5 – 17,5	13,5 – 18,5	13,5 – 18,5	17,5 - 21	21 – 28	25 – 33,5					
Рабочая масса, кг	21000	28000	31000	31000	35000	43000	45000					
Ширина по кузову, мм	2400	2800	3050	3355	3050	3200	3440					
Высота по кабине, мм	2530	2650	2700	2300	2700	2830	2830					
Радиус поворота, макс., мм	7250	8540	7540	8540	8890	9320	9330					

Высота выработки складывается из высоты верхнего строения пути, высоты подвески контактного провода и зазора между контактным проводом и крепью. Рельсовый путь состоит из нижнего и верхнего строения. Нижнее строение - подошва выработки. Высота верхнего строения пути складывается из высоты рельсов, толщины шпал и балластного слоя под ними. Тип рельса зависит от сцепного веса электровоза. Во вспомогательных выработках применяют рельсы типов Р18 и Р24, на главных откаточных выработках – Р33 и Р38. Техническая характеристика рудничных рельсов приведена в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Техническая характеристика рудничных рельсов

Тип рельса	Основные размеры рельсов, мм				Теоретическая масса 1 м, кг	Площадь поперечного сечения, $см^2$	Момент инерции, $см^2$
	высота	ширина		толщина шейки			
		подошвы	головки				
Р18	90	80	40	10,0	18,8	23,07	240
Р24	107	92	51	10,5	24,14	32,70	468
Р33	128	110	60	12,0	33,48	42,76	967,98
Р38	135	114	68	13,0	38,40	49,06	1222,54

Шпалы применяют деревянные и железобетонные. Их укладывают на расстоянии 700 мм друг от друга на балласте из гравия или щебня. Толщина балласта составляет 200 мм при рельсах типа Р33 и 190 мм - при Р24; шпалы укладывают в балласт на 2/3 высоты. В выработках с углом наклона более 10^0 шпалы укладываются в поперечные канавки на 2/3 высоты.

На 1 км одноколейного пути требуется около 350-400 $м^3$ балласта.

При ширине колеи 600 мм укладывают шпалы длиной 1200-1300 мм, при ширине колеи 900 мм – длиной 1500-1700 мм. Толщина деревянных шпал составляет 120-140 мм, железобетонных – 130 мм; ширина верхней постели - 100-140 мм, нижней – 190-230 мм.

Высота верхнего строения пути увеличивается от 320 мм при рельсах Р18 до 400 мм при рельсах Р38.

Высота подвески контактного провода должна быть не ниже 2 м от головок рельсов, а при механической доставке людей по выработке или при наличии отдельных выработок, либо отделения для передвижения людей – на высоте не менее 1,8 м. В местах подвески расстояние контактного провода от верхняка крепи должно быть не менее 0,2 м.

Установленные Правилами безопасности зазоры должны выдерживаться в течение всего срока службы выработки. В связи с этим выработки, подверженные влиянию очистных работ и закрепляемые податливыми крепями, должны иметь первоначальные размеры на 10-20 % больше, чем это требуется в соответствии с вышеприведенными условиями.

Размеры поперечного сечения выработки в свету в зависимости от ее формы могут быть определены по формулам, приведенным в табл.1.3.

Таблица 1.3

Формулы к определению поперечного сечения выработки

Форма поперечного сечения выработки	Площадь поперечного сечения в свету	Периметр выработки в свету
Трапециевидная (см. рис.1.1, а)	$[(l_1+l_2)/2]h$	$l_1+l_2+(2h/\cos\alpha)$
Арочная (см. рис.1.1, б)	$[(l_1+l_2)/2]h+1{,}23R^2$	$l_2+2{,}03h+2{,}79R$
Арочная (см. рис.1.1, в)	$B\,(h_1 + 0{,}39B)$	$2h_1 + 2{,}57\,B$
Сводчатая с коробовым сводом (см. рис.1.1, г)	$B\,(h_1 + 0{,}26B)$	$2h_1 + 2{,}33\,B$
Шатровая (см. рис.1.1, е)	$BH_{ст} + 0{,}35\,B^2$	$2H_{ст} + 1{,}45\,B$

Примечание: h - высота от уровня балласта до верхняка (кровли выработки);
l_1, l_2, α, R, h_1, B, $H_{ст}$ (см. рис.1.1).

Полученную площадь поперечного сечения выработки в свету проверяют на скорость движения вентиляционной струи

$$V_{max} = \frac{Q}{S_{св}} \geq V_{min}, \qquad (1.1)$$

где V_{max} – максимально допустимая скорость движения воздушной струи, для откаточных квершлагов и штреков, бремсбергов, уклонов – 8 м/с; 6 м/с – для остальных выработок;

Q – количество воздуха, проходящего по данной выработке, м^3/с;

$S_{св}$ – площадь поперечного сечения выработки в свету, м^2;

V_{min} – минимальная скорость движения воздуха – 0,25 м/с.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

2.1. Общие положения

Цикличная организация горнопроходческих работ предусматривает выполнение рабочих процессов, входящих в проходческий цикл, в определенной технологической последовательности, на установленную величину подвигания забоя и в заданные сроки.

При проведении горных выработок все рабочие процессы делятся на основные и вспомогательные. К основным рабочим процессам относятся те, в результате которых получается готовая выработка.

К вспомогательным относятся процессы, обеспечивающие нормальное выполнение основных процессов.

Характер и число основных процессов зависит от принятого способа проходки, который определяется физико-механическими свойствами пересекаемых пород. При проведении выработки по крепким породам к основным проходческим процессам относят: бурение и взрывание шпуров, погрузку породы, возведение крепи. К вспомогательным относят: транспортирование породы, доставку и разгрузку крепёжных материалов, удлинение труб вентиляции, сжатого воздуха и воды, наращивание кабелей, настилку рельсового пути, переноску маневровых транспортных приспособлений и т.д.

В зависимости от принятой организации работ основные проходческие процессы выполняются последовательно или частично параллельно.

Совокупность основных и вспомогательных процессов, необходимых для подвигания забоя на определённую величину, составляет проходческий цикл.

Время, в течение которого выполняются все необходимые процессы, называется продолжительностью цикла.

Проектирование цикличной организации работ при проходке горных выработок с возведением временной крепи включает три стадии:

1) проектирование цикличной организации работ по выемке породы в забое выработки и возведению временной крепи;

2) проектирование цикличной организации работ по возведению постоянной крепи;

3) увязка между собой организации работ по выемке породы и возведению постоянной крепи, разработка совмещённых суточных и месячных графиков, а также графика проходки выработки на полную ее длину.

Расчёту и составлению графика цикличной организации работ предшествует выбор целесообразного способа проведения выработки и средств механизации, установление сечения выработки, паспорта буровзрывных работ и паспорта крепления.

2.2. Определение объёмов работ

Определяют объём работ на один цикл по каждому рабочему процессу.
Объём уборки породы вычисляется по формуле:

$$V_{уб} = l_{ух} \cdot S_{чр} \cdot k_р, \quad (2.1)$$

где $S_{чр}$ – площадь сечения выработки вчерне;
$k_р$ – коэффициент разрыхления породы.
Объём бурения шпуров вычисляется по формуле:

$$V_{бур} = n \cdot l_ш, \quad (2.2)$$

где n – количество шпуров;
$l_ш$ – длина шпуров.
Объём крепления определяется по формуле:
– для набрызгбетонной крепи:

$$V_{н/б} = (P - B) \cdot l_{ух}, \quad (2.3)$$

где P – периметр выработки;
B – ширина выработки;
– для анкерной крепи:

$$V_{анк} = n_р \cdot (l_{ух} / l_ш), \quad (2.4)$$

где $n_р$ – количество рядов анкеров, принимается по построению с учётом шага;
– для монолитной бетонной крепи:

$$V_{бет} = (P - B) \cdot l_{ух} \cdot t, \quad (2.5)$$

где t – толщина монолитной бетонной крепи.
– для металлической рамной крепи:

$$V_{рам} = l_{ух} / l_ш, \quad (2.6)$$

Соотношение $l_{ух} / l_ш$ округляется в большую сторону.

2.3. Проектирование цикличной организации работ

Расчёт организации проходческого цикла ведется следующим образом. Исходя из скорости проходки, определяют максимально допустимую продолжительность цикла:

$$T_ц = t_c \cdot a \cdot n_c \cdot l_{ух} / V_{мес}, \quad (2.7)$$

где $T_ц$ – максимально допустимая продолжительность цикла;

t_c – продолжительность рабочей смены;

a – количество рабочих дней в данном месяце;

n_c – число рабочих смен в сутки;

$l_{ух}$ – подвигание забоя на один цикл, м. Принимается равным глубине шпуров с учётом К.И.Ш. (f = 2÷6 К.И.Ш. = 0,85; f = 6÷12 К.И.Ш. = 0,9; f =12÷20 К.И.Ш. = 0,9);

$V_{мес}$ – заданная месячная скорость проходки, м (не менее нормативной – СНиП 3.02.03-84, табл. 2.1).

Таблица 2.1

Технические скорости проходки горных выработок (СНиП 3.02.03.84)

Вид горных выработок и работ	Скорость выполнения работ, м/мес
Стволы: наклонные	50
Околоствольные дворы и камеры (на один забой) и сопряжения выработок (на одно сопряжение) *	400*
Квершлаги и штреки полевые	70
Штреки по полезному ископаемому и с подрывкой породы	110
Наклонные выработки, проводимые снизу вверх по полезному ископаемому с подрывкой породы	95
То же полевые	70
Наклонные выработки, проводимые сверху вниз по полезному ископаемому с подрывкой породы	80
То же полевые	60
Капитальные рудоспуски и восстающие	45
* - $м^3$ / мес	

Примечания: 1. При проведении горизонтальных и наклонных горных выработок проходческими комбайнами нормативную скорость следует увеличивать на 50%, а в случае проходки выработок буровзрывным способом без возведения крепи - на 30%.

2. В зависимости от горно-геологических условий, места и назначения, форм и размеров выработок, типа крепи допускается уменьшение нормативной скорости:

- при проведении участков выработок, где прогнозируется суфлярное выделение метана (водорода), горные удары, выбросы породы, угля и газа, прорывы воды и плывунов - на 30%;
- при проведении выработок с обратным сводом, а также выработок с действующего горизонта - на 20%;
- при сильном капеже непрерывными струями в горизонтальных и наклонных выработках - на 15%;
- при возведении монолитной бетонной и железобетонной крепи в горизонтальных и наклонных выработках - на 10%.

3. В условиях, когда может быть принято несколько понижающих коэффициентов, принимается только один из них, наиболее соответствующий конкретным условиям.

Определив максимально допустимую продолжительность цикла, необходимо принять длительность цикла в проектируемом графике, равную или меньшую максимально допустимой и кратную продолжительности одной или нескольких смен.

По выбранной продолжительности цикла t_1 определяют количество циклов в сутки n_c.

По каждому рабочему процессу (бурение шпуров, уборка породы, возведение постоянной крепи), входящему в цикл, определяют трудоёмкость путем умножения объёма работ на принятую норму времени:

$$q = V \cdot H_{вр}, \tag{2.8}$$

где $H_{вр}$ – норма времени на каждый рабочий процесс, принимается по действующему сборнику Единых норм и расценок (Приложение 1).

V – объём работ по каждому рабочему процессу.

Определяют суммарную трудоёмкость на один цикл, равную сумме трудоёмкостей по отдельным рабочим процессам:

$$\sum_{i=1}^{n} q_i = q_1 + q_2 + ... + q_n . \tag{2.9}$$

Исходя из суммарной трудоёмкости на один цикл и продолжительности цикла (в сменах), определяют число рабочих в смену делением суммарной трудоёмкости на продолжительность цикла в сменах (делают округление в меньшую сторону) по формуле:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i}{t_1}, \tag{2.11}$$

где n – число рабочих в смену;

$\sum_{i=1}^{n} q_i$ – суммарная трудоёмкость на один цикл, чел. см.;

t_1 – продолжительность цикла, смен.

Определяют процент выполнения нормы выработки или нормы времени делением суммарной трудоёмкости на принятое количество рабочих на один цикл:

$$K = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} q_i}{n_1} \right) \cdot 100\%, \tag{2.12}$$

где К – процент выполнения нормы ($100 < K < 125\%$).

Если К<100%, необходимо несколько увеличить принятую ранее глубину шпуров, тогда увеличится и объём бурения и объёмы уборки породы и крепления, а значит, и суммарная трудоёмкость $\sum_{i=1}^{n} q_i$.

Принятое число рабочих на цикл:

$$n_1 = n \cdot t_1 \qquad (2.13)$$

Определяют продолжительность выполнения отдельных рабочих процессов по формуле:

$$t = (q \cdot t_c) / (n_2 \cdot K_1), \qquad (2.14)$$

где t – продолжительность выполнения данного рабочего процесса, ч.;

q – трудоёмкость данного рабочего процесса, чел. см.;

t_c – продолжительность смены, ч.;

n_2 – количество рабочих, занятых выполнением данного рабочего процесса. При последовательном выполнении рабочих процессов $n_2 = n$;

K_1 – коэффициент выполнения нормы, $K_1 = 0{,}01К$.

Таким способом определяют продолжительность отдельных рабочих процессов в том случае, когда они выполняются последовательно.

При параллельном выполнении рабочих процессов расчёт ведут следующим образом. Определяют время выполнения каждого рабочего процесса, причем возможны два случая: а) когда время одного и другого параллельно выполняемых процессов полностью совпадает; б) когда время выполнения отдельных процессов различно. В последнем случае рабочий или группа рабочих, закончив выполнение одного процесса, приступают к выполнению другого, который еще не начинался в данном цикле, или присоединяются к рабочим, продолжающим выполнять процесс, параллельный с законченным.

Для определения продолжительности параллельно выполняемого процесса расчёт ведут следующим образом.

Выражают трудоёмкость процесса q_1, имеющего большую продолжительность в человеко-часах. Если продолжительность другого параллельно выполняемого процесса обозначить t_2, количество рабочих, занятых выполнением данного процесса – n_3 и количество рабочих, выполняющих более продолжительный процесс – n_4, то за время, затраченное на выполнение рабочего процесса, имеющего продолжительность t_2 ч., количество рабочих n_4 выполнят работу по параллельному процессу по трудоёмкости равную:

$$q_2 = t_2 \cdot n_4 \cdot K_1 , \qquad (2.15)$$

где K_1 – коэффициент выполнения нормы.

Следовательно, после того, как n_3 рабочих заканчивают процесс, имеющий меньшую продолжительность t_2 и присоединяются к n_4 рабочим, выполняющим более продолжительный процесс, им еще предстоит выполнить работу по более продолжительному процессу, по трудоёмкости равную q_3 чел.- час.

$$q_3 = q_1 - q_2. \quad (2.16)$$

Эту работу все рабочие, т.е. $(n_3 + n_4)$, выполнят за время

$$t_3 = q_3 / ((n_3 + n_4) \cdot K_1) . \quad (2.17)$$

Определяют фактическую продолжительность цикла

$$T'_1 = t_1 + t_2 + ... + t_n, \quad (2.18)$$

где t_1, t_2, t_n – продолжительность выполнения отдельных рабочих процессов.

Определяют время вспомогательных процессов (заряжание, проветривание):

$$T_в = t_3 + t_п, \quad (2.19)$$

где t_3 – время заряжания шпуров;

$t_п$ – время проветривания забоя выработки (не более 30 мин)

Время на заряжание может быть определено по формуле:

$$t_3 = (N \cdot t_ш) / n_{зр}, \quad (2.20)$$

где N – количество шпуров в забое, шт;

$t_ш$ – время на заряжание одного шпура, ч. (обычно принимается от 2,5 до 5 мин.);

$n_{зр}$ – число рабочих, занятых на заряжании шпуров.

Так как время вспомогательных процессов учтено в нормах выработки или времени, удельный вес основных рабочих процессов определяют по формуле:

$$K_2 = [(T'_1 - T_в) / T'_1] \cdot 100\%, \quad (2.21)$$

где K_2 – удельный вес основных рабочих процессов, %;

$T_в$ – продолжительность вспомогательных процессов, ч.;

T'_1 – фактическая продолжительность цикла, ч.

Определяют чистое время выполнения отдельных рабочих процессов из выражения:

$$t' = (t \cdot K_2) / 100. \quad (2.22)$$

Проверяют продолжительность цикла:

$$T''_1 = t_1 + t_2 + ... + t_n + t_3. \quad (2.23)$$

$$T''_1 = T'_1. \quad (2.24)$$

По полученным данным строят график цикличной организации работ.

В процессе проектирования цикличной организации работ достигнутая месячная скорость строительства горной выработки может превысить нормативную.

Приложение 1 Нормы времени основных технологических процессов

Нормы времени на бурение шпуров

Тип установки	Диаметр патронов ВВ, мм	Категория пород					
		внекатегорная	I	II	III	IV	V
Механизированное бурение (на 10 м шпура)							
БУ-1	32–36	2,3	1,9	1,6	1,3	1,1	0,88
СБУ-2 БУР-2	32–36	2,1	1,7	1,4	1,1	1	0,78
КБМ-3	32–36	-	-	1,2	1	0,88	0,69
БУЭ-1	32–36	1,2	1	0,83	0,67	0,55	0,5
Ручное бурение (на 1 м шпура)							
ПР-54В	45	-	0,29	0,2	0,16	0,14	-
ПП36В	32–36	-	0,42	0,28	0,23	0,2	0,17
	45	-	0,58	0,4	0,29	0,25	0,23
ПП63В	32–36	0,73	0,45	0,3	0,25	0,22	0,18
	45	0,98	0,63	0,43	0,31	0,26	0,24

Нормы времени и расценки на уборку 1 м^3 породы

Тип машины	Категория пород		
	внекатегорная и I	II-III	IV-VI
1 ППН-5	0,72	0,66	0,59
2 ПНБ-2	0,48	0,43	0,39
1 ПНБ-2	0,51	0,47	0,42
ПНБ-3К	0,29	0,26	0,24
При конвейерной погрузке			
2ПНБ-2	0,32	0,27	0,23
1ПНБ-2	0,36	0,31	0,25

Возведение набрызгбетонной крепи

Наименование работ	Толщина слоя, мм	Поверхности горной выработки	
		Стена	Кровля
Торкретирование поверхностей горных выработок цемент-пушкой типа Ц-630А	20	0,076	0,09
	25	0,09	0,12
	30	0,12	0,14

Возведение анкерной крепи

Крепь	Способ бурения шпуров	Установка штанги				
		В кровлю			В почву	
		Категория пород			Категория пород	
		II	III	IV	III	IV
Стальная штанговая	Перфораторами ПР-30Л, ПР-30К	-	0,59	0,5	0,2	0,18
	Телескопными перфораторами	0,66	0,49	0,38	-	-
Железобетонная штанговая	То же	0,82	0,63	0,48	-	-

Возведение монолитной бетонной крепи

Наименование работ	Толщина крепи, мм					
	До 200		200–300		Свыше 300	
	без подмостей	с подмостей	без подмостей	с подмостей	без подмостей	с подмостей
Ручная укладка бетонной смеси за опалубку						
Укладка бетонной смеси: –в стены	2,6	2,9	2,3	2,4	2	2,1
–в своды	-	4,9	-	3,8	-	-
Механизированная укладка (в стены)						
Укладка бетонной смеси за опалубку	1,6		1,4		1,2	

Возведение рамной крепи

Сечение выработок в проходке, $м^2$	Деревянные затяжки			Железобетонные затяжки		
	Категория пород					
	внекатегорная, I и II	III-IV	V-VII (кроме плывуна)	внекатегорная, I и II	III-IV	V-VII (кроме плывуна)
до 6,5	2,4	2	1,7	2,6	2,3	1,9
6,51-8	2,7	2,4	1,9	3,1	2,6	2,2
8,01-10	3,1	2,7	2,2	3,6	3,1	2,5
10,01-12	3,7	3,3	2,8	4,2	3,6	3,1
12,01-14	4,7	4	3,6	5,2	4,4	3,9
14,01-16	6,7	5,1	4,3	6,4	5,8	4,6
Св. 16	8,9	6,7	5,6	10	7,6	6,7

№ варианта	Наименование пород	Коэфф. крепости пород, мощность пласта, м	Категория удароопасности	Кол-во воздуха, $м^3/с$	Оборудование, размер колеи	Кол-во шпуров за цикл, длина шпура	Крепь	
							Вид	Параметры
1	Граниты	14-16	+	75	2 пути ВГ-1,6, 600	65 3,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=3 м; Шаг 0,7 м Т=6 см
2	Лиственити	12-14	+	40	1 путь ВГ-2,5, 900	53 2,5	Анкерная Набрызгбетонная	L=2,8 м; Шаг 0,5 м Т=5 см
3	Известняки	2-5	-	35	1 путь ВГ-10А, 750	30 2,0	Бетонная	Т=250 мм
4	Аргиллиты	4-6	-	40	2 пути УВГ-1,3, 600	32 2,5	Рамная	СВП 33 Шаг 1 м
5	Суглинки	1-3	-	50	1 путь ВГ-5,6, 900	25 2,0	Бетонная	Т=400 мм
6	Скарны	12-14	+	40	1 путь ВГ-9А, 750	71 3,5	Анкерная Набрызгбетонная	L=3,2 м; Шаг 0,7 м Т=7 см
7	Лиственити	14-16	+	50	1 путь ВГ-2,5, 900	70 4,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=3 м; Шаг 0,6 м Т=6 см
8	Известняки	4-6	-	45	2 пути ВГ-4,5А, 750	26 3,0	Рамная	СВП 27 Шаг 0,8 м
9	Граниты	12-14	+	35	2 пути ВГ-3,3, 900	62 3,5	Анкерная Набрызгбетонная	L=2,8 м; Шаг 0,7 м Т=5 см
10	Доломиты	5-7	-	20	1 путь ВГ-5,6, 900	40 3,0	Бетонная	Т=300 мм
11	Порфириты	7-9	+	50	2 пути ВГ-4,5А, 900	45 3,5	Бетонная	Т=250 мм
12	Песчаники	6-8	-	40	2 пути ВГ-2,5, 750	47	Рамная	СВП 22

						2,5		Шаг 1,2 м
13	Известняки	4-6	+	20	1 путь ВГ-0,7, 600	30 2,0	Бетонная	Т=350 мм
14	Лиственити	12-14	-	20	1 путь ВГ-1,2, 750	64 3,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=3,2 м; Шаг 0,7 м Т=5 см
15	Известняки	4-6	-	25	1 путь ВГ-1,2, 600	29 2,5	Бетонная	Т=400 мм
16	Диабазы	17-18	+	30	1 путь ВГ-2,0, 900	75 4,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=2,5 м; Шаг 0,8 м Т=7 см
17	Граниты	14-16	+	40	2 пути ВГ-1,2, 750	69 3,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=3 м; Шаг 0,5 м Т=6 см
18	Аргиллиты	4-6	+	50	2 пути ВГ-2,5, 900	34 2,0	Рамная	СВП 27 Шаг 1 м
19	Известняки	2-5	-	45	2 пути ВГ-4,5А, 750	30 2,5	Бетонная	Т=400 мм
20	Суглинки	1-3	+	30	1 путь ВГ-2,0, 900	22 2,5	Бетонная	Т=450 мм
21	Скарны	12-14	-	35	1 путь ВГ-2,2, 600	45 4,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=3 м; Шаг 0,7 м Т=5 см
22	Лиственити	14-16	+	20	1 путь ВГ-0,7, 600	55 3,5	Анкерная Набрызгбетонная	L=2,8 м; Шаг 0,6 м Т=6 см
23	Граниты	12-14	-	45	2 пути ВГ-9А, 750	63 3,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=3,2 м; Шаг 0,5 м Т=7 см
24	Песчаники	6-8	+	60	2 пути ВГ-10А, 900	36 2,5	Рамная	СВП 33 Шаг 0,7 м
25	Порфириты	7-9	-	30	1 путь ВГ-3,3, 900	42 2,0	Рамная	СВП 22 Шаг 1 м
26	Доломиты	5-7	+	60	2 пути ВГ-2,2, 750	32 3,0	Бетонная	Т=250 мм

27	Известняки	4-6	+	50	2 путь УВГ-1,3, 750	27 2,5	Бетонная	Т=300 мм
28	Диабазы	17-18	+	25	1 путь ВГ-1,2, 600	79 4,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=3,2 м; Шаг 0,5 м Т=6 см
29	Известняки	4-6	-	40	2 пути ВГ-1,6, 600	23 2,0	Бетонная	Т=250 мм
30	Граниты	14-16	-	45	1 путь ВГ-5,6, 900	64 3,5	Анкерная Набрызгбетонная	L=3 м; Шаг 0,7 м Т=7 см
31	Лиственити	12-14	+	35	2 пути ВГ-1,6, 600	55 3,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=2,8 м; Шаг 0,6 м Т=6 см
32	Скарны	12-14	+	50	2 пути ВГ-2,5, 900	53 4,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=2,6 м; Шаг 0,5 м Т=5 см
33	Суглинки	1-3	-	25	1 путь ВГ-2,0, 750	20 2,5	Бетонная	Т=450 мм
34	Аргиллиты	4-6	+	50	2 пути ВГ-10А, 900	27 2,0	Бетонная	Т=300 мм
35	Известняки	2-5	-	60	2 пути ВГ-9А, 750	25 2,0	Бетонная	Т=350 мм
36	Лиственити	12-14	+	35	1 путь ВГ-2,2, 600	60 3,5	Рамная	СВП 27 Шаг 0,8 м
37	Граниты	12-14	+	60	2 пути ВГ-3,3, 900	70 3,0	Анкерная Набрызгбетонная	L=3 м; Шаг 0,6 м Т=5 см
38	Доломиты	5-7	+	70	2 пути ВГ-4,5А, 900	32 2,5	Бетонная	Т=250 мм
39	Порфириты	7-9	-	50	2 пути ВГ-2,2, 600	48 3,0	Рамная	СВП 33 Шаг 1,3 м
40	Известняки	4-6	-	25	1 путь ВГ-0,7, 600	25 2,5	Бетонная	Т=300 мм

Примечания: L – длина анкера; Т – толщина набрызгбетонной или бетонной крепи

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Шахтное и подземное строительство: Учебник для ВУЗов – Ш11 2-е изд., перераб. и доп.: в 2 т. / Б. А. Картозия, Б. И. Федунец, М. Н. Шуплик и др. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. – Т.I. – 607 с.
3. Б.Д. Половов «Основы горного дела» часть 2: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 212 с.
4. ЕНиР №36 «Горнопроходческие работы»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
«ГОРНОЕ ДЕЛО»**

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Канков Е.В., к.т.н., доцент

Екатеринбург

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.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

С. Г. Комлев, Т. Ю. Овчинникова, К. А. Водовозов

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Методические указания
по выполнению контрольных работ
и варианты заданий
по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело
всех форм обучения

Екатеринбург

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

С. Г. Комлев, Т. Ю. Овчинникова,
К. А. Водовозов

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Методические указания
по выполнению контрольных работ
и варианты заданий
по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело
всех форм обучения

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ 6
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ 7
1.1. Расчёт технологических показателей обогащения 7
1.2. Построение гранулометрической характеристики 10
1.3. Расчёт эффективности грохочения 15
1.4. Расчёт схем обогащения 17
2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ 19
2.1. Контрольная работа № 1 19
2.2. Контрольная работа № 2 21
2.3. Контрольная работа № 3 23
3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ 27
3.1. Контрольная работа № 1 27
3.2. Контрольная работа № 2 31
3.3. Контрольная работа № 3 33
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 38

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ

В курсе «Обогащение полезных ископаемых» студент самостоятельно выполняет три контрольные работы из разделов «Расчёт технологических показателей обогащения» (контрольная работа № 1), «Построение гранулометрических характеристик» и «Расчёт эффективности грохочения» (контрольная работа № 2) и «Расчёт схем обогащения» (контрольная работа № 3). Номера задач для каждого студента задаются номером варианта задания. Номер варианта назначает преподаватель.

Контрольные работы оформляются в виде единой сброшюрованной пояснительной записки.

К пояснительной записке, выполненной на листах формата А4, предъявляются следующие требования: наличие титульного листа, содержания, нумерации страниц, таблиц, рисунков, подрисуночных подписей, обозначения и расшифровки кривых на графиках, обозначения осей на графиках, размерностей по осям графиков, в таблицах и численных результатах, получаемых в ходе расчётов по формулам, списка использованных источников.

При построении графиков студент самостоятельно выбирает оптимальные масштабы по осям, вводя, при необходимости, логарифмические масштабы.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ

1.1. Расчёт технологических показателей обогащения

Определения основных технологических показателей обогащения даны на примере операции разделения с двумя получаемыми продуктами (рис. 1).

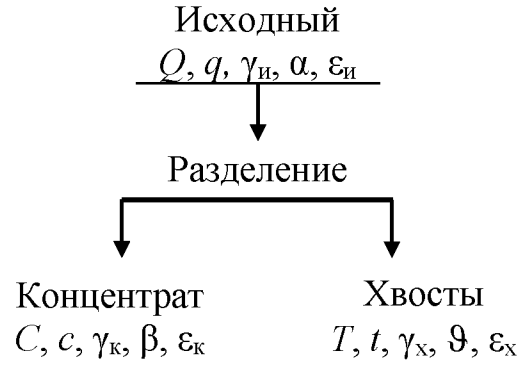


Рис. 1. К определению основных технологических показателей разделения

На рис. 1 введены следующие обозначения: Q, C, T – массы соответствующих продуктов; q, c, t – массы ценного компонента в соответствующих продуктах; $\gamma_и$, $\gamma_к$, $\gamma_х$ – выходы соответствующих продуктов; α, β, ϑ – массовые доли ценного компонента в соответствующих продуктах; $\varepsilon_и$, $\varepsilon_к$, $\varepsilon_х$ – извлечение ценного компонента в соответствующие продукты.

В обогащении полезных ископаемых количество продукта может иметь размерность как массы (т, реже кг), так и производительности (т/ч, т/сут, т/год).

В табл. 1 представлены общепринятые обозначения и размерности технологических показателей обогащения.

При разделении материала принято считать концентратами продукты с большей массовой долей ценного компонента, а хвостами – с меньшей. В том случае если оценка показателей обогащения ведётся по массовой доле вредной примеси, то концентратами считают продукты, с меньшим содержанием вредных примесей, а хвостами – с большей. Примером может служить обогащение углей, где малое содержание вредной примеси – золы (зольность) меньше для концентратов и больше для хвостов.

Таблица 1

Общепринятые обозначения и размерности технологических показателей обогащения

Показатель	Размерность	Продукт				
		исходный	концентрат	хвосты	подрешётный	надрешётный
Масса продукта	т, кг (т/ч; т/сут; т/год)	Q	C	T	C	T
компонента в продукте		q	c	t	–	–
класса -d		q	–	–	c	t
Выход	%	$\gamma_{и}$	$\gamma_{к}$	$\gamma_{х}$	$\gamma_{п}$	$\gamma_{н}$
Массовая доля компонента в продукте	% (г/т)	α	β	ϑ	–	–
золы в продукте (зольность)	%	$A_{и}$	$A_{к}$	$A_{х}$	–	–
класса -d		α^{-d}	–	–	β^{-d}	ϑ^{-d}
класса +d		α^{+d}	–	–	β^{+d}	ϑ^{+d}
Извлечение	%	$\varepsilon_{и}$	$\varepsilon_{к}$	$\varepsilon_{х}$	–	–

Выход продукта – это отношение массы продукта разделения к массе исходного продукта:

$$\gamma_{к} = \frac{C}{Q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \gamma_{к} = \frac{C}{Q} \cdot 100, \%. \qquad (1)$$

$$\gamma_{х} = \frac{T}{Q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \gamma_{х} = \frac{T}{Q} \cdot 100, \%. \qquad (2)$$

Массовая доля компонента в продукте – это отношение массы компонента в каком-либо продукте к массе всего этого продукта:

для исходного $$\alpha = \frac{q}{Q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{q}{Q} \cdot 100, \%; \qquad (3)$$

для концентрата $$\beta = \frac{c}{C}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \beta = \frac{c}{C} \cdot 100, \%; \qquad (4)$$

для хвостов $$\vartheta = \frac{t}{T}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \vartheta = \frac{t}{T} \cdot 100, \%. \qquad (5)$$

Извлечение компонента в продукт – это отношение массы компонента в продукте к массе этого компонента в исходном продукте:

$$\varepsilon_к = \frac{c}{q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \varepsilon_к = \frac{c}{q} \cdot 100, \%. \tag{6}$$

$$\varepsilon_х = \frac{t}{q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \varepsilon_х = \frac{t}{q} \cdot 100, \%. \tag{7}$$

Иногда используют термин ***потери*** для обозначения извлечения ценного компонента в не одноимённый продукт, например, *потери* ценного компонента *с хвостами*, что *равнозначно* понятию *извлечение* ценного компонента *в хвосты*.

Уравнения баланса, вытекают из закона сохранения массы:

$$C + T = Q; \tag{8}$$

$$c + t = q; \tag{9}$$

$$\gamma_к + \gamma_х = \gamma_и; \tag{10}$$

$$\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta = \gamma_и \cdot \alpha; \tag{11}$$

$$\varepsilon_к + \varepsilon_х = \varepsilon_и. \tag{12}$$

Сумма масс, выходов и извлечений продуктов разделения ***всегда*** равна массе, выходу или извлечению исходного продукта соответственно и определяется простым сложением (8)-(10), (12).

Массовые доли ***складывать нельзя***, так как они рассчитаны от ***разных*** масс продуктов. При простом сложении не будет учтена ***доля участия*** (удельный вес) каждого из продуктов в общей сумме, поэтому при составлении уравнения баланса по массовым долям необходимо использовать ***средневзвешенное значение***. В качестве удельного веса может выступать выход или масса продукта, как показано в уравнении (11).

При расчёте одной операции разделения или схемы в целом, как правило, принимают: $\gamma_и = 100$ %; $\varepsilon_и = 100$ %. Тогда уравнения (10)-(12) приобретают вид:

$$\gamma_к + \gamma_х = 100; \tag{13}$$

$$\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta = 100 \cdot \alpha; \tag{14}$$

$$\varepsilon_к + \varepsilon_х = 100. \tag{15}$$

Решая систему уравнений, состоящую из формул (13)-(15), можно вывести формулы для расчёта выходов продуктов разделения и из-

влечения в них (продукты) компонента:

$$\gamma_к = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot 100, \% \quad (16)$$

$$\gamma_х = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \vartheta} \cdot 100\ \%. \quad (17)$$

$$\varepsilon_к = \frac{\gamma_к \cdot \beta}{\alpha}, \%. \quad (18)$$

$$\varepsilon_х = \frac{\gamma_х \cdot \vartheta}{\alpha}, \%. \quad (19)$$

Примеры расчёта технологических показателей обогащения представлены в п. 2.1.

1.2. Построение гранулометрической характеристики

Гранулометрический состав продуктов обогащения характеризуется распределением частиц по классам крупности. Основным методом определения гранулометрического состава продуктов является ситовый анализ, состоящий в рассеве продукта на наборе сит с квадратными отверстиями и последующем определении ***частных выходов*** классов крупности.

Частный выход каждого класса крупности определяется по формуле:

$$\gamma_i = \frac{M_i}{M_{исх}} \cdot 100, \%, \quad (20)$$

где γ_i – выход i-го класса крупности; M_i – масса i-го класса крупности; $M_{исх}$ – масса исходного продукта, подвергнутого рассеву.

Помимо этого определяют ***суммарный выход*** классов крупности ***«по плюсу»*** и ***«по минусу»***.

Суммарная характеристика «по плюсу» показывает, какое количество материала осталось бы на сите с размером отверстия, равным d мм, если бы это сито в наборе сит для ситового анализа было верхним.

Суммарная характеристика «по минусу» показывает, какое количество материала прошло бы сквозь сито с размером отверстия, равным d мм, если бы это сито в наборе было нижним.

Суммарный выход классов крупности «по плюсу» рассчитывается последовательным суммированием значений частных выходов каждого класса крупности сверху вниз, а «по минусу» – снизу вверх.

Пример оформления результатов ситового анализа приведён в табл. 2.

Таблица 2

Результаты ситового анализа

Класс крупности, мм		Выход, %		
		частный	суммарный	
			«по плюсу»	«по минусу»
-200+100		12,8	12,8	100,0
-100+50		22,5	35,3	87,2
-50+25		21,5	56,8	64,7
-25+13		16,9	73,7	43,2
-13+6		13,3	87,0	26,3
-6+3		6,4	93,4	13,0
-3+0		6,6	100,0	6,6
Итого:		**100,0**	–	–
Абсцисса для кривой «по минусу»	**Абсцисса для кривой «по плюсу»**		**Ордината для кривой «по плюсу»**	**Ордината для кривой «по минусу»**

На рис. 2 приведен пример построения суммарных характеристик крупности для рассмотренного примера. Кривые являются зеркальным отображением друг друга. По любой из них можно определить выход любого класса крупности.

При построении кривых суммарного выхода каждый класс крупности представляется в виде точки координатами (d; γ), где d – граничное значение каждого класса крупности, а γ – суммарный выход этого класса крупности («по плюсу» или «минусу»).

Для кривой суммарного выхода «по плюсу» d – это ***нижняя*** граница класса крупности, то есть значение крупности со знаком «плюс», а для кривой суммарного выхода «по минусу» – ***верхняя*** граница класса крупности, то есть значение крупности со знаком «минус». Для приведённого примера класс крупности -100+50 мм при построении кривой суммарного выхода «по плюсу» будет иметь координаты (50; 35,3), а при построении кривой суммарного выхода «по минусу» – (100; 87,2).

Полученные точки соединяют плавной кривой. Обе кривые суммарного выхода монотонны. Каждая из них пересекает и ось абс-

цисс, и ось ординат.

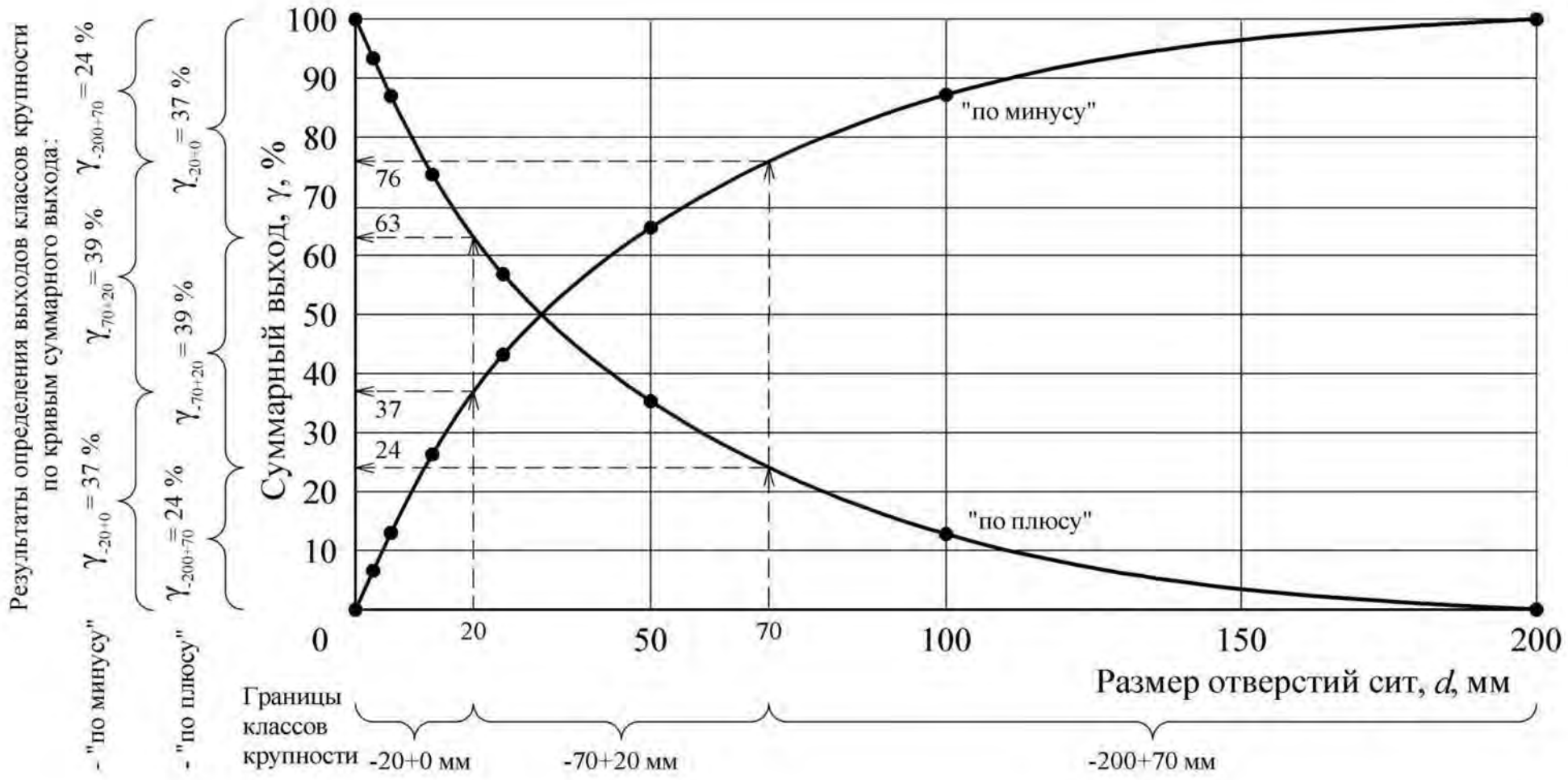


Рис. 2. Гранулометрическая характеристика продукта

Точки пересечения с осью абсцисс: (D_{max}; 0) для кривой суммарного выхода «по плюсу» и (D_{max}; 100) для кривой суммарного выхода «по минусу». D_{max} – это максимальная крупность продукта, мм. Для представленного примера D_{max}=200 мм.

Точки пересечения с осью ординат: (0; 100) для кривой суммарного выхода «по плюсу» и (0; 0) для кривой суммарного выхода «по минусу».

По виду кривой суммарного выхода можно сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности. Если кривая суммарного выхода «по плюсу» имеет выпуклую форму, то в продукте преобладают крупные классы, если вогнутую – то мелкие (для кривой суммарного выхода «по минусу» – наоборот). Если кривые суммарного выхода имеют форму близкую к прямой, то это свидетельствует о равномерном распределении частиц по классам крупности.

Определение выхода заданного класса крупности осуществляется в следующей последовательности:

1. Отложить на оси абсцисс границы заданного класса крупности.
2. Из полученных точек восстановить перпендикуляры до пересечения с кривой суммарного выхода.
3. Из полученных точек пересечения с кривой суммарного выхода провести перпендикуляры к оси ординат. Высота полученного отрезка находится вычитанием из б*о*льшего значения выхода меньшего и соответствует выходу заданного класса крупности.

Обычно границы класса крупности задаются двумя значениями, например, -6+3 мм. Если требуется определить выход класса крупности -6 мм, то второй границей является значение 0 мм (класс крупности -6+0 мм). Если требуется определить выход класса крупности +6 мм, то второй границей является значение максимальной крупности продукта (класс крупности -D_{max}+6 мм).

Также следует помнить, что сумма выходов классов $-d$ мм и $+d$ мм для одного и того же продукта равна 100 %.

При работе с гранулометрическими характеристиками (и только в этом случае) термины ***«выход класса»*** и ***«массовая доля класса крупности»*** равнозначны.

Пример

По гранулометрической характеристике (рис. 2) определить выходы классов крупности -20 мм, -70+20 мм, +70 мм.

Решение

Определим выходы заданных классов крупности по кривой суммарного выхода «по плюсу».

Класс -20 мм. Помня, что запись -20 мм означает -20+0 мм, определим значения выходов в точках 0 и 20 мм, они составят 100 и 63 % соответственно, следовательно, выход класса -20+0 мм составит:

$$\gamma_{-20+0} = 100 - 63 = 37\ \%.$$

Класс -70+20 мм. Значения выходов в точках 20 и 70 мм составляют 63 и 24 % соответственно, следовательно, выход класса -70+20 мм составит:

$$\gamma_{-70+20} = 63 - 24 = 39\ \%.$$

Класс +70 мм. Максимальная крупность продукта составляет 200 мм, следовательно, необходимо определить выход класса -200+70 мм. Значения выходов в точках 70 и 200 мм составляют 24 и 0 %, соответственно, следовательно, выход класса -200+70 мм составит:

$$\gamma_{-200+70} = 24 - 0 = 24\ \%.$$

Определение выходов заданных классов крупности по кривой суммарного выхода «по минусу» осуществляется аналогично. Значения выходов в точках 0, 20, 70 и 200 мм составляют 0, 37, 76 и 100 % соответственно. Тогда выходы классов крупности, %:

$$\gamma_{-20+0} = 37 - 0 = 37;$$
$$\gamma_{-70+20} = 76 - 37 = 39;$$
$$\gamma_{-200+70} = 100 - 76 = 24.$$

В практике обогащения при определении выхода класса крупности пользуются ***только одной*** из кривых суммарного выхода.

В контрольной работе № 2 требуется построить одну их кривых суммарного выхода и по ней определить выход заданного класса крупности. Пример выполнения приведён в п. 2.2.

1.3. Расчёт эффективности грохочения

Процесс грохочения характеризуется ***эффективностью грохочения*** (***к.п.д.*** грохота).

Эффективность грохочения (E) – это отношение массы подрешётного продукта (C) к массе продукта той же крупности в исходном материале (q), определяется по формуле:

$$E = \frac{C}{q} \cdot 100, \%. \qquad (21)$$

При расчёте показателей операции грохочения применимы все полученные ранее соотношения между технологическими показателями и уравнения баланса.

Условно концентратом считается подрешётный продукт, а надрешётный – хвостами. При этом массовая доля класса крупности менее размера отверстия сита в подрешётном продукте (β^{-d}) составляет 100 %, так как частицы крупнее размера отверстия сита в подрешётный продукт попасть не могут.

С помощью простых преобразований можно получить формулы для расчёта эффективности грохочения, %:

$$E = \frac{C}{Q \cdot \alpha^{-d}} \cdot 10^4; \qquad (22)$$

$$E = \frac{\gamma_{\text{п}}}{\alpha^{-d}} \cdot 100; \qquad (23)$$

$$E = \frac{\alpha^{-d} - \vartheta^{-d}}{\alpha^{-d}(100 - \vartheta^{-d})} \cdot 10^4. \qquad (24)$$

Для определения эффективности грохочения, как правило, необходимо знать массовую долю расчётного класса в исходной руде (α^{-d}).

Если эта величина не задана, то её можно определить по гранулометрической характеристике исходного продукта (п. 1.2).

Если гранулометрическая характеристика исходного продукта отсутствует, то её можно провести по прямой линии (рис. 3).

Так как гранулометрическая характеристика является прямой линией, то её можно описать уравнением вида $\alpha^{-d}=\gamma_{-d+0}=kd$.

Для случая, представленного на рис. 3, уравнение может быть записано как:

$$\alpha^{-d} = \frac{100}{D_{\max}} \cdot d, \%. \qquad (25)$$

Использование данной формулы позволяет определить массовую долю расчётного класса в руде без построения гранулометрической характеристики.

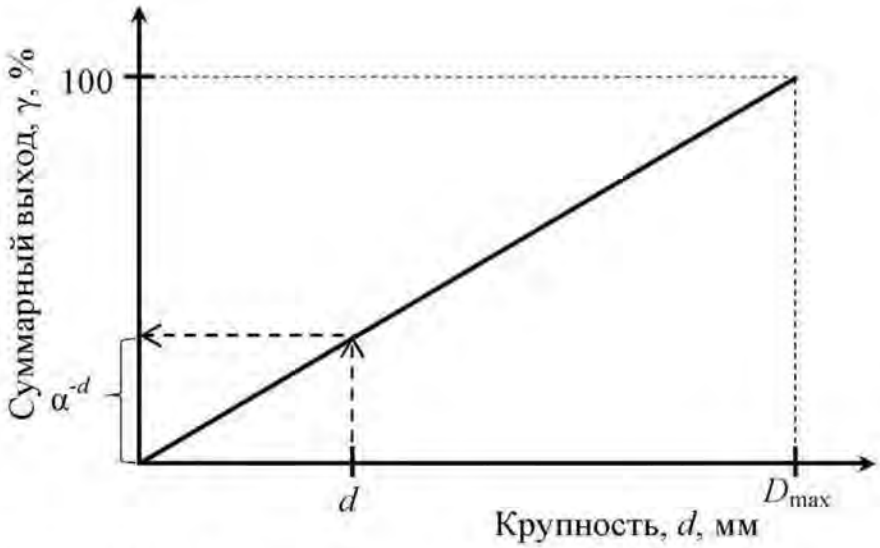


Рис. 3. К определению массовой доли нижнего класса в исходном материале:
***d* – размер отверстия сита; D_{max} – максимальная крупность исходного материала**

В табл. 1 приведены общепринятые обозначения для продуктов операции грохочения.

Примеры расчёта эффективности грохочения приведены в п. 2.2.

1.4. Расчёт схем обогащения

Совокупность операций переработки минерального сырья называется ***технологической схемой обогащения***, изображаемой графически. Расчёт технологических схем обогащения выполняется обычно в виде таблицы.

Основным типом технологических схем является ***качественно-количественная схема***, на которой отражены все операции обработки полезного ископаемого с указанием количества и качества всех продуктов.

Основой расчётов технологических показателей схем обогащения являются уравнения балансов (13)-(15).

Расчёт схемы начинается с составления технологического баланса по массовой доле компонента, представляемого в виде таблицы. Для расчёта схемы необходимо задаться рядом технологических показателей. Чаще всего задают величину массовой доли компонента в руде (по данным анализа) и в концентрате (по требованию нормативных документов), а также нормируемую величину извлечения компонента в концентрат (реже в хвосты).

Технологические показатели для промежуточных операций и продуктов схемы рассчитывают, задаваясь массовой долей компо-

нента в продуктах разделения, частным извлечением в концентрат или величиной степени концентрации компонента в каждой операции.

В контрольной работе № 3 требуется рассчитать технологические показатели схемы флотации. Каждой отдельной операции флотации присуща своя ***степень концентрации***, показывающая во сколько раз увеличивается массовая доля полезного компонента в концентрате операции, по сравнению с массовой долей в продукте, входящем в операцию. Степень концентрации обозначается буквой *i* и для основных и контрольных операций составляет 2-9, а для перечистных – 1-2. При расчёте обычно принимается, что массовая доля в концентрате первой контрольной операции в два раза больше, чем массовая доля в исходном продукте схемы, а если контрольная операция одна, то приблизительно равным ему. Массовую долю в промпродуктах перечистных операций (хвостах) принимают приблизительно равной массовой доле продукта, поступающего в ту же операцию, что и эти промпродукты.

После определения массовой доли компонента в каждом продукте схемы рассчитывают выходы всех продуктов схемы. Расчёт ведётся по операциям схемы «снизу вверх» составлением и решением балансовых уравнений относительно выходов продуктов. Расчёт завершается проверкой:

$$\Delta = 100 \cdot \alpha - (\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta). \qquad (26)$$

Величина Δ называется ***невязкой расчёта*** и показывает точность его выполнения. Невязка может быть как положительной, так и отрицательной. При выполнении расчёта на ПК величина невязки равна 0. При расчёте на калькуляторе для получения приемлемой величины невязки (порядка 10^{-3} %^{2}) получаемые величины необходимо округлять до 4-го знака после запятой.

Результаты расчётов оформляются в виде технологической схемы, изображаемой графически, и типовых таблиц – «Технологический баланс продуктов обогащения» и «Результаты расчёта качественно-количественной схемы».

На технологической схеме каждому продукту присваивается порядковый номер, указываются технологические показатели каждого продукта и принятые в операциях разделения степени концентрации.

В типовой таблице «Технологический баланс продуктов обогащения» приводятся технологические показатели ***исходного*** продукта

и ***конечных*** (концентрат и хвосты) продуктов разделения.

В типовой таблице «Результаты расчёта качественно-количественной схемы» приводятся технологические показатели для ***всех*** продуктов схемы.

Пример расчёта качественно-количественной схемы флотации приведён в п. 2.3.

2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

2.1. Контрольная работа № 1

Задача 1

Руда для кучного выщелачивания подаётся из трёх забоев в соотношении: 20 % из забоя № 1, 60 % из забоя № 2, остальное из забоя № 3. Массовая доля золота составляет 4, 6 и 3 г/т, соответственно. Определить массовую долю золота в исходной для выщелачивания куче.

***Комментарий**: в данной задаче необходимо определить массовую долю руды, получаемой при смешивании руд из различных забоев. При этом руды из этих забоев имеют различную массовую долю компонента и смешиваются **не в равном** соотношении. В этом случае для расчёта массовой доли полученной смеси необходимо использовать формулу для определения средневзвешенного значения, которое учитывает долю участия каждого из забоев в общей смеси:*

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\gamma_i \cdot \alpha_i)}{\sum_{i=1}^{n}\gamma_i},$$

где γ_i – выход (доля) руды из i-го забоя; α_i – массовая доля компонента в руде i-го забоя.

Дано:

$\gamma_1 = 20$ %
$\alpha_1 = 4$ г/т
$\gamma_2 = 60$ %
$\alpha_2 = 6$ г/т
$\alpha_3 = 3$ г/т

$\alpha_{срв}$ – ?

Решение

$\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3=100$ % $\rightarrow \gamma_3 = 100 - (\gamma_1+\gamma_2)=100 - (20+60)=20$ %;

$$\alpha = \frac{\gamma_1 \cdot \alpha_1 + \gamma_2 \cdot \alpha_2 + \gamma_3 \cdot \alpha_3}{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3} = \frac{20 \cdot 4 + 60 \cdot 6 + 20 \cdot 3}{20 + 60 + 20} = 5 \text{ г/т}.$$

Ответ: Массовая доля золота в исходной для выщелачивания куче равна 5 г/т.

Задача 2

Определить потери цинка с медным концентратом, если массовая доля цинка в руде – 5 %, в медном концентрате – 4,5 %, выход цинкового концентрата составляет 12 %, а выход хвостов – 85 %.

***Комментарий**: потери цинка с медным концентратом – это извлечение цинка в медный концентрат. В данной задаче речь идёт о **полиметаллической** руде (компонентами являются медь и цинк), при обогащении которой получают **три** продукта – хвосты и концентраты: медный и цинковый. Тогда формула (13) будет иметь вид:*

$$\gamma_к^{Cu} + \gamma_к^{Zn} + \gamma_х = 100\ \%.$$

Для определения потерь цинка с медным концентратом воспользуемся формулой (19), переписав её как, %:

$$\varepsilon_к^{Cu/Zn} = \frac{\gamma_к^{Cu} \cdot \vartheta^{Cu/Zn}}{\alpha^{Zn}}.$$

Нижний индекс «к» у обозначения показателей указывает лишь на то, что продукт, с которым теряется цинк, не является хвостами.

Дано:

$\alpha^{Zn} = 5\ \%$

$\gamma_к^{Zn} = 12\ \%$

$\vartheta^{Cu/Zn} = 4{,}5\ \%$

$\gamma_х = 85\ \%$

$\varepsilon_к^{Cu/Zn} - ?$

Решение

Выход медного концентрата составит:

$$\gamma_к^{Cu} = 100 - \gamma_к^{Zn} - \gamma_х = 100 - 12 - 85 = 3\ \%.$$

Потери цинка с медным концентратом:

$$\varepsilon_к^{Cu/Zn} = \frac{5 \cdot 4{,}5}{3} = 7{,}5\ \%.$$

Ответ: Потери цинка в медном концентрате составляют 7,5 %.

Задача 3

Определить суточную производительность фабрики по руде, если она производит 30 т/ч концентрата при выходе его 5 %.

***Комментарий**: Следует обратить внимание, что заданная величина производительности по концентрату имеет размерность **т/ч**, а значит, и величина производительности фабрики по руде при расчёте по формуле (1) будет иметь ту же размерность. Однако по условиям задачи требуется определить **суточную** производительность. При решении подобного типа задач принимается режим работы обогатительных фабрик 24 часа в сутки.*

Дано:	***Решение***
$\gamma_к = 5$ % $C = 30$ т/ч	$\gamma_к = \frac{C}{Q} \cdot 100 \rightarrow Q = \frac{C}{\gamma_к} \cdot 100 = \frac{30}{5} \cdot 100 = 600$ т/ч.
$Q_{сут} - ?$	$Q_{сут} = 24 \cdot Q = 24 \cdot 600 = 14400$ т/сут.
	Ответ: Суточная производительность фабрики составляет 14400 т/сут.

2.2. Контрольная работа № 2

Задача 1

Класс крупности, мм	**Частный выход, %**
-50+25	10
-25+12	20
-12+6	20
-6+0	50

По результатам ситового анализа построить кривую суммарного выхода «по полюсу».
Определить по ней выходы классов крупности -30+10 и -5 мм.
Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.

Решение

Рассчитаем суммарный выход «по плюсу» (см. п.1.2):

Класс, мм	**Частный выход, %**	**Суммарный выход «по плюсу», %**
-50+25	10	10
-25+12	20	30
-12+6	20	50
-6+0	50	100
Итого:	**100**	–

Подробная методика построения гранулометрической характеристики и определения по ней выходов заданных классов крупности приведена в п. 1.2. Решение показано на рис. 4.

Выходы заданных классов крупности составляют:

$$\gamma_{-30+10} = 37 - 6 = 29\ \%.$$

$$\gamma_{-5+0} = 100 - 56 = 44\ \%.$$

По виду кривой можно сделать вывод о преобладании мелких классов крупности (кривая вогнутая).

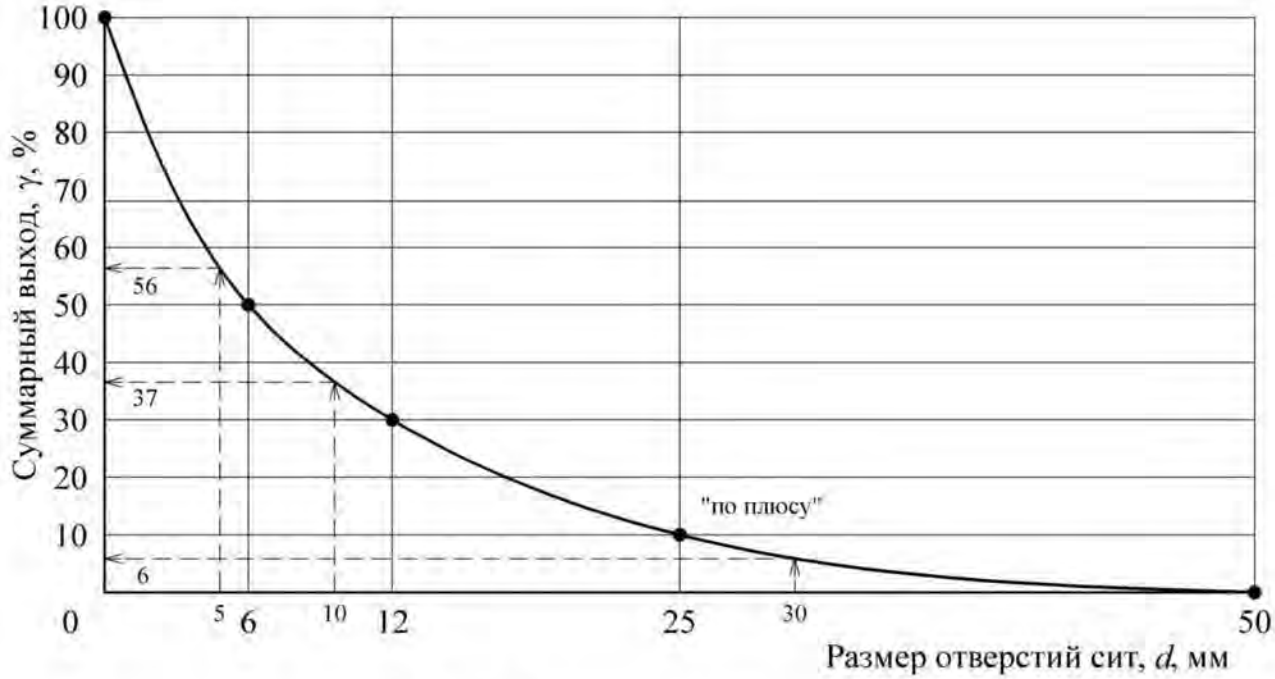


Рис. 4. Графическое решение

Задача 2

Определить эффективность грохочения на сетке 150 мм, если выход надрешётного продукта составляет 77 %. Крупность исходного материала 600 мм. Гранулометрическую характеристику исходной руды принять по прямой линии.

Дано:

$\gamma_н = 77$ %

$D_{max} = 600$ мм

d=150 мм

E – ?

Решение

Найдём массовую долю расчётного класса в исходном продукте по формуле (25):

$$\alpha^{-d} = \frac{100}{D_{max}} \cdot d = \frac{100}{600} \cdot 150 = 25\ \%.$$

Из уравнения баланса (13) определим выход подрешётного продукта:

$\gamma_п = 100 - \gamma_н = 100 - 77 = 23$ %.

Эффективность грохочения по выражению (23) составит:

$$E = \frac{\gamma_п}{\alpha^{-d}} \cdot 100 = \frac{23}{25} \cdot 100 = 92\ \%.$$

Ответ: Эффективность грохочения равна 92 %.

2.3. Контрольная работа № 3

Рассчитать технологический баланс продуктов обогащения и технологические показатели (выходы всех продуктов и извлечения компонента в эти продукты) для схемы обогащения, представленной на рис. 5. Массовая доля полезного компонента в исходном продукте 1 %, в концентрате 14 %, извлечение в концентрат 90 %. Значениями массовой доли для промежуточных продуктов схемы задаться самостоятельно (п. 1.4).

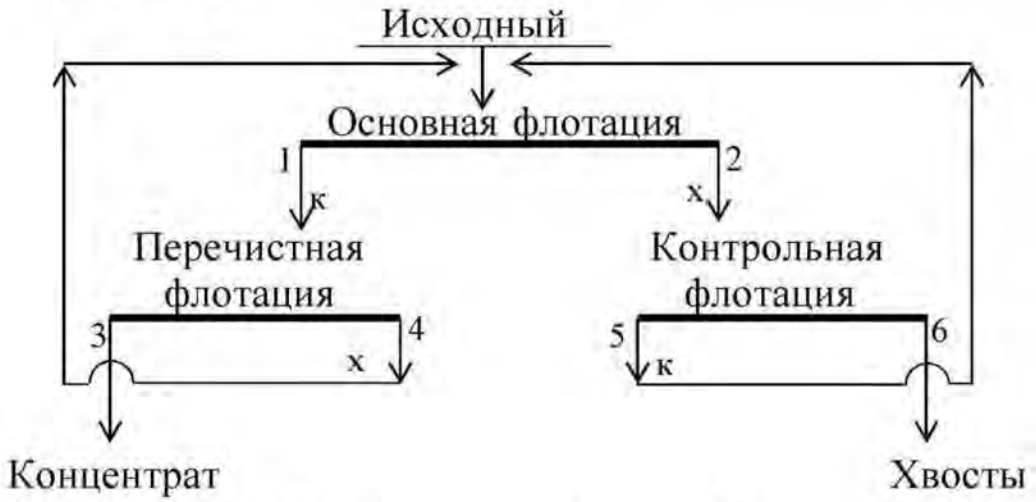


Рис. 5. Технологическая схема обогащения

Решение

По исходным данным с использованием выражений (15) и (19) определим массовую долю компонента в хвостах. Далее, применив формулы (18) и (13), рассчитаем выходы конечных продуктов – концентрата и хвостов. Полученные результаты запишем в виде табл. 3.

Таблица 3

Технологический баланс продуктов обогащения

Номер и наименование продукта	Технологические показатели, %		
	выход	массовая доля	извлечение
3. Концентрат	6,4286	14,0	90,00
6. Хвосты	93,5714	0,1069	10,00
Исходный	100,0000	1,0	100,00

Составим технологический баланс для следующих условий:

- массовая доля ценного компонента в руде – 1,0 %;
- массовая доля ценного компонента в концентрате – 14,0 %;
- извлечение ценного компонента в концентрат – 90 %.

Согласно информации, изложенной в п. 1.4.зададимся значениями массовой доли в продуктах операций флотации.

Определим массовые доли в концентратах операций:

основная: $\beta_1 = i_{осн} \cdot \alpha = 7{,}5 \cdot 1{,}0 = 7{,}5$ %;

перечистная: $\beta_3 = i_{переч} \cdot \beta_1 = 1{,}9 \cdot 7{,}5 = 14{,}25$ %;

контрольная $\beta_5 = i_{контр} \cdot \alpha = 2{,}0 \cdot 1{,}0 = 2$ %.

Так как концентрат перечистной операции является конечным продуктом, массовая доля в котором известна (14 %), то при дальнейшем расчёте принимаем $\beta_3 = 14$ %. При этом принятая степень концентрации (i=1,9) обеспечивает требуемое качество концентрата, так как 14,25 больше 14.

Массовую долю в промпродукте перечистной операции (хвостах) принимаем приблизительно равной массовой доле продукта, поступающего в ту же операцию, что и этот продукт. В нашем случае β_4 может находиться в диапазоне от α до 2α и составляет 1,1 %. Массовую долю в хвостах основной операции вычислим исходя из того, что степень концентрации в контрольной операции составляет 2-9, а массовая доля в концентрате контрольной равна β_5:

$$\beta_2 = \beta_5 / i_{контр} = 2{,}0 / 7 = 0{,}29\ \%.$$

Задавшись массовыми долями в каждом продукте, рассчитаем выходы продуктов в каждой операции. Расчёт ведётся с применением уравнений (10)-(11). Схема рассчитывается «снизу вверх», начиная с последней перечистной операции.

Перечистная флотация

Составим уравнение баланса для перечистной операции:

$$\begin{cases} \gamma_3 + \gamma_4 = \gamma_1; \\ \gamma_3 \cdot \beta_3 + \gamma_4 \cdot \beta_4 = \gamma_1 \cdot \beta_1, \end{cases}$$

решив систему относительно γ_1, получим:

$$\gamma_1 = \gamma_3 \frac{\beta_3 - \beta_4}{\beta_1 - \beta_4} = 6{,}4286 \frac{14 - 1{,}1}{7{,}5 - 1{,}1} = 12{,}9576\ \%,$$

тогда $\gamma_4 = \gamma_1 - \gamma_3 = 12{,}9576 - 6{,}4286 = 6{,}5290$ %.

Контрольная флотация

Составим уравнение баланса для контрольной операции:

$$\begin{cases} \gamma_5 + \gamma_6 = \gamma_2; \\ \gamma_5 \cdot \beta_5 + \gamma_6 \cdot \beta_6 = \gamma_2 \cdot \beta_2, \end{cases}$$

решив систему относительно γ_2, получим:

$$\gamma_2 = \gamma_6 \frac{\beta_5 - \beta_6}{\beta_5 - \beta_2} = 93{,}5714 \frac{2 - 0{,}1069}{2 - 0{,}29} = 103{,}3333\ \%,$$

тогда $\gamma_5 = \gamma_2 - \gamma_6 = 103{,}3333 - 93{,}5714 = 9{,}7619\ \%$.

Проверка

По формуле (26) определим величину невязки:

$$\Delta = 100 \cdot \alpha - (\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta) = 100 \cdot \alpha - (\gamma_3 \cdot \beta_3 + \gamma_6 \cdot \beta_6) =$$

$$= 100 \cdot 1{,}0 - (6{,}4289 \cdot 14 + 93{,}5714 \cdot 0{,}1069) = -0{,}003 = -3 \cdot 10^{-3}\ \%^2.$$

Извлечения в продукты операций разделения рассчитываются по формулам (18)-(19). Результаты расчёта схемы представлены на рис. 6 и в табл. 3, 4.



Рис. 6. Качественно-количественная схема обогащения

Таблица 4

Результаты расчёта качественно-количественной схемы обогащения

ПОСТУПАЕТ				ВЫХОДИТ			
Номер и наименование продукта	**Выход, %**	**Массовая доля, %**	**Извлечение, %**	**Номер и наименование продукта**	**Выход, %**	**Массовая доля, %**	**Извлечение, %**
Основная флотация							
Исходный	100,0000	1	100	1. Концентрат основной флотации	12,9576	7,5	97,18
4. Промпродукт перечистной флотации	6,5290	1,1	7,18	2. Хвосты основной флотации	103,3333	0,29	29,52
5. Концентрат контрольной флотации	9,7619	2	19,52				
Итого:	**116,2909**	**1,09**	**126,70**	**Итого:**	**116,2909**	**1,09**	**126,70**
Перечистная флотация							
1. Концентрат основной флотации	12,9576	7,5	97,18	3. Концентрат	6,4286	14,0000	90,00
				4. Промпродукт перечистной флотации	6,5290	1,1	7,18
Итого:	**12,9576**	**7,5**	**97,18**	**Итого:**	**12,9576**	**7,5**	**97,18**
Контрольная флотация							
2. Хвосты основной флотации	103,3333	0,29	29,52	5. Концентрат контрольной флотации	9,7619	2,00	19,52
				6. Хвосты	93,5714	0,1069	10,00
Итого:	**103,3333**	**0,29**	**29,52**	**Итого:**	**103,3333**	**0,29**	**29,52**

3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Номер варианта задается преподавателем. Номера задач в каждом варианте принимаются по таблице:

Вариант	Контрольная работа № 1	Контрольная работа № 2	Контрольная работа № 3
	номера задач		номер схемы
1	3, 11, 21, 35	3, 15	1
2	4, 15, 22, 38	10, 16	2
3	10, 13, 29, 33	4, 19	3
4	6, 14, 27, 31	8, 14	4
5	2, 18, 25, 36	1, 20	5
6	8, 17, 23, 37	5, 18	6
7	9, 20, 26, 32	7, 17	7
8	7, 19, 28, 40	9, 11	8
9	5, 12, 24, 39	2, 12	9
0	1, 16, 30, 34	6, 13	10

3.1. Контрольная работа № 1

Номер задачи	Условия задачи
1	Рассчитать выход никелевого концентрата, если массовая доля никеля в исходной руде составляет 3,4 %. Массовая доля никеля в концентрате 12 %, извлечение никеля в концентрат составляет 80 %.
2	Определить сколько тонн концентрата в сутки выдает фабрика, если выход концентрата составляет 4 %, а производительность фабрики по руде равна 800 т/ч.
3	Определить выход концентрата и хвостов, если фабрика перерабатывает руду с массовой долей меди 1,6 %, а после обогащения получают два продукта; концентрат с массовой долей меди 18 % и хвосты с массовой долей меди 0,2 %.
4	Рассчитать выход концентрата и извлечение свинца в концентрат, если фабрика перерабатывает 14000 т руды в сутки с массовой долей свинца 2,4 % и получает 600 т концентрата с массовой долей свинца 50 %.
5	Определить суточную производительность фабрики по руде, если фабрика выдает 800 т концентрата в сутки при выходе 2,5 %.
6	Определить массовую долю компонента в хвостах, если из 1000 т руды с массовой долей полезного компонента 0,8 % в процессе обогащения получено 16 т концентрата при извлечении 90 %.
7	Определить потери никеля в медном концентрате, если массовая доля никеля в нем равна 1,0 % и выход медного концентрата составляет 10 %. Массовая доля никеля в исходной руде равна 3 %.

Номер задачи	Условия задачи
8	Определить, сколько тонн свинцового концентрата в сутки выдает обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде составляет 5 000 т, массовая доля свинца в руде 1,8 %, а в концентрате 60 %. Извлечение свинца в концентрат 92 %.
9	Определить извлечение цинка в концентрат, если при суточной производительности фабрики 5000 т получают 150 т концентрата. Массовая доля цинка в руде 2 %, а в концентрате 60 %.
10	Определить потери меди и цинка в хвостах, если извлечение меди и цинка в медный концентрат соответственно 90 и 5 %, а в цинковый 6 и 85 %.
11	Определить выход медного концентрата, если массовая доля меди в руде 1,5 % в медном концентрате 18 %, а потери меди в хвосты 10 %.
12	Рассчитать извлечение полезного компонента в концентрат, если фабрика перерабатывает руду с массовой долей полезного компонента 20 %, а получает концентрат с массовой долей компонента 50 % и хвосты, с массовой долей компонента 2 %.
13	Рассчитать выход концентрата и извлечение в него полезного компонента, если из 1 000 т руды с массовой долей полезного компонента 0,8 % в процессе обогащения получено 13 т концентрата с массовой долей полезного компонента 60 %.
14	Определить, сколько тонн железного концентрата в сутки выдает обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде 15 000 т, массовая доля железа в руде 18 %, а в концентрате 66 %. Извлечение железа в концентрат 90 %.
15	Определить извлечение цинка в концентрат, если массовая доля цинка в руде 2 %, в концентрате 50 %, в хвостах 0,5 %.
16	Рассчитать, сколько руды нужно переработать для получения 500 т концентрата, если его выход составляет 5 %.
17	Определить потери меди с цинковым концентратом, если выход цинкового концентрата 5 %, а массовая доля меди в нем 2 %. Массовая доля меди в исходной руде 1,2 %.
18	Рассчитать, сколько нужно переработать руды с массовой долей меди 1 % для получения 100 т концентрата с массовой долей меди 20 %, Массовая доля меди в хвостах 0,1 %.
19	Определить массовую долю компонента в хвостах, если извлечение его в концентрат 90 %, выход хвостов 95 %, массовая доля в исходном продукте 1 %.

Номер задачи	Условия задачи
20	Определить массовую долю металла в хвостах при обогащении руды с массовой долей металла 2 %, если извлечение его в концентрат составило 90 % при выходе концентрата 3,6 %.
21	Определить массовую долю компонента в исходной руде, если выход концентрата 8 %, извлечение 90 % и массовая доля компонента в нем 60 %.
22	Определить потери меди в цинковом концентрате, полученном при обогащении медно-цинковой руды с массовой долей меди 1,0 %, если выход цинкового концентрата 4,5 %, массовая доля меди в нем 4 %.
23	Определить количество свинца, потерянного в хвостах при флотации 6000 т руды с массовой долей свинца 4 %, если извлечение его в концентрат 85 %.
24	Шахта выдает рядовой уголь из трех лав: первая лава – 300 т/ч, A^d=9 %; вторая лава – 200 т/ч, A^d=12%; третья лава – 500 т/ч, A^d=8 %. Определить зольность угля, поступающего на обогащение.
25	Определить массовую долю железа в концентрате, если при обогащении железной руды с массовой долей железа 20 % выход концентрата 30 %, а извлечение 90 %.
26	Определить выход концентрата и извлечение P_2O_5 в концентрат, получаемый при обогащении апатитовой руды с массовой долей 20 % P_2O_5, если массовая доля P_2O_5 в концентрате 34,5 %, в хвостах 1 %.
27	Определить массовую долю золы и извлечение ее в хвосты, если ее извлечение в концентрат составляет 7 % при его выходе 70 %. Массовая доля золы в рядовом угле 24 %.
28	Определить массовую долю молибдена в концентрате, если при обогащении руды с массовой долей молибдена 0,1 %, выход концентрата 0,15 % при извлечении в него молибдена 80 %.
29	Определить выход концентрата и потери полезного компонента в хвостах, если из 2000 т руды с массовой долей полезного компонента 0,8 %, получено 26 т концентрата с массовой долей полезного компонента 48 %.
30	Определить зольность рядового угля, если на фабрику он поступает с трех шахт: 30 % – с шахты № 1, 50 % – с шахты № 2 и остальное с шахты №3. Зольность углей каждой шахты составляет соответственно 21, 19,5 и 24 %.
31	Фабрика после обогащения 3000 т руды с массовой долей металла 0,5 % получила 24 т концентрата с массовой долей металла 54 %. Какое извлечение было достигнуто при обогащении?
32	Сколько перерабатывает руды фабрика, если получается 100 т/ч концентрата с массовой долей меди 19,6 %. Массовая доля меди в руде 0,8 %, в хвостах 0,18 %.

Номер задачи	Условия задачи
33	Фабрика обогащает руду с массовой долей марганца 18 %. Производительность фабрики по руде составляет 300 т/ч. Определить выход концентрата и извлечение марганца в него, если массовая доля марганца в концентрате 45 %, а выпускается концентрата 60 т/ч.
34	Определить извлечение меди в концентрат, если при производительности фабрики 3000 т/сут получают 90 т концентрата с массовой долей меди 24 %. Руда поступает на фабрику с двух рудников в равном количестве с массовой долей меди соответственно 1,2 и 0,8 %.
35	На фабрику поступает рядовой уголь с зольностью 20 % и получается концентрат с зольностью 10 %. Каков выход концентрата и зольность хвостов, если производительность фабрики 350 т/ч, а на хвостохранилище отправляется 70 т/ч хвостов?
36	Определить выход концентрата и извлечение в него полезного компонента, если на фабрику поступает руда с массовой долей полезного компонента 15 %, а после обогащения получают концентрат и хвосты с массовой долей полезного компонента в них соответственно 45 и 5 %.
37	Определить количество олова и его массовую долю в суммарном концентрате, если на фабрике получают оловянный концентрат после обогащения руды на отсадочных машинах и концентрационных столах. С отсадочных машин получают 3 т/сут концентрата с массовой долей олова 20 %, а со столов – 2 т/сут, с массовой долей олова 15 %.
38	Определить выход и массу концентрата зольностью 8 %, получаемого при обогащении угля, если фабрика обогащает 250 т/ч угля с зольностью 16 % и получает хвосты с зольностью 65 %.
39	Определить массовую долю металла в хвостах при обогащении руды с массовой долей металла 2 %, если извлечение его в концентрат 88 %, а выход концентрата 4 %.
40	Рассчитать потери меди в цинковом концентрате, получаемом при обогащении медно-цинковой руды, поступающей на фабрику с двух рудников с массовой долей меди соответственно 1,5 % (60 % от общего количества руды) и 2 % (40 % от общего количества руды). Выход цинкового концентрата 10 %, массовая доля меди в нем 4 %.

3.2. Контрольная работа № 2

<table>
<tr><th>Номер задачи</th><th>Условия задачи</th></tr>
<tr><td colspan="2">Построение гранулометрических характеристик</td></tr>
<tr><td>1</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-1+0,5</td><td>31</td></tr><tr><td>-0,5+0,25</td><td>24</td></tr><tr><td>-0,25+0,15</td><td>15</td></tr><tr><td>-0,15+0</td><td>30</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу». Определить по ней выход класса +0,3 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>2</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-20+10</td><td>30</td></tr><tr><td>-10+5</td><td>28</td></tr><tr><td>-5+2,5</td><td>17</td></tr><tr><td>-2,5+1</td><td>13</td></tr><tr><td>-1+0</td><td>12</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -8+4 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>3</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-25+12</td><td>42</td></tr><tr><td>-12+6</td><td>18</td></tr><tr><td>-6+3</td><td>16</td></tr><tr><td>-3+1</td><td>9</td></tr><tr><td>-1+0</td><td>15</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -10+5 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>4</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-500+250</td><td>25</td></tr><tr><td>-250+125</td><td>27</td></tr><tr><td>-125+50</td><td>20</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>10</td></tr><tr><td>-25+0</td><td>18</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -200+75 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>5</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-500+250</td><td>25</td></tr><tr><td>-250+125</td><td>27</td></tr><tr><td>-125+50</td><td>20</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>10</td></tr><tr><td>-25+0</td><td>18</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -160+40 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>6</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-15+10</td><td>25</td></tr><tr><td>-10+5</td><td>30</td></tr><tr><td>-5+2</td><td>20</td></tr><tr><td>-2+1</td><td>10</td></tr><tr><td>-1+0</td><td>15</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -8+1 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Номер задачи</th><th>Условия задачи</th></tr>
<tr><td>7</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-1+0,5</td><td>26</td></tr><tr><td>-0,5+0,3</td><td>29</td></tr><tr><td>-0,3+0,15</td><td>21</td></tr><tr><td>-0,15+0,1</td><td>10</td></tr><tr><td>-0,1+0</td><td>14</td></tr></table>По результатам ситового анализа построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -0,4+0,12 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>8</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-100+50</td><td>22</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>25</td></tr><tr><td>-25+12</td><td>38</td></tr><tr><td>-12+6</td><td>10</td></tr><tr><td>-6+0</td><td>5</td></tr></table>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -40+15 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>9</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-100+75</td><td>10</td></tr><tr><td>-75+50</td><td>22</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>18</td></tr><tr><td>-25+12</td><td>20</td></tr><tr><td>-12+6</td><td>10</td></tr><tr><td>-6+0</td><td>20</td></tr></table>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -60+20 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>10</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-50+25</td><td>20</td></tr><tr><td>-25+12</td><td>13</td></tr><tr><td>-12+5</td><td>7</td></tr><tr><td>-5+3</td><td>5</td></tr><tr><td>-3+0</td><td>55</td></tr></table>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -10 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Расчёт эффективности грохочения</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Определить эффективность грохочения материала -500+0 мм на сетке с размером отверстий 200 мм, если массовая доля класса -200+0 мм в надрешетном продукте 10 %. Характеристику крупности исходной руды принять по прямой линии.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Определить массовую долю класса менее размера отверстия сита в исходном для грохочения продукте, если выход подрешетного продукта составляет 70 % при эффективности грохочения 80 %.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>Определить массовую долю нижнего класса в исходной руде, если выход подрешетного продукта составляет 40 %, а эффективность грохочения 80 %.</td></tr>
</table>

Номер задачи	Условия задачи
14	Определить к.п.д. грохота, если массовая доля нижнего класса в руде 40 %, а в надрешетном продукте 10 %.
15	Определить эффективность грохочения материала крупностью 200 мм на сетке с размером отверстия 50 мм, если выход надрешетного продукта 80 %. Гранулометрическую характеристику материала принять по прямой линии.
16	С какой эффективностью производится грохочение руды по сетке с размером отверстия 60 мм, если выход надрешетного продукта 82 %, гранулометрическая характеристика руды представляется прямой линией и максимальный кусок имеет диаметр 300 мм?
17	Какова эффективность грохочения, если выход надрешетного продукта 60 % и массовая доля нижнего класса в нем составляет 10 %?
18	Определить выход продуктов грохочения, если массовая доля нижнего класса в руде 50 %, в надрешетном продукте 10 %.
19	Рассчитать эффективность грохочения по всему нижнему классу, если выход надрешетного продукта 40 %, а массовая доля зерен крупнее размера отверстий сетки в руде составляет 35 %.
20	Определить производительность грохота по руде, если массовая доля нижнего класса в руде 30 % и в надрешетном продукте 10 %. Масса надрешетного продукта 778 т/ч.

3.3. Контрольная работа № 3

Рассчитать технологический баланс продуктов обогащения и технологические показатели всех продуктов для заданной по варианту схемы обогащения. Значениями массовой доли для промежуточных операций и продуктов схемы задаться самостоятельно.

Исходные данные для расчёта схем

Номер схемы	Массовая доля, %		Извлечение в концентрат, %
	в исходном	в концентрате	
1	1,7	43	85
2	1,0	17	87
3	1,5	33	95
4	1,6	22	90
5	1,2	45	97
6	1,8	23	89
7	1,4	25	93
8	2,5	6,5	80
9	1,5	20	84
10	1,3	23	88

Схема № 1

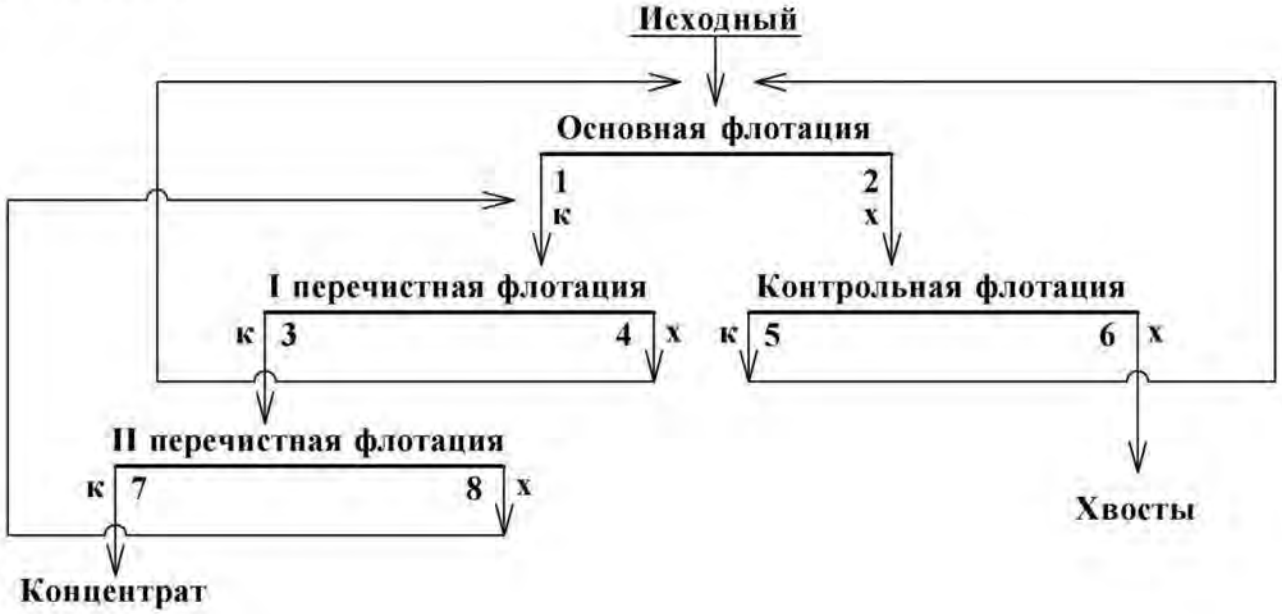


Схема № 2

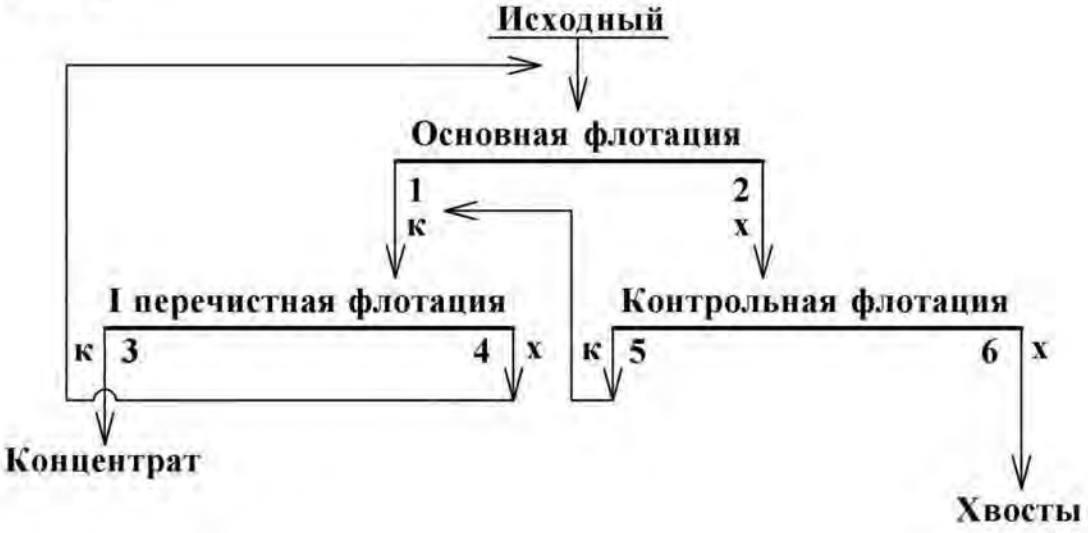


Схема № 3

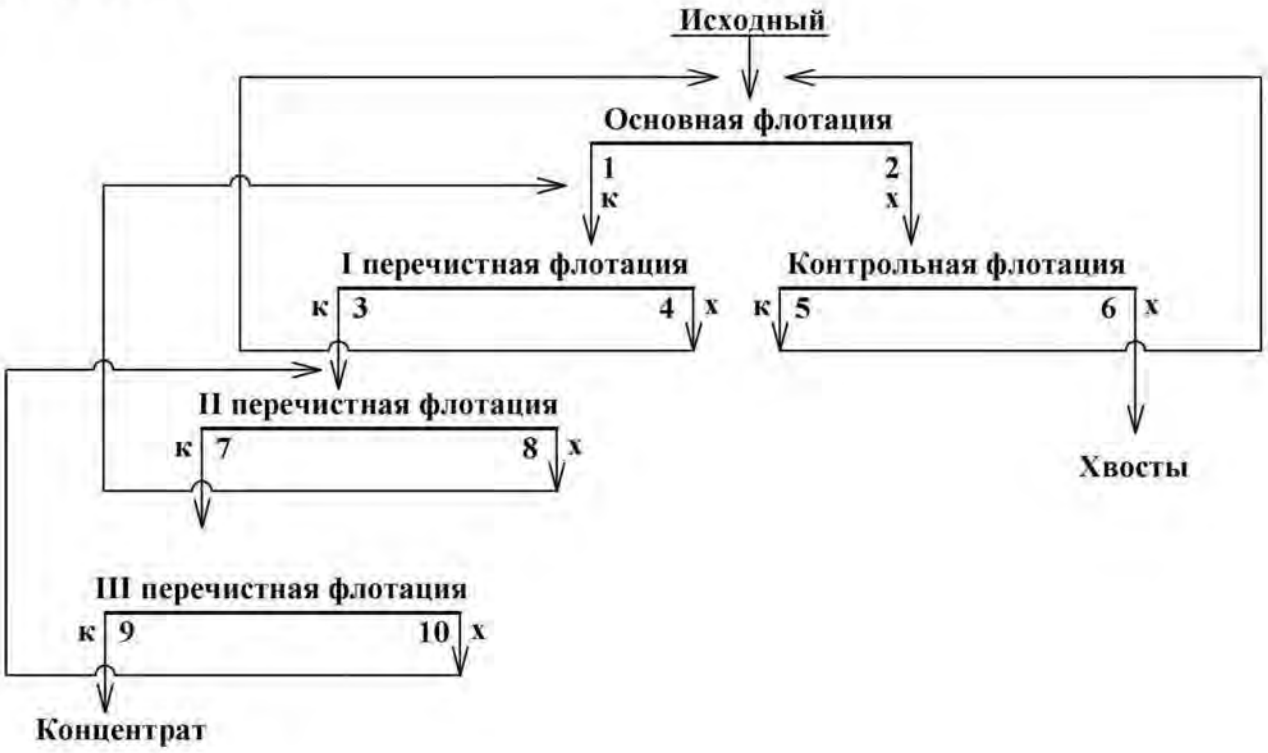


Схема № 4

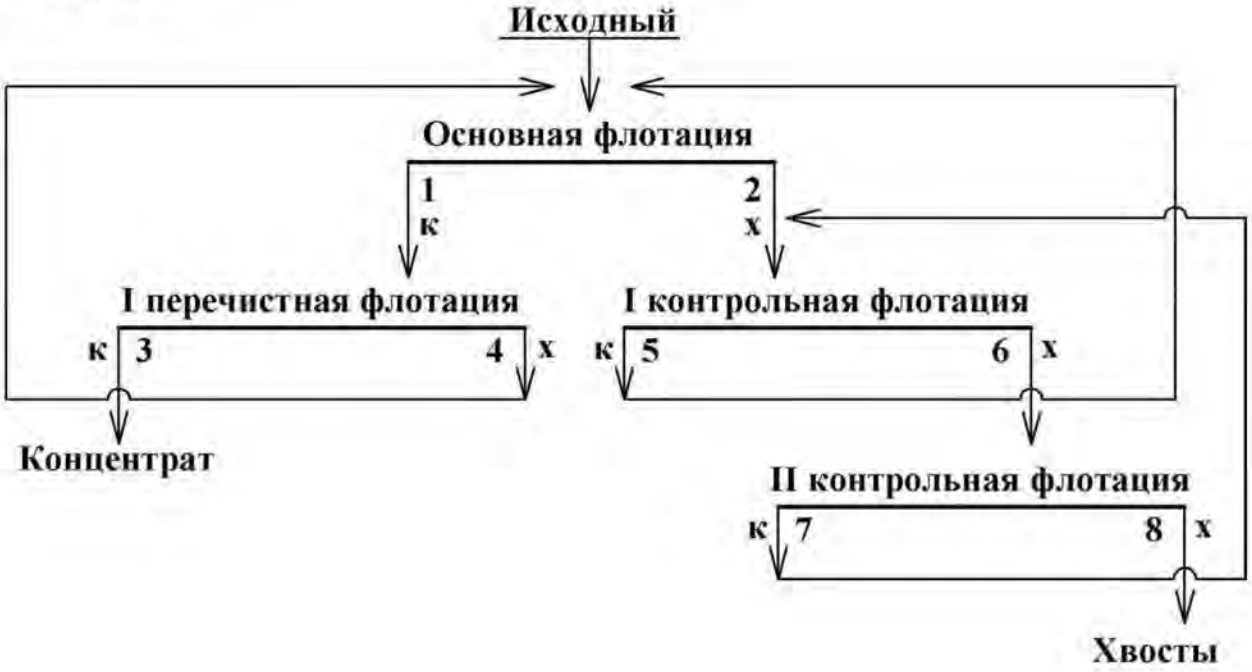


Схема № 5

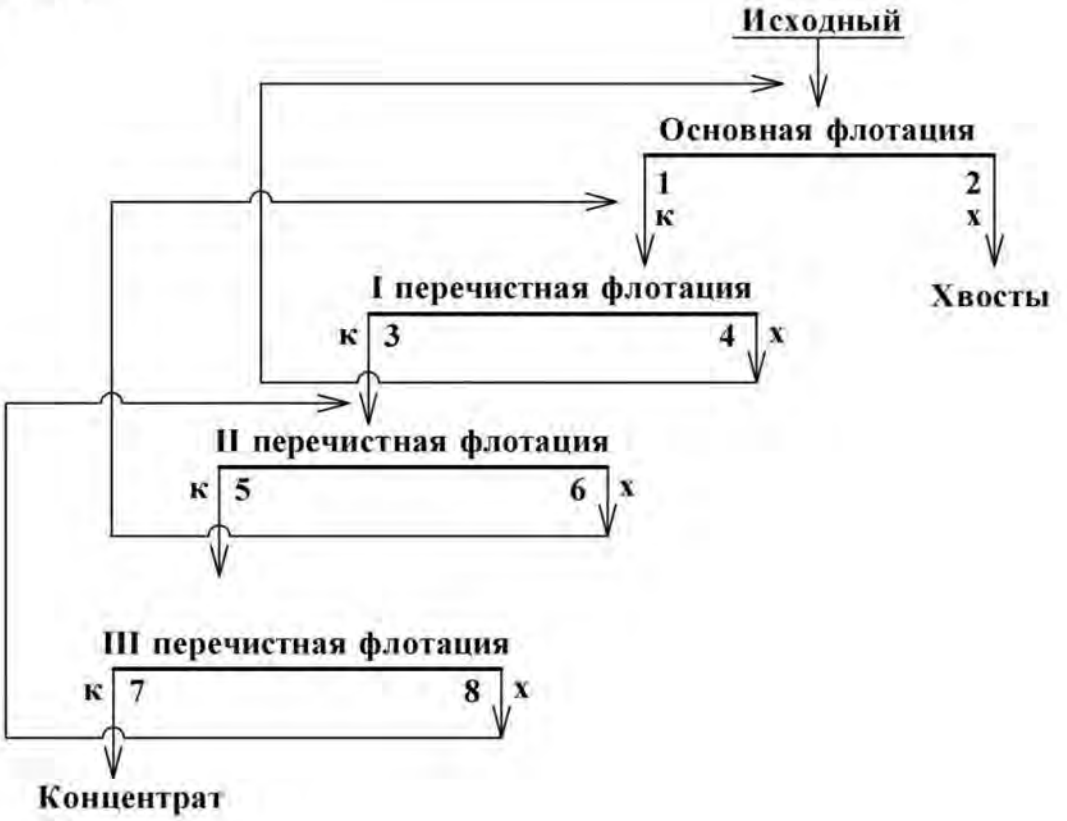


Схема № 6

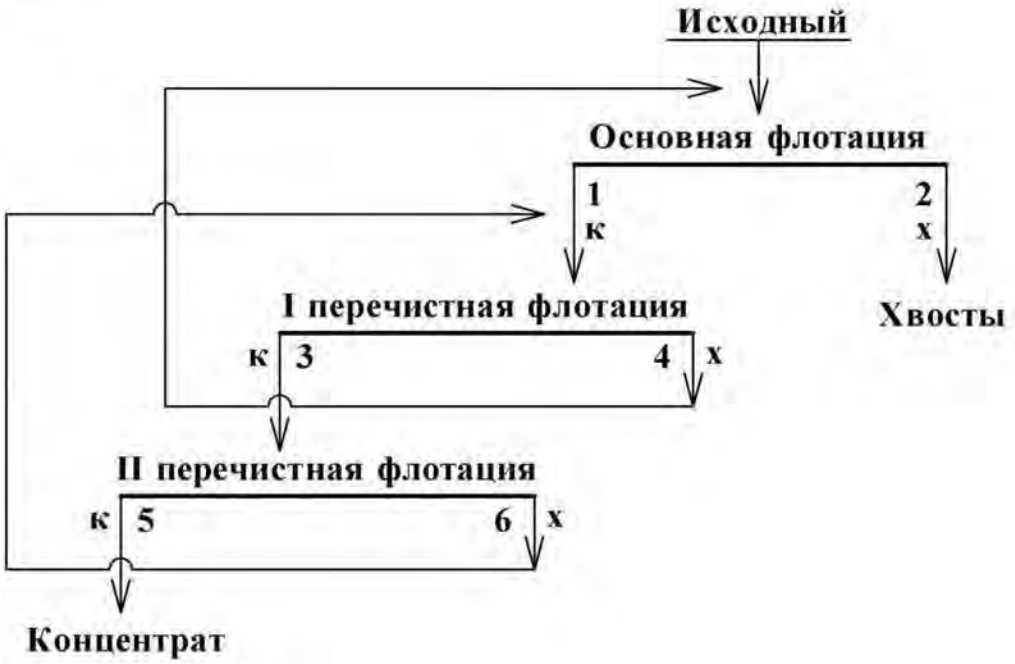


Схема № 7

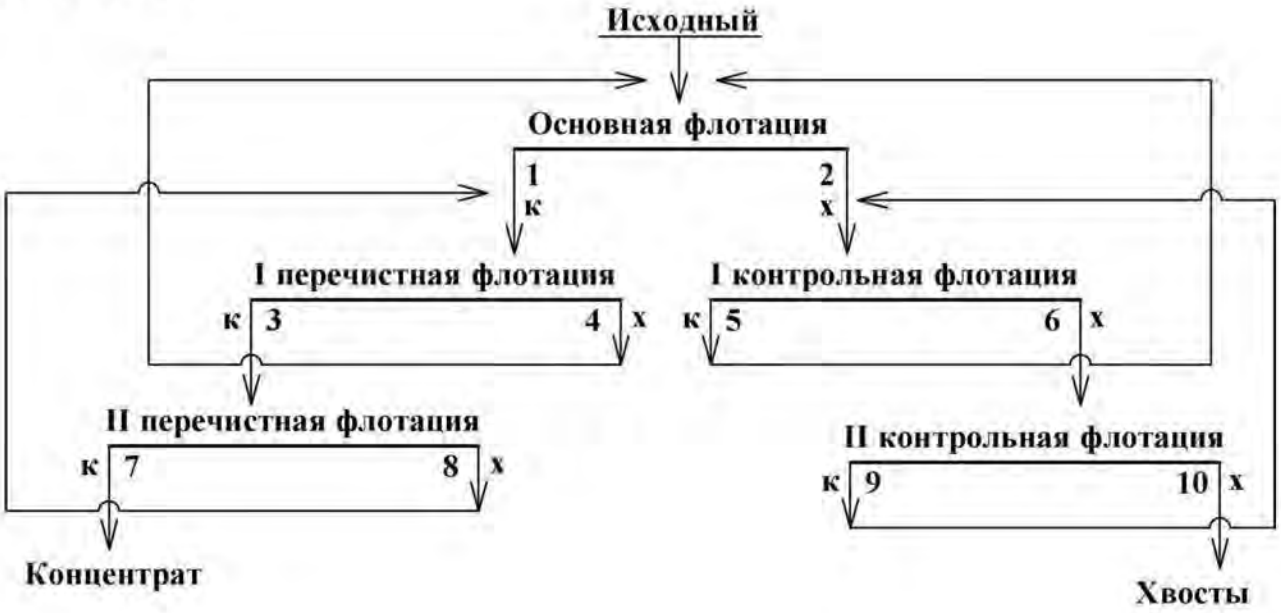


Схема № 8

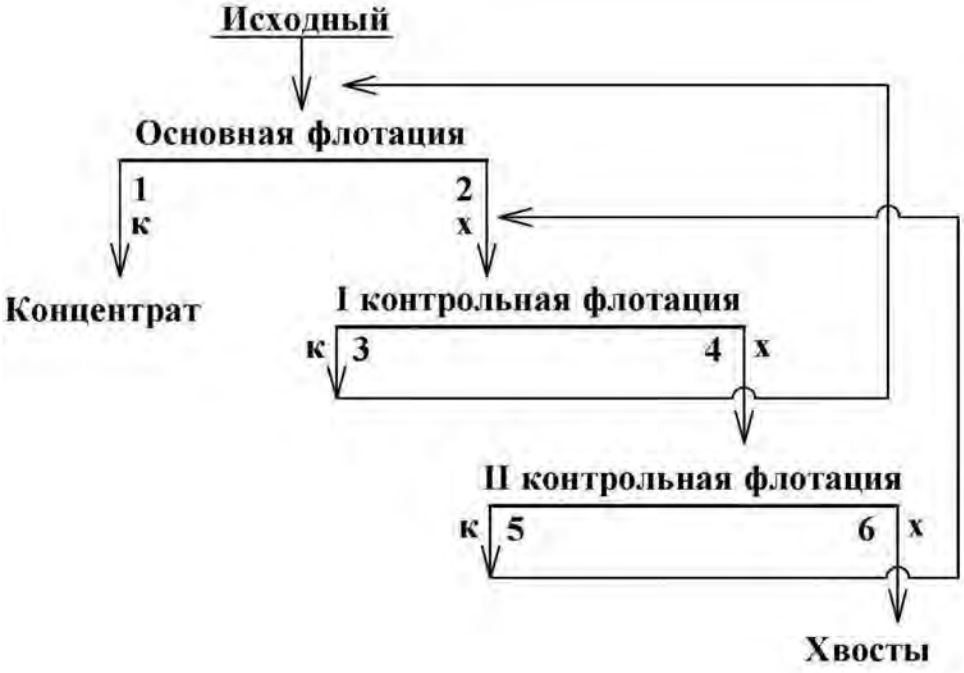
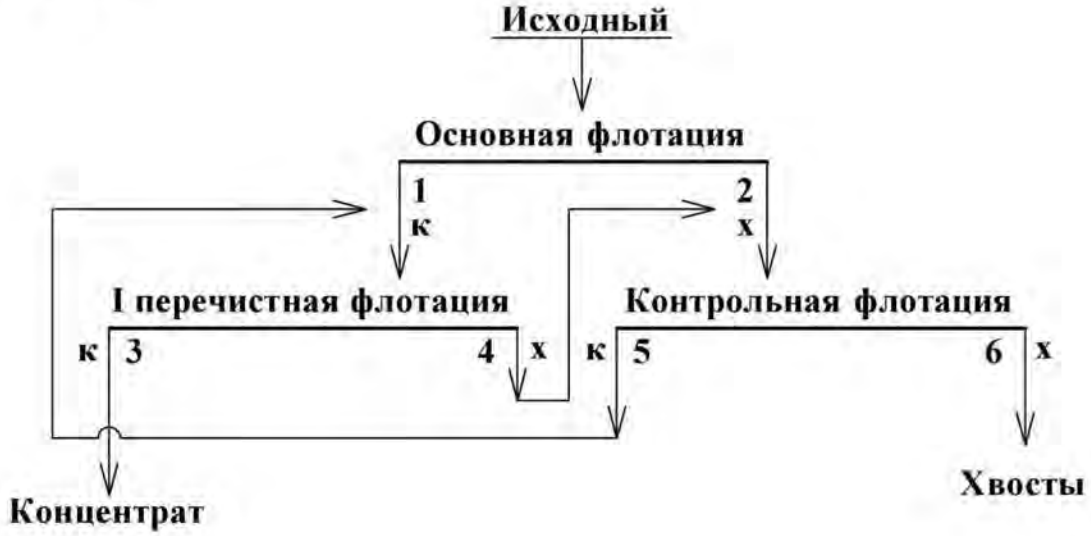


Схема № 9



Схема № 10



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комлев С. Г.* Основы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / С. Г. Комлев; Уральский гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. – 121 с.
2. *Комлев С. Г.* Технологические расчеты в обогащении полезных ископаемых. Выбор оборудования: методические указания по выполнению технологических разделов курсовых проектов и работ / С. Г. Комлев; Уральский гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. – 64 с.

Учебное издание

Комлев Сергей Григорьевич

Овчинникова Татьяна Юрьевна

Водовозов Константин Александрович

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Методические указания
по выполнению контрольных работ и варианты заданий
по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»
для студентов направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор: *И. В. Козлов*

Подписано в печать 27.01.2014 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 2,19. Уч.-изд. л. 1,25. Тираж 200 экз. Заказ №____

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ



Министерство образования и науки
Российской Федерации
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

Министерство образования и науки Российской Федерации
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
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург

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	$Q = C + T$ $100 = \gamma_{\hat{e}} + \gamma_{\tilde{o}}$	$Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i$ $100 = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i$
2	Баланс по ценному компоненту	$Q \cdot \alpha = C \cdot \beta + T \cdot \vartheta$ $100 \cdot \alpha = \gamma_{\hat{e}} \cdot \beta + \gamma_{\tilde{o}} \cdot \vartheta$ $100 = \varepsilon_{\hat{e}} + \varepsilon_{\tilde{o}}$	$100 \cdot \alpha = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \cdot \beta_i$
3	Массовая доля ценного компонента	$\alpha = (P_\alpha / Q) \cdot 100,\ \%$ $\beta = (P_\beta / \tilde{N}) \cdot 100,\ \%$ $\vartheta = (P_\vartheta / T) \cdot 100,\ \%$	$\beta_i = \frac{P_i}{Q_i} \cdot 100,\ \%$
4	Выход продукта	$\gamma_{\hat{e}} = (C/Q) \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100,\ \%$ $\gamma_{\tilde{o}} = (T/Q) \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100,\ \%$	$\gamma_i = \frac{Q_i}{Q} \cdot 100,\ \%$
5	Извлечение ценного компонента в продукт	$\varepsilon_{\hat{e}} = \frac{C \cdot \beta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta) \cdot \beta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100,\ \%$ $\varepsilon_{\tilde{o}} = \frac{T \cdot \vartheta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha) \cdot \vartheta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100,\ \%$	$\varepsilon_i = \gamma_i \cdot \frac{\beta_i}{\alpha}$

где Q, C, T – массы исходного материала, концентрата и хвостов, соответственно; $\gamma_к$; $\gamma_х$ – выход концентрата и хвостов, соответственно; α, β, ϑ – массовые доли компонента соответственно в исходном материале, в кон-

центрате, хвостах; Q_i, γ_i, – масса и выход i-ого продукта; P_α, P_β, P_ϑ, 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 ще-

ковую 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 $d_{\max}^{\text{ñð}}$.

Степень дробления находят по формуле:

$$i_{ср} = \frac{D_{\max}^{\text{ср}}}{d_{\max}^{\text{ср}}},$$

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 $-a+0$ 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:

$$E_2 = \frac{\alpha - \vartheta}{\alpha \cdot (100 - \vartheta)} \cdot 10^4, \%$$

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 меш, 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				100,0
–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	
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.

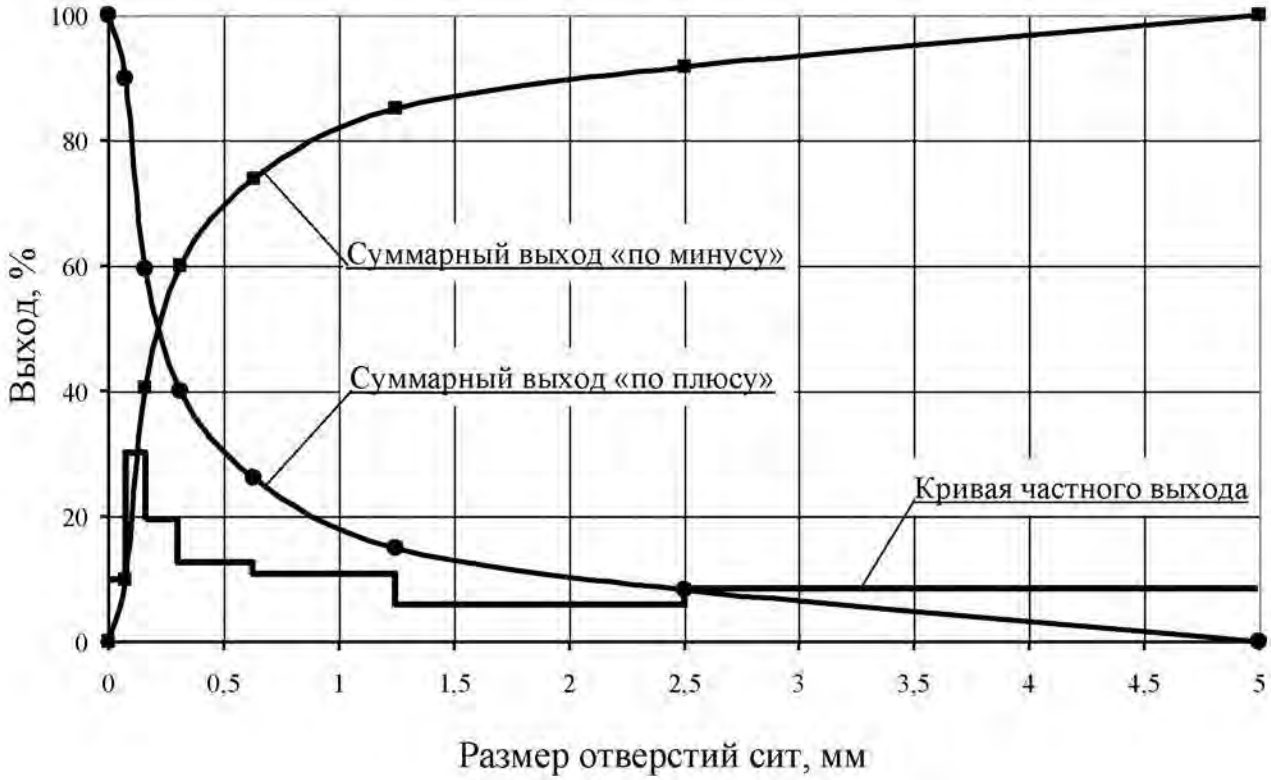


Рисунок 3.1 – Частная и суммарные гранулометрические характеристики

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).

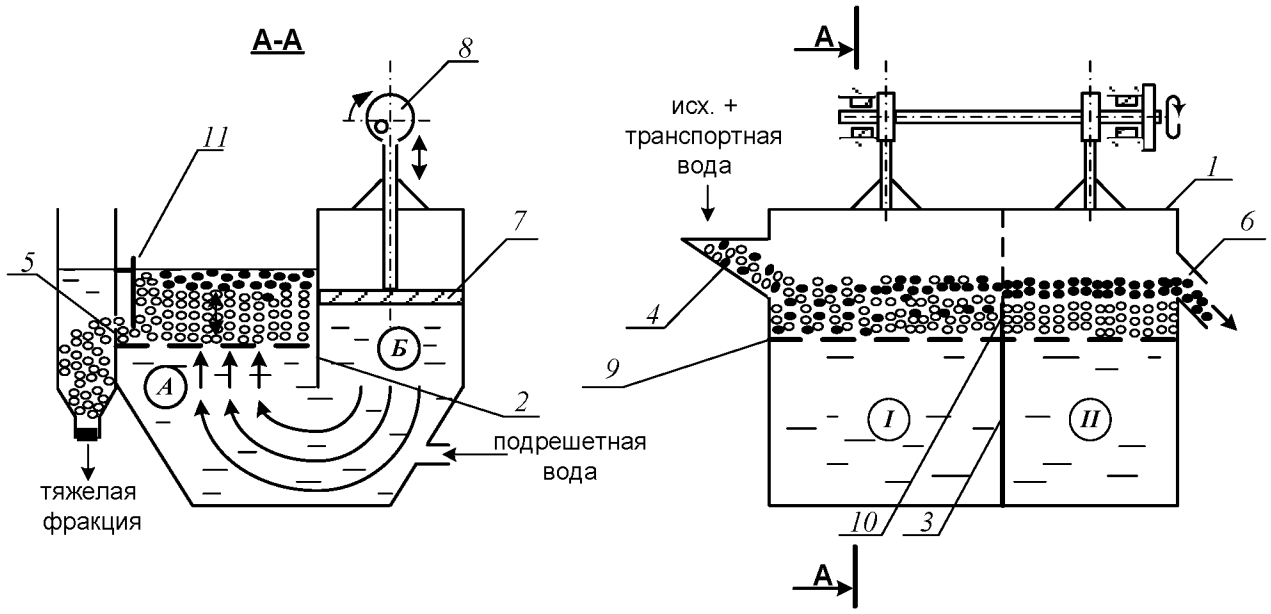


Рисунок 4.1 – Поршневая отсадочная машина

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 – перемещалась 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	$A^d_{исх}$	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.

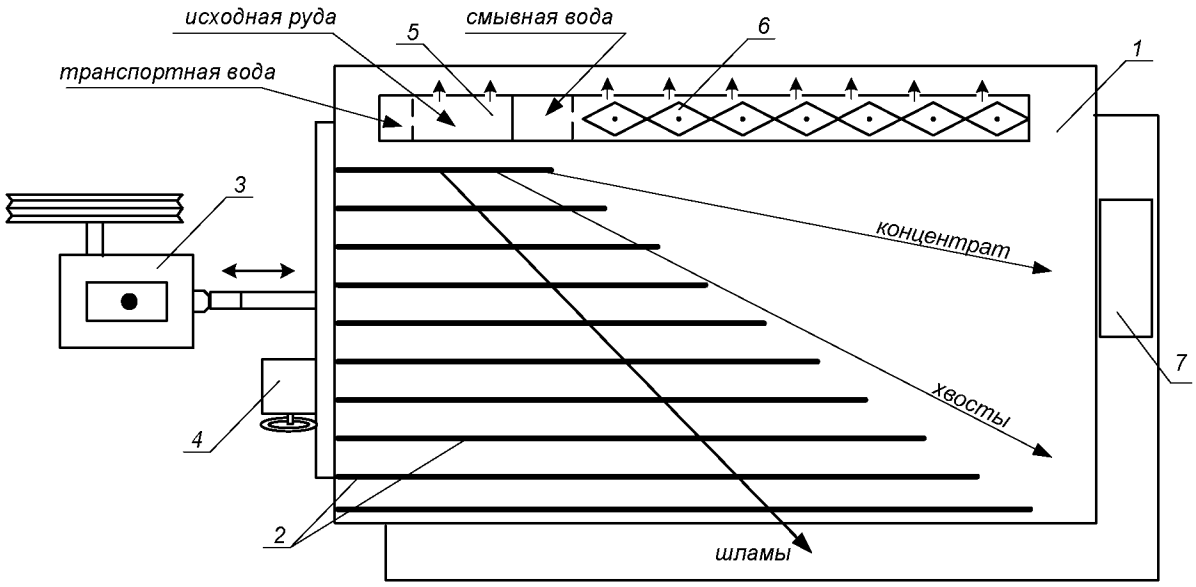


Рисунок 5.1 – Схема концентрационного стола

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;
- дешламационный 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/м^3	**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 рольгангов, 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.

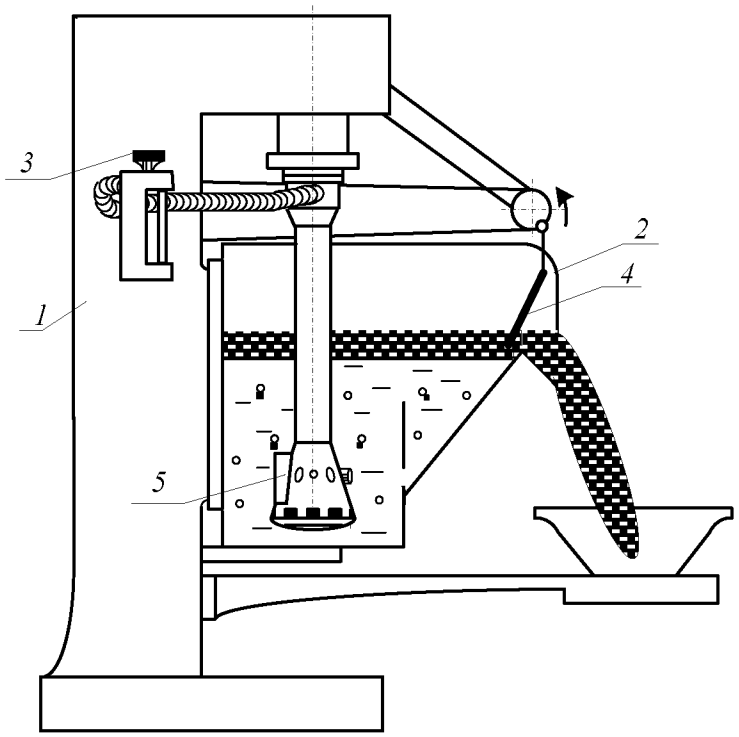


Рисунок 7.1 – Лабораторная флотационная машина

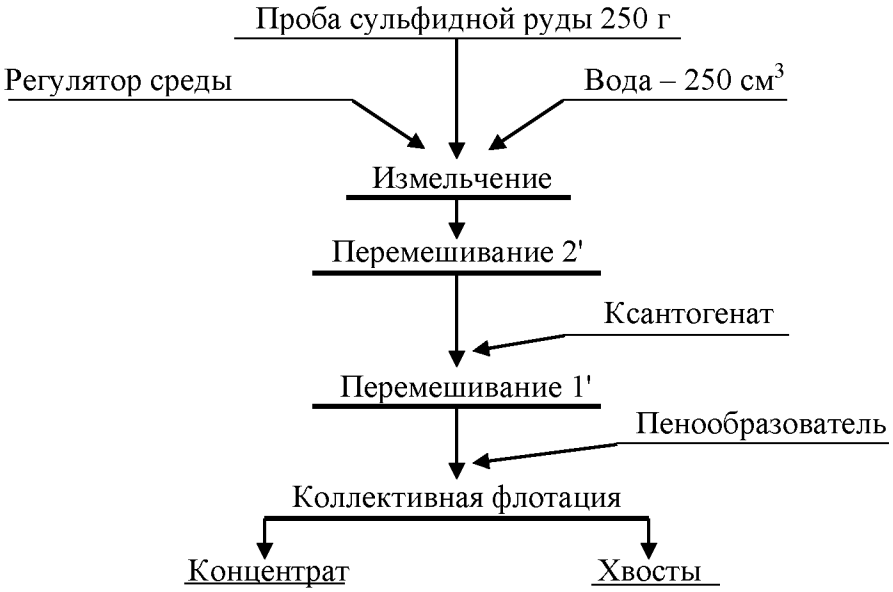


Рисунок 7.2 – Схема флотационного опыта

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 про-

мывалки, 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

$$X = \frac{100\text{ã} \cdot 250\ \text{ã}}{10^6\ \text{ã}} = \frac{2{,}5\ \text{ã}}{10^2} = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\,\text{ã}$$

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 – $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ г ксантогената

$$V = \frac{100\text{ñì}^{\ 3} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2}\,\text{ã}}{1\ \text{ã}} = 2{,}5\ \text{ñì}^{\ 3}$$

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.

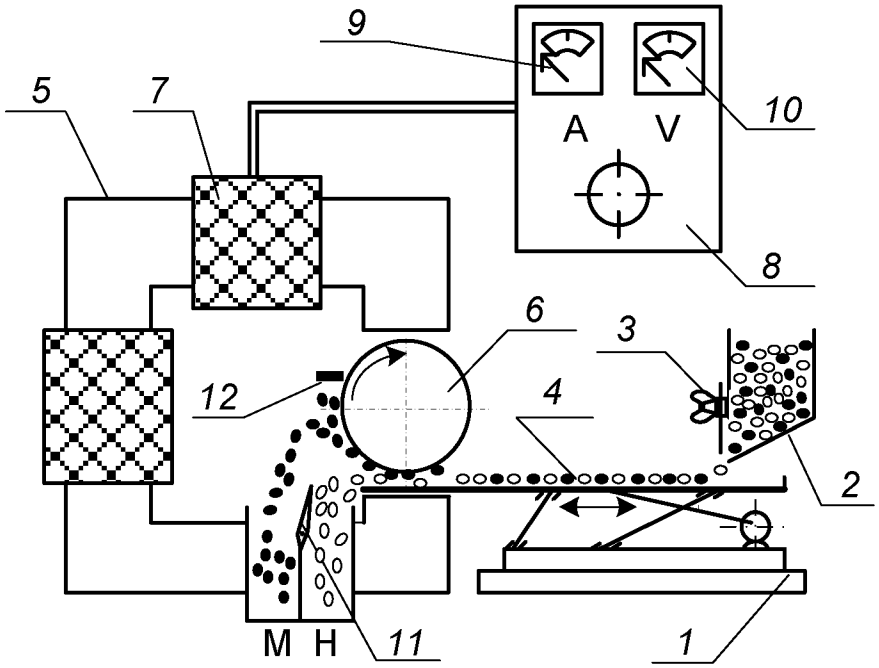


Рисунок 8.1 – Схема магнитного сепаратора

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.

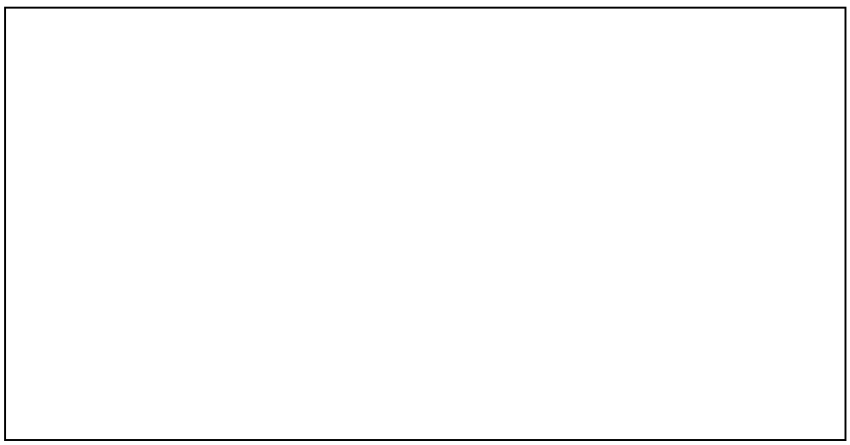


Рисунок 1 – Схема устройства оборудования:
1 – …; 2 – …

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.1.22 ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 3
Открытые горные работы

форма обучения: очная, заочная

Автор: Пелевин А. Е., проф., д.т.н.

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.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация № 3

«Открытые горные работы»

форма обучения: очная, заочная

Екатеринбург

Содержание

	Стр.
1.Общие положения …….	**3**
2. Требования к уровню освоения образовательной программы……	**4**
3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы	**4**
4. Виды самостоятельной работы …….	**5**
5. Организация СРС…….	**7**
6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы……	**17**
7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов……	**23**
8. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста…….	**27**
Список используемой литературы……	**28**

1. Общие положения

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Государственным стандартом предусматривается, как правило, 50% часов из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу студентов (далее СРС). В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Самостоятельная работа студентов - это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. Любой вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной активности студента связан с самостоятельной работой. В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа студентов – это средство вовлечения студента в самостоятельную познавательную деятельность, формирующую у него психологическую потребность в систематическом самообразовании.

Сущность самостоятельной работы студентов как специфической педагогической конструкции определяется особенностями поставленных в ней учебно-познавательных задач. Следовательно, самостоятельная работа – это не просто самостоятельная деятельность по усвоению учебного материала, а особая система условий обучения, организуемых преподавателем.

Основные задачи самостоятельной работы:

- развитие и привитие навыков студентам самостоятельной учебной работы и формирование потребностей в самообразовании;

- освоение содержания дисциплины в рамках тем, выносимых на самостоятельное изучение студента;

- осознание, углубление содержания и основных положений курса в ходе конспектирования материала на лекциях, отработки в ходе подготовки к семинарским и практическим занятиям;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий, при написании курсовых и дипломной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор - подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности.

2. Требования к уровню освоения образовательной программы «Картография»

Цель дисциплины: формирование научного и практического представления о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях; овладение навыков определения пространственно-геометрического положения объектов, выполнения необходимых геодезических и маркшейдерских измерений, обработки и интерпретации их результатов.

Место дисциплины в структуре ОПОП: Дисциплина **«Геодезия»** является дисциплиной базовой части Блока 1 «Дисциплины» учебного плана по направлению подготовки ***21.05.04 Горное дело***.

3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы

Среди них можно выделить следующие:

1. Полезность выполняемой работы. Если студент знает, что результаты его работы будут использованы в лекционном курсе, в методическом пособии, в лабораторном практикуме, при подготовке публикации или иным образом, то отношение к выполнению задания существенно меняется в лучшую сторону и качество выполняемой работы возрастает. При этом важно психологически настроить студента, показать ему, как необходима выполняемая работа.

Другим вариантом использования фактора полезности является активное применение результатов работы в профессиональной подготовке. Так, например, если студент получил задание на дипломную (квалификационную) работу на одном из младших курсов, он может выполнять самостоятельные задания по ряду дисциплин гуманитарного и социально-экономического, естественно-научного и общепрофессионального циклов дисциплин, которые затем войдут как разделы в его квалификационную работу.

Материальные стимулирующие факторы могут выражаться в надбавках к основной стипендии, номинированные на именные стипендии, участие в конкурсах научно-исследовательских работ, где в качестве приза могут выступать материальные поощрения.

2. Участие студентов в творческой деятельности. Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на кафедре.

3. Участие в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсах научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.

4. Использование мотивирующих факторов контроля знаний (накопительные оценки, рейтинг, тесты, нестандартные экзаменационные процедуры). Эти факторы при определенных условиях могут вызвать стремление к состязательности, что само по себе является сильным мотивационным фактором самосовершенствования студента.

5. Поощрение студентов за успехи в учебе и творческой деятельности (стипендии, премирование, поощрительные баллы) и санкции за плохую учебу. Например, за работу, сданную раньше срока, можно проставлять повышенную оценку, а в противном случае ее снижать.

6. Индивидуализация заданий, выполняемых как в аудитории, так и вне ее, постоянное их обновление.

7. Мотивационным фактором в интенсивной учебной работе и, в первую очередь, самостоятельной является личность преподавателя. Преподаватель может быть примером для студента как профессионал, как творческая личность. Преподаватель может и должен помочь студенту раскрыть свой творческий потенциал, определить перспективы своего внутреннего роста.

4. Виды самостоятельной работы

В образовательном процессе высшего профессионального образовательного учреждения выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.):

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

— формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);

— написание рефератов;

— подготовка к лабораторным работам, их оформление;

— выполнение микроисследований;

— подготовка практических разработок;

— выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;

— выполнение конкретного задания в период прохождения учебной практики;

— компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;

— подготовка докладов и презентаций для конкурсов НИРС и конкурсов профессионального мастерства;

— подготовка к контрольным мероприятиям, таким как текущий контроль знаний в виде проверочных тестов или расчетно-графических работ, зачетов, экзаменов;

— выполнение курсовой работы или проекта;

— подготовка выпускной квалификационной работы.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

— текущие консультации;

— прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);

— прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р);

— выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин (руководство, консультирование и защита курсовых работ (в часы, предусмотренные учебным планом);

— выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита УИРС);

— прохождение и оформление результатов практик (руководство и оценка уровня сформированности профессиональных умений и навыков);

— выполнение выпускной квалификационной работы (руководство, консультирование и защита выпускных квалификационных работ) и др.

5. Организация СРС

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий, семинаров, выполнении лабораторного практикума и во время чтения лекций.

При чтении лекционного курса непосредственно в аудитории контролируется усвоение материала основной массой студентов путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам, тестового контроля знаний, опроса студентов и т.д.

На практических и лабораторных занятиях различные виды СРС позволяют сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе.

На практических занятиях не менее 1 часа из двух (50% времени) отводится на самостоятельное решение задач. Лабораторные занятия строятся следующим образом:

1. Вводное слово преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).

2. Беглый опрос.

3. Решение 1-2 типовых задач.

4. Самостоятельное решение задач.

5. Проверка решения задач с обязательной работой над ошибками. Лабораторная или практическая работа считается выполненной при условии отсутствия ошибок.

Для проведения занятий необходимо иметь большой банк заданий и задач для самостоятельного решения, причем эти задания могут быть дифференцированы по степени сложности. В зависимости от дисциплины или от ее раздела можно использовать два пути:

1. Давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.

2. Выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.

По результатам самостоятельного решения задач следует выставлять по каждому занятию оценку.

При проведении лабораторных работ и учебных практик студенты могут выполнять СРС как индивидуально, так и малыми группами, каждая из которых разрабатывает свою задачу. Выполненная задача затем рецензируется преподавателем и членами бригады. Публичное обсуждение и защита своего варианта повышают роль СРС и усиливают стремление к ее качественному выполнению. Данная система организации практических занятий позволяет вводить в задачи научно-исследовательские элементы, упрощать или усложнять задания.

Активность работы студентов на обычных практических занятиях может быть усилена введением новой формы СРС, сущность которой состоит в том, что на каждую задачу студент получает свое индивидуальное задание (вариант), при этом условие задачи для всех студентов одинаковое, а исходные данные различны. Перед началом выполнения задачи преподаватель дает лишь общие методические указания (общий порядок решения, точность и единицы измерения определенных величин, имеющиеся справочные материалы и т.п.). Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем приучает студентов грамотно и правильно выполнять технические расчеты, пользоваться вычислительными средствами и справочными данными. Изучаемый материал усваивается более глубоко, у студентов меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении задачи. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

Выполнение лабораторного практикума, как и другие виды учебной деятельности, содержит много возможностей применения активных методов обучения и организации СРС на основе индивидуального подхода.

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может не носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряд работ целесообразно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала.

Разработка комплекса методического обеспечения учебного процесса является важнейшим условием эффективности самостоятельной работы студентов. К такому комплексу следует отнести тексты лекций, учебные и методические пособия, лабораторные практикумы, банки заданий и задач, сформулированных на основе реальных данных, банк расчетных, моделирующих, тренажерных программ и программ для самоконтроля, автоматизированные обучающие и контролирующие системы, информационные базы дисциплины или группы родственных дисциплин и другое. Это позволит организовать проблемное обучение, в котором студент является равноправным участником учебного процесса.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов ее контроля. Существуют следующие виды контроля:

- входной контроль знаний и умений студентов при начале изучения очередной дисциплины;

- текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях;

- промежуточный контроль по окончании изучения раздела или модуля курса;

- самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;

- итоговый контроль по дисциплине в виде зачета или экзамена;

- контроль остаточных знаний и умений спустя определенное время после завершения изучения дисциплины.

В последние годы наряду с традиционными формами контроля - коллоквиумами, зачетами, экзаменами достаточно широко вводятся новые методы, то есть организация самостоятельной работы студентов производится на основе современных образовательных технологий. В качестве такой технологии в современной практике высшего профессионального образования часто рассматривается рейтинговая система обучения, позволяющая студенту и преподавателю выступать в виде субъектов образовательной деятельности, т.е. являться партнерами.

Тестовый контроль знаний и умений студентов, который отличается объективностью, экономит время преподавателя, в значительной мере освобождает его от рутинной работы и позволяет в большей степени сосредоточиться на творческой части преподавания, обладает высокой степенью дифференциации испытуемых по уровню знаний и умений и очень

эффективен при реализации рейтинговых систем, дает возможность в значительной мере индивидуализировать процесс обучения путем подбора индивидуальных заданий для практических занятий, индивидуальной и самостоятельной работы, позволяет прогнозировать темпы и результативность обучения каждого студента.

Тестирование помогает преподавателю выявить структуру знаний студентов и на этой основе переоценить методические подходы к обучению по дисциплине, индивидуализировать процесс обучения. Весьма эффективно использование тестов непосредственно в процессе обучения, при самостоятельной работе студентов. В этом случае студент сам проверяет свои знания. Не ответив сразу на тестовое задание, студент получает подсказку, разъясняющую логику задания и выполняет его второй раз.

Следует отметить и все шире проникающие в учебный процесс автоматизированные обучающие и обучающе-контролирующие системы, которые позволяют студенту самостоятельно изучать ту или иную дисциплину и одновременно контролировать уровень усвоения материала.

Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы.

С первых же сентябрьских дней на студента обрушивается громадный объем информации, которую необходимо усвоить. Нужный материал содержится не только в лекциях (запомнить его – это только малая часть задачи), но и в учебниках, книгах, статьях. Порой возникает необходимость привлекать информационные ресурсы Интернет.

Система вузовского обучения подразумевает значительно большую самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности. Вчерашнему школьнику сделать это бывает весьма непросто: если в школе ежедневный контроль со стороны учителя заставлял постоянно и систематически готовиться к занятиям, то в вузе вопрос об уровне знаний вплотную встает перед студентом только в период сессии. Такая ситуация оборачивается для некоторых соблазном весь семестр посвятить свободному времяпрепровождению («когда будет нужно – выучу!»), а когда приходит пора экзаменов, материала, подлежащего усвоению, оказывается так много, что никакая память не способна с ним справиться в оставшийся промежуток времени.

Работа с книгой.

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. Первичное - эти внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятного олова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача вторичного чтения полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой. Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

• Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).

• Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).

• Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит очень сэкономить время).
• Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

• При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

•Естественно, все прочитанные книги, учебники и 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 – Ваша 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 для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

• Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

• «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

• Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае студент (или молодой ученый) будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько 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.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

— информационно-поисковый (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 научному тексту связано существование и нескольких ***видов чтения***:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. 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;

3. 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;

4. изучающее – предполагает досконального освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. 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 литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. 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.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. 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.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Выполняя самостоятельную работу под контролем преподавателя

студент должен:

– освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования (ГОС ВПО/ГОС СПО) по данной дисциплине.

– планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем.

– самостоятельную работу студент должен осуществлять в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой преподавателя.

– выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов.

студент может:

сверх предложенного преподавателем (при обосновании и согласовании с ним) и минимума обязательного содержания, определяемого ГОС ВПО/ГОС СПО по данной дисциплине:

– самостоятельно определять уровень (глубину) проработки содержания материала;

– предлагать дополнительные темы и вопросы для самостоятельной проработки;

– в рамках общего графика выполнения самостоятельной работы предлагать обоснованный индивидуальный график выполнения и отчетности по результатам самостоятельной работы;

– предлагать свои варианты организационных форм самостоятельной работы;

– использовать для самостоятельной работы методические пособия, учебные пособия, разработки сверх предложенного преподавателем перечня;

– использовать не только контроль, но и самоконтроль результатов самостоятельной работы в соответствии с методами самоконтроля, предложенными преподавателем или выбранными самостоятельно.

Самостоятельная работа студентов должна оказывать важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется студентом самостоятельно. Каждый студент самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием по каждой дисциплине. Он выполняет внеаудиторную работу по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и семинарских занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы зияний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;

б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение - это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма

продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Эффективность усвоения поступающей информации зависит от работоспособности человека в тот или иной момент его деятельности.

Работоспособность - способность человека к труду с высокой степенью напряженности в течение определенного времени. Различают внутренние и внешние факторы работоспособности.

К внутренним факторам работоспособности относятся интеллектуальные особенности, воля, состояние здоровья.

К внешним:

- организация рабочего места, режим труда и отдыха;
- уровень организации труда - умение получить справку и пользоваться информацией;
- величина умственной нагрузки.

Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский выделил следующие условия продуктивности умственной деятельности:

- во всякий труд нужно входить постепенно;
- мерность и ритм работы. Разным людям присущ более или менее разный темп работы;
- привычная последовательность и систематичность деятельности;
- правильное чередование труда и отдыха.

Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела. В течение дня работоспособность изменяется. Наиболее плодотворным является *утреннее время (с 8 до 14 часов),* причем

максимальная работоспособность приходится на период с 10 до 13 часов, затем *послеобеденное* - (с 16 до 19 часов) и *вечернее* (с 20 до 24 часов). Очень трудный для понимания материал лучше изучать в начале каждого отрезка времени (лучше всего утреннего) после хорошего отдыха. Через 1-1,5 часа нужны перерывы по 10 - 15 мин, через 3 - 4 часа работы отдых должен быть продолжительным - около часа.

Составной частью научной организации умственного труда является овладение техникой умственного труда.

Физически здоровый молодой человек, обладающий хорошей подготовкой и нормальными способностями, должен, будучи студентом, отдавать *учению 9-10 часов в день* (из них 6 часов в вузе и 3 - 4 часа дома). Любой предмет нельзя изучить за несколько дней перед экзаменом. Если студент в году работает систематически, то он быстро все вспомнит, восстановит забытое. Если же подготовка шла аврально, то у студента не будет даже общего представления о предмете, он забудет все сданное.

Следует взять за правило: *учиться ежедневно, начиная с первого дня семестра.*

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3 - 5 часов ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра, пропущенные дни будут потеряны безвозвратно, компенсировать их позднее усиленными занятиями без снижения качества работы и ее производительности невозможно. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха. Вначале для того, чтобы организовать ритмичную работу, требуется сознательное напряжение воли. Как только человек втянулся в работу, принуждение снижается, возникает привычка, работа становится потребностью.

Если порядок в работе и ее ритм установлены правильно, то студент изо дня в день может работать, не снижая своей производительности и не перегружая себя. Правильная смена одного вида работы другим позволяет отдыхать, не прекращая работы.

Таким образом, первая задача организации внеаудиторной самостоятельной работы – это составление расписания, которое должно отражать время занятий, их характер (теоретический курс, практические занятия, графические работы, чтение), перерывы на обед, ужин, отдых, сон, проезд и т.д. Расписание не предопределяет содержания работы, ее содержание неизбежно будет изменяться в течение семестра. Порядок же следует закрепить на весь семестр и приложить все усилия, чтобы поддерживать его неизменным (кроме исправления ошибок в планировании, которые могут возникнуть из-за недооценки объема работы или переоценки своих сил).

При однообразной работе человек утомляется больше, чем при работе разного характера. Однако не всегда целесообразно заниматься многими учебными дисциплинами в один и тот же день, так как при каждом переходе нужно вновь сосредоточить внимание, что может привести к потере времени. Наиболее целесообразно ежедневно работать не более чем над двумя-тремя дисциплинами.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (черчение, построение графиков и т.п.).

Самостоятельные занятия потребуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия

физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Самопроверка.

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Подготовка к экзаменам и зачетам.

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

Экзаменационная сессия - это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 3-4 дня. Не следует думать, что 3-4 дня достаточно для успешной подготовки к экзаменам.

В эти 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Во-первых, очень важно соблюдение режима дня; сон не менее 8 часов в сутки, занятия заканчиваются не позднее, чем за 2-3 часа до сна. Оптимальное время занятий, особенно по математике - утренние и дневные часы. В перерывах между занятиями рекомендуются прогулки на свежем воздухе, неутомительные занятия спортом. Во-вторых, наличие хороших собственных конспектов лекций. Даже в том случае, если была пропущена какая-либо лекция, необходимо во время ее восстановить (переписать ее на кафедре), обдумать, снять возникшие вопросы для того, чтобы запоминание материала было осознанным. В-третьих, при подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Здесь можно эффективно использовать листы опорных сигналов.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Правила подготовки к зачетам и экзаменам:

• Лучше сразу сориентироваться во всем материале и обязательно расположить весь материал согласно экзаменационным вопросам (или вопросам, обсуждаемым на семинарах), эта работа может занять много времени, но все остальное – это уже технические детали (главное – это ориентировка в материале!).

• Сама подготовка связана не только с «запоминанием». Подготовка также предполагает и переосмысление материала, и даже рассмотрение альтернативных идей.

• Готовить «шпаргалки» полезно, но пользоваться ими рискованно. Главный смысл подготовки «шпаргалок» – это систематизация и оптимизация знаний по данному предмету,

что само по себе прекрасно – это очень сложная и важная для студента работа, более сложная и важная, чем простое поглощение массы учебной информации. Если студент самостоятельно подготовил такие «шпаргалки», то, скорее всего, он и экзамены сдавать будет более уверенно, так как у него уже сформирована общая ориентировка в сложном материале.

• Как это ни парадоксально, но использование «шпаргалок» часто позволяет отвечающему студенту лучше демонстрировать свои познания (точнее – ориентировку в знаниях, что намного важнее знания «запомненного» и «тут же забытого» после сдачи экзамена).

• Сначала студент должен продемонстрировать, что он «усвоил» все, что требуется по программе обучения (или по программе данного преподавателя), и лишь после этого он вправе высказать иные, желательно аргументированные точки зрения.

7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов

Для нормальной самостоятельной работы студент должен быть обеспечен достаточным количеством учебных пособий разного вида. Чем более разнообразны учебные пособия, тем более успешна будет самостоятельная работа студента, так как каждый может выбрать себе учебное пособие по силам, по склонностям, по материальным возможностям. Должны быть пособия краткие и подробные, с неглубокими и глубокими теоретическими обоснованиями, теоретического и практического содержания. Нужны справочники, конспекты-справочники, учебники. Часть учебных пособий должна находиться в учебной студенческой библиотеке, часть пособий студент должен иметь возможность купить для личного пользования в книжном магазине учебного заведения. Основная часть учебных пособий должна быть в бумажном виде (книги, брошюры, чертежи и т.д.).

Наряду с ними нужно создавать, накапливать в учебных фондах и продавать учебные пособия электронного вида. Этот вид учебных пособий в обозримом будущем не может стать основным и вряд ли когда-нибудь станет. Это – вспомогательные, дополнительные учебные пособия, используемые в основном для заочного, дистанционного образования. Количество учебных пособий в учебном фонде библиотеки должно быть таким, чтобы каждый студент мог получить хотя бы один из рекомендованных учебников.

Многоуровневая система высшего образования должна предоставлять человеку условия для развития его потенциальных возможностей и наиболее полного удовлетворения потребности личности в самореализации. Поэтому на каждом из уровней подготовки самостоятельная работа студентов (СРС) есть обязательное условие, которое должно быть соблюдено для достижения проектируемых результатов обучения. Правильная (психологически и дидактически обоснованная) организация СРС при изучении каждой дисциплины – это один из основных педагогических путей развития и становления творческих качеств личности учащегося на каждом уровне обучения.

Из дидактики следует, что для непрерывного развития учащегося и становления его как творческой личности все элементы содержания образования (знания, умения и навыки, опыт творческой и оценочной деятельности), выделенные в рамках определенной дисциплины, должны быть им усвоены с установкой на перенос и активное использование. Поэтому на первом уровне обучения каждого студента по каждой учебной дисциплине нужно снабдить комплектом учебно-методических материалов, помогающих ему организовывать самостоятельную работу. В такой комплект обязательно должны входить: программа, адаптированная для студента; учебная литература (учебник, задачник, руководство по выполнению лабораторных работ); система заданий для самостоятельной работы студентов; методические указания по организации самостоятельной работы при выполнении заданий по разным видам занятий, включая и курсовые работы (проекты).

На втором и третьем уровнях обучения их следует снабдить методическими указаниями по выполнению выпускной работы, завершающей подготовку специалиста. Программа должна содержать: обоснование необходимости изучения дисциплины, написанное в убеждающей и понятной для студентов форме; четкую формулировку цели изучения и задач, которые должны быть решены для достижения общей цели; последовательность тем и разделов курса дисциплины, обязательных для данного направления подготовки; перечень видов деятельности, которые должен освоить студент, выполняя задания по дисциплине; перечни методологических и предметных знаний, общеобразовательных и специальных умений (с указанием уровня их усвоения), которыми необходимо овладеть в процессе изучения данной дисциплины; сроки и способы текущего, рубежного и итогового контроля уровня усвоения знаний сформированности умений.

Учебная литература по содержанию и последовательности представления материала должна соответствовать программе. Объем, научный уровень и стиль изложения должны

позволять каждому студенту самостоятельно усвоить приведенный в ней материал за время, отведенное на его изучение, и овладеть знаниями, умениями, видами деятельности, перечисленными в программе. Для обеспечения терминологической однозначности в системе знаний, усваиваемых студентом, каждое учебное пособие (или другой вид учебной литературы) должно содержать словарь основных терминов, используемых в нем.

Задания для самостоятельной работы должны быть конкретными. Их содержание, соответствуя программе, должно знакомить студентов с современными методами решения задач данной дисциплины.

Структура заданий должна соответствовать принципу доступности: от известного к неизвестному и от простого к сложному, а трудоемкость – времени, выделенному программой на самостоятельную работу по изучению данной темы. В заданиях следует указывать знания и умения, которыми должен овладеть студент по мере их выполнения. Кроме того, в них нужно включать вопросы для самоконтроля и взаимного контроля, тесты и контрольные вопросы для оценки и самооценки уровня усвоения знаний, сформированности умений.

Методические указания по организации СРС на каждом уровне обучения должны способствовать непрерывному развитию у них рациональных приемов познавательной деятельности в процессе изучения конкретных дисциплин. Основное назначение всех методических указаний – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, к полной замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем. Поэтому они должны содержать подробное описание рациональных приемов выполнения перечисленных видов деятельности, критериев оценки выполненных работ, а также рекомендации по эффективному использованию консультаций и по работе при подготовке и сдаче экзаменов.

Каждый из названных учебно-методических материалов влияет в большей степени на один из этапов усвоения знаний и видов деятельности, но одновременно способствует осуществлению других этапов и более полной реализации их задач.

Так, программа с четко выделенной целью и перечнем задач, влияющих на ее достижение, определяет мотивационный этап и способствует организации деятельности на всех остальных, указывая последовательность изучаемых разделов, сроки контроля. Учебная литература служит информационной основой, прежде всего для ориентировочного

этапа. В то же время работа с литературой усиливает мотивацию, если изложение материала по уровню сложности соответствует зоне ближайшего развития студента; помогает осуществлению исполнительского и контрольного этапов, если в ней указаны особенности выполнения заданий, даны контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы организуют исполнительский этап, задавая последовательность видов деятельности, необходимых для усвоения знаний и приобретения умений. Так как задания содержат средства контроля, то они определяют и контрольный этап.

Вопросы и задачи в заданиях требуют от студента не только воспроизведения знаний, но и проявления творчества, формируют и развивают его опыт творческой деятельности. Это расширяет основы мотивации, усиливает и укрепляет ее. В целом содержание и структура заданий, отвечающих перечисленным требованиям, позволяет регулярно занимающимся студентам получать удовлетворение от самостоятельно выполненной работы. Такой эмоциональный фон, в свою очередь, формирует положительное отношение к выполненному делу, а через него – и к изучаемой дисциплине.

Методические указания по организации СРС способствуют грамотному и рациональному осуществлению исполнительского этапа, обеспечивают контрольный этап. Для этого виды деятельности, активно используемые при изучении дисциплины, должны быть подробно описаны в указаниях с выделением последовательности действий и даже операций. В этом случае сами виды деятельности становятся предметом изучения, что дает верное направление ориентировочному этапу и, безусловно, усиливает мотивацию обучения. Работа студентов с такими методическими указаниями позволяет им уже при изучении общенаучных дисциплин усвоить полную и обобщенную ориентировочную основу для каждого из таких видов деятельности, как работа с литературой, проведение эксперимента, решение задач.

Таким образом, создание для каждой учебной дисциплины рассмотренного комплекта учебно-методических материалов обеспечивает обязательные этапы усвоения знаний, видов деятельности, опыта творчества, Снабжение таким комплектом каждого студента – необходимое условие полной реализации в процессе обучения всех возможностей СРС как вида познавательной деятельности, метода и средства учения и преподавания.

8. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста

Прогресс науки и техники, информационных технологий приводит к значительному увеличению научной информации, что предъявляет более высокие требования не только к моральным, нравственным свойствам человека, но и в особенности, постоянно возрастающие требования в области образования – обновление, модернизация общих и профессиональных знаний, умений специалиста.

Всякое образование должно выступать как динамический процесс, присущий человеку и продолжающийся всю его жизнь. Овладение научной мыслью и языком науки является необходимой составляющей в самоорганизации будущего специалиста исследователя. Под этим понимается не столько накопление знаний, сколько овладение научно обоснованными способами их приобретения. В этом, вообще говоря, состоит основная задача вуза.

Специфика вузовского учебного процесса, в организации которого самостоятельной работе студента отводятся все больше места, состоит в том, что он является как будто бы последним и самым адекватным звеном для реализации этой задачи. Ибо во время учебы в вузе происходит выработка стиля, навыков учебной (познавательной) деятельности, рациональный характер которых будет способствовать постоянному обновлению знаний высококвалифицированного выпускника вуза.

Однако до этом пути существуют определенные трудности, в частности, переход студента от синтетического процесса обучения в средней школе, к аналитическому в высшей. Это связано как с новым содержанием обучения (расширение общего образования и углубление профессиональной подготовки), так и с новыми, неизвестными до сих пор формами: обучения (лекции, семинары, лабораторные занятия и т.д.). Студент получает не только знания, предусмотренные программой и учебными пособиями, но он также должен познакомиться со способами приобретения знаний так, чтобы суметь оценить, что мы знаем, откуда мы это знаем и как этого знания мы достигли. Ко всему этому приходят через собственную самостоятельную работу.

Это и потому, что самостоятельно приобретенные знания являются более оперативными, они становятся личной собственностью, а также мотивом поведения, развивают интеллектуальные черты, внимание, наблюдательность, критичность, умение

оценивать. Роль преподавателя в основном заключается в руководстве накопления знаний (по отношению к первокурсникам), а в последующие годы учебы, на старших курсах, в совместном установлении проблем и заботе о самостоятельных поисках студента, а также контролирования за их деятельностью. Отметим, что нельзя ограничиваться только приобретением знаний предусмотренных программой изучаемой дисциплины, надо постоянно углублять полученные знания, сосредотачивая их на какой-нибудь узкой определенной области, соответствующей интересам студента. Углубленное изучение всех предметов, предусмотренных программой, на практике является возможным, и хорошая организация работы позволяет экономить время, что создает условия для глубокого, систематического, заинтересованного изучения самостоятельно выбранной студентом темы.

Конечно, все советы, примеры, рекомендации в этой области, даваемые преподавателем, или определенными публикациями, или другими источниками, не гарантируют никакого успеха без проявления собственной активности в этом деле, т.е. они не дают готовых рецептов, а должны способствовать анализу собственной работы, ее целей, организации в соответствии с индивидуальными особенностями. Учитывая личные возможности, существующие условия жизни и работы, навыки, на основе этих рекомендаций, возможно, выработать индивидуально обоснованную совокупность методов, способов, найти свой стиль или усовершенствовать его, чтобы изучив определенный материал, иметь время оценить его значимость, пригодность и возможности его применения, чтобы, в конечном счете, обеспечить успешность своей учебе с будущей профессиональной деятельности.

Список используемой литературы

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ направление подготовки бакалавриата 05.03.06 Экология и природопользование
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы./ ГОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова». 2010г

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Направление подготовки/ специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация №3 ***" Открытые горные работы"***

квалификация выпускника: **специалист**

форма обучения: очная, заочная

Автор: Горшков Э.В., доцент, к.т.н.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..…….5

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…6

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ…… 10

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ
…….....11

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……..……..13

ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ……...13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..14

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 «Эксплуатация карьерного оборудования» 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 *зачета*.

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 «Эксплуатация карьерного оборудования» 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 занятиям;
- подготовка к тестированию;
- подготовка контрольной работы;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

ТЕМА 1: Виды разрушения деталей машин.

1.Какова специфика работы машин в условиях горного производства*?*
2.Основные причины приводящие к потере работоспособности машин?
2. Какие виды трения и износов Вы знаете*?*
3.Меры борьбы с износами деталей?
4.Причины поломок деталей горных машин?
5.Меры борьбы с деформациями и изломами деталей горного оборудования?
6.Какие признаки выбраковки деталей Вы знаете?
7.Какие методы контроля дефектов деталей применяются при проведении ремонтов на ремонтных базах?
8.Какие средства контроля размеров, формы и взаимного расположения деталей ВЫ знаете?
9.Какие методы не разрушающего контроля находят наибольшее распространение при ремонтах горного оборудования?
10.Сущность дефектации и сортировки деталей

.

ТЕМА 2: Системы и методы ремонта горных машин.

1. Какие системы ремонта машин находят применение на ремонтных предприятиях горной отрасли*?*
2. Какие методы ремонта машин Вы знаете*?*
3.Какие стратегии ремонта оборудования применяются на горнодобывающих предприятиях?
4.Основные элементы системы ППР?
5. Структура ремонтного цикла и формы ее представления.?
6.Существующая система планирования ремонтных работ в горном производстве?
7. Методика расчета графика ППР на планируемый период.
8.Определение трудоемкости ремонтных работ на годовую программу?
9.Расчет штатов ремонтного персонала на парк оборудования?

10. Пути совершенствования системы ППР на ремонтных базах и в полевых условиях.

Тема 3: Ремонт и техобслуживание горных машин.

1. В чем заключается организационная подготовка ремонта?

2.Что включает в себя конструкторская подготовка ремонтных работ?

3.Из чего состоит технологическая подготовка ремонта горного оборудования?

4.Построение линейных графиков ремонта.

5.Кем разрабатываются сетевые графики ремонта машин?

6. Что включают в себя и что дают ремонтному производству сетевые графики ремонта?

7. Классификация и общая характеристика способов восстановления деталей машин?

6. Выбор способа восстановления деталей по технологическому, долговечностному и технико-экономическому критерию?

7.Назовите основные эксплуатационные документы, применяемые для горного оборудования?

8.Руководящие материалы, входящие в состав ремонтной документации?

9.Где и каким образом организовано техническое обслуживание карьерного оборудования?

10.Цели, задачи и состав электромеханической службы карьеров?

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 К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на практическом занятии. Следовательно, работа на практическом занятии направлена не только на познание студентом конкретных явлений внешнего мира, но и на изменение самого себя. Второй результат очень важен, поскольку он обеспечивает формирование таких общекультурных компетенций, как способность к самоорганизации и самообразованию, способность использовать методы сбора, обработки и интерпретации комплексной информации для решения организационно-управленческих задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности студента. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. В ходе самого практического занятия обучающиеся выполняют задания и делают выводы по выполненному практическому заданию.

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на 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 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольная работа – это письменная работа, выполняемая студентами самостоятельно, преимущественно по общим математическим и естественно-научным, а также специальным дисциплинам, в которой, как правило, решаются конкретные задачи.

Цель контрольной работы – оценка качества усвоения студентами отдельных, наиболее важных разделов, тем и проблем изучаемой дисциплины, умения решать конкретные теоретические и практические задачи.

Контрольная работа, как правило, имеет аналитическую или описательную части, может решать проблемные ситуации путем проведения численного моделирования или расчетов, в том числе с использованием ПК. По типу они могут иметь характер задач, расчётов, алгоритмов, программ и т.п.

Контрольные работы выполняются студентами самостоятельно в соответствие с учебным планом.

Структура контрольной работы зависит от специфики изучаемой дисциплины. В общем виде контрольная работа должна содержать: титульный лист, введение, основную часть и заключение.

Во введении приводится формулировка контрольного задания, кратко излагается цель контрольной работы, место и роль рассматриваемого вопроса (проблемы) в изучаемой учебной дисциплине.

Основная часть контрольной работы должна, как правило, содержать основные определения, обоснования и доказательства, описание методики расчёта (формулы), а также иметь ссылки на используемые источники информации. Материал работы и ее отдельные положения должны быть взаимосвязаны. Основная часть может также включать анализ теории вопроса по теме контрольной работы. Здесь же приводятся исходные данные и значения параметров в соответствии с заданием на контрольную работу. После этого излагается ход рассуждений, описывается последовательность расчётов, приводятся промежуточные доказательства и результаты решения всей поставленной задачи.

В заключении формулируются краткие выводы по выполненной контрольной работе, а в её конце приводится список использованных источников информации.

Контрольные работы обучающихся выполняются согласно учебному графику и сдаются преподавателю за месяц до защиты контрольной работы. Преподаватель делает отметку о приеме работы в графике сдачи контрольных работ.

Ведущий преподаватель после проверки на титульном листе ставит оценку («зачтено» или «не зачтено») и подписывается. Выявленные в ходе проверки преподавателем замечания фиксируются на полях работы. Контрольные работы, выполненные с нарушением установленных требований, а также их ксерокопии к рассмотрению не принимаются.

Типичными ошибками, допускаемыми обучающихся при подготовке контрольной работы, являются:

– содержание работы не соответствует цели и поставленным задачам контрольной работы;

– нарушение требований к оформлению контрольной работы;

– использование информации без ссылок на источник;

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «Эксплуатация карьерного оборудования» 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 «Эксплуатация карьерного оборудования».

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 *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные гра-

фические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (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 *зачету* 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 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

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-технологического факультета

«_____» _____ 2019 г.

Председатель комиссии

_____ ст.преп. Н. В. Колчина

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»

Издание УГГУ

Екатеринбург, 2019

Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

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» / А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 65 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов, выполнению контрольных и практических заданий всех специализаций специальности 21.05.04 «Горное дело» по курсу «Технология и безопасность взрывных работ».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Петрушин А.Г., Азанов М.А.,
© Прищепа Д. В.

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 заданий; 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 полдачи 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 названию 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 спопобом.
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 окисел.

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 (%)

$$K_б = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2}\right)\right] \cdot 16}{M_{BB}} 100\%, \quad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода; M_{BB} – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \quad (1.3)$$

нулевой кислородный баланс;

при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

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,

$$K_6 = \frac{\left[6 - \left(2 \cdot 7 + \frac{5}{2}\right)\right] \cdot 16}{227} 100\% = -74\%.$$

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 выделятся 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 па основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[КБ_{DT}]}{[КБ_{АС}]},$$

где $КБ_{DT}$ – 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 пулевым 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 $x \approx 21\%$ 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 $C_{16}H_{34}$ (относительная молекулярная масса 226); 8% алюминиевой пудры А1 (относительная молекулярная масса — 27).

Обозначив число молей солярового масла x, аммиачной селитры y, алюминиевой пудры z, можно написать химическую формулу в виде

$$y NH_4NO_3 + x\ C_{16}H_{34} + z\ Al.$$

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

$$83{,}9\ NH_4NO_3 + C_{16}H_{34} + 22{,}4\ Al.$$

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:

$$-dE = dQ + pdV. \quad (2.1)$$

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.

$$-dE = pdV = dA. \quad (2.2)$$

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:

$$A_и = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{взр} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

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 $pV' = const$, пользуясь уравнением Клайперона $(PV'=RT)$, получаем

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}} \quad (2.4)$$

Окончательно получаем

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right); \quad (2.7)$$

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;

$y = Cp/Cv$ – показатель адиабаты.

Эти же формулы могут быть использованы для расчета A_u конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе (P_2 = 1,01·10^{5}Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{пв}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_u = Q_{взр} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина $q_T = Q_{\text{взр}} - A_u = C_{v2} * T_2$ - 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

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}}, \tag{2.10}$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}, \tag{2.11}$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности (A_u) и полного термодинамического КПД (П) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты, $y = Cp/Cv$. Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то y = 1,25. Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то y = 1,2. Величина y снижается (соответственно снижается A_u и η), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl, $A1_2O_3$ и др.). В этих случаях y = 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:

$V_{пв}$= 0,86 м^3/кг,

$Q_{взр}$ = 4300кДж/кг;

$T_{взр}$=2600° К.

Для расчета показатель адиабаты принимается y=1,25. Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1{,}01*10^5*0{,}86*2600*900}{273*(1-0{,}001*0{,}86*900)} = 3{,}3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_u = Q_{\text{взр}}\left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right) = 4300 * \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{3{,}3 * 10^9}\right)^{\frac{1{,}25-1}{1{,}25}}\right) = 3762{,}2\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}} = \frac{3762{,}2}{4300} = 0{,}875$$

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):

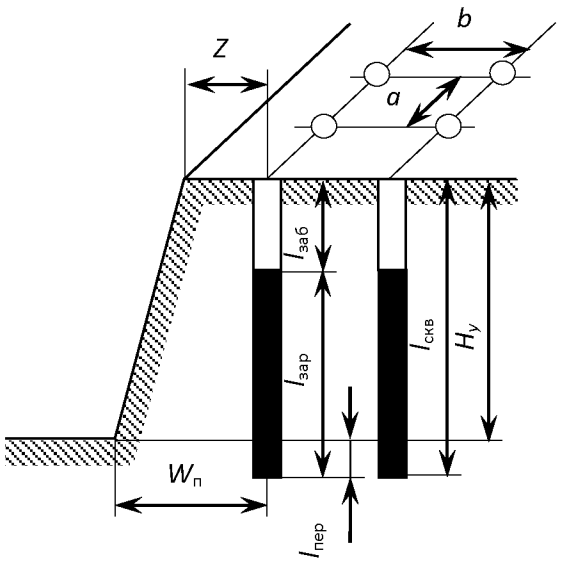


Рис. 3.1. Схема расположения скважин на уступе

$H_у$ – высота уступа, м;
$W_п$ – линия сопротивления по подошве (ЛСПП);
a – расстояние между скважинами, м;
b – расстояние между рядами скважин, м;
Z – безопасное 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:

$$q_р = q_э \cdot e \cdot k_d \cdot \frac{\rho_{гп}}{2{,}6}, \qquad (3.1)$$

где $q_э$ – эталонный расход Граммонита 79/21, кг/м^3;

e – коэффициент относительной работоспособности ВВ, определяемый по формуле

$$e = A_{эт} / A_{ВВ}, \qquad (3.2)$$

$A_{эт}$ = 3560 кДж/кг - идеальная работа взрыва эталонного ВВ (Граммонит 79/21);

$A_{ВВ}$ – идеальная работа взрыва принятого ВВ, кДж/кг;

k_d - поправочный коэффициент на кондиционный размер куска;

$\rho_{гп}$ – 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:

$$W_{min} < W_п. \tag{3.7}$$

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:

$$l_{\text{заб}} = (20 \div 35) \cdot d_{\text{скв}} \qquad (3.9)$$

Глубина скважины:

$$l_{\text{скв}} = H_{\text{у}} + l_{\text{пер}} \qquad (3.10)$$

Расстояние между скважинами в ряду:

$$a = mW_{\text{п}}, \qquad (3.11)$$

где m = 0,8 – 1,4 - коэффициент сближения скважин; меньшее значение m принимается для крепких пород.

Расстояние между рядами скважин:

$$b = (0{,}9\text{-}1{,}0)W_{\text{п}}. \qquad (3.12)$$

Масса заряда в скважине:

$$Q = q_{\text{р}} \cdot a \cdot W_{\text{п}} \cdot H_{\text{у}} \qquad (3.13)$$

Длина заряда:

$$l_{\text{зар}} = \frac{Q}{P}. \qquad (3.14)$$

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:

$$r_{разл} = 1250 \cdot h_З \cdot \sqrt{\frac{f}{1 + h_{заб}} \cdot \frac{d}{a}} \qquad (4.1)$$

где $h_з$ – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом, определяемый по формуле

$$h_З = \frac{l_{зар}}{l_c}, \qquad (4.2)$$

$l_{зар}$ – длина заряда ВВ, м;

$l_{зар}$ – глубина скважины, м;

f – коэффициент крепости горных пород;

$h_з$ – коэффициент заполнения скважины забойкой:

$$h_З = \frac{l_{заб}}{l_н}, \qquad (4.3)$$

$l_{зар}$ – длина забойки, м;

$l_н$ – 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 Граммонит 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 водораспыления	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/м^3	Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг	Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м^3	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
Ионит	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	1,0	5,0	0,5-0,75	Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам
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				
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 ДША, 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-Ш 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-Ш 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, м^2	
	менее 6	более 6
Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла	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 вмещающими 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 м^2) 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:

$$h_{вр} = 0{,}25B\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} - 0{,}3, \qquad (5.2)$$

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 $h_{вр}$, 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

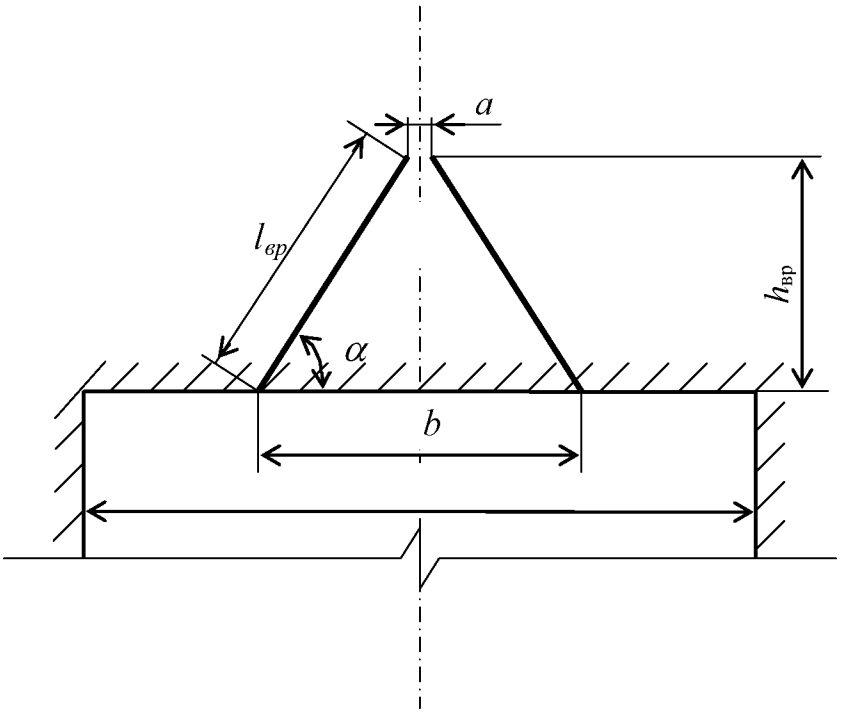


Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

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:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \tag{5.4}$$

где α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \mathrm{tg}\, \alpha + a, \tag{5.5}$$

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 электросвёрлами 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.

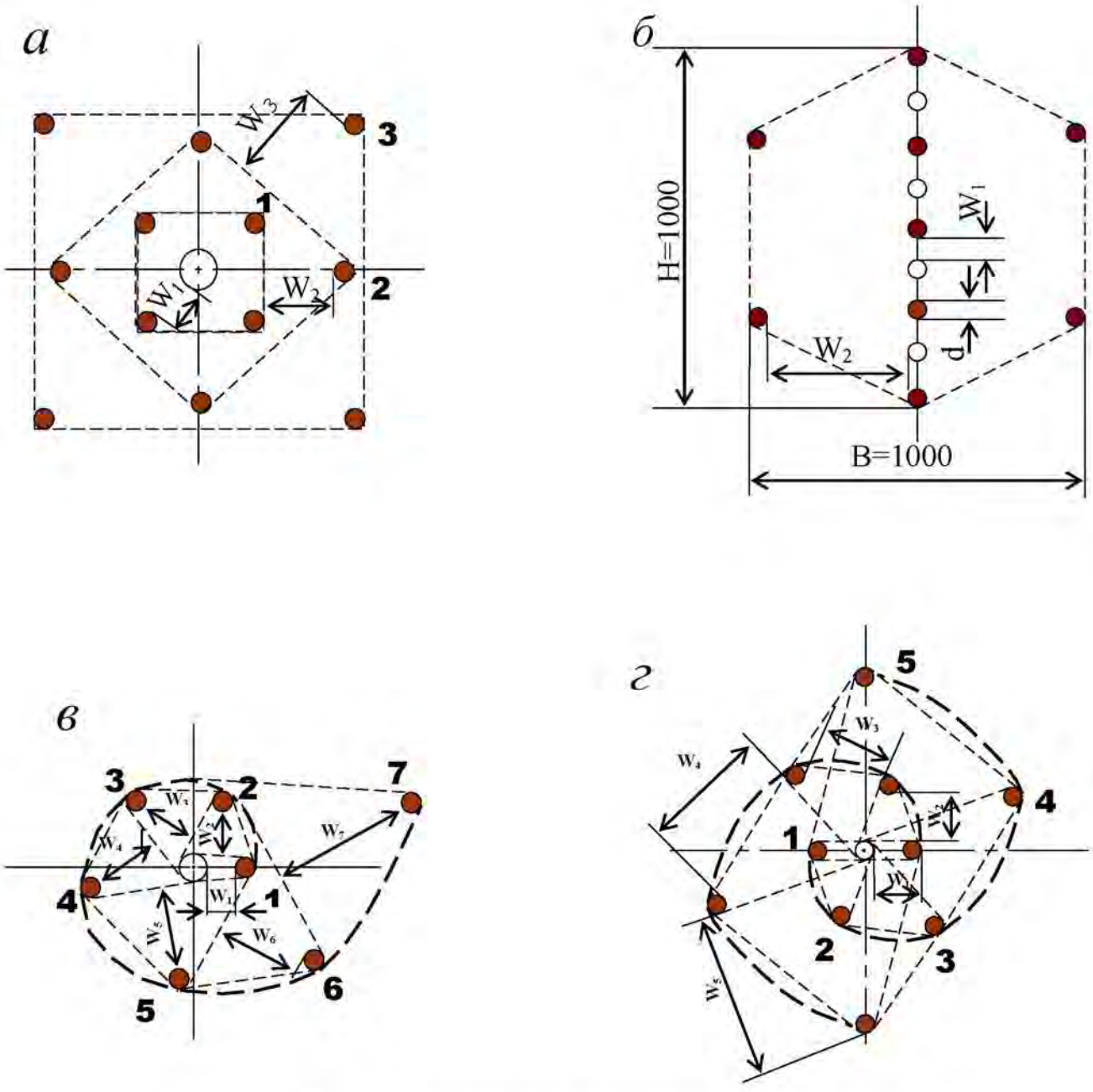


Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:
а – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

Таблица 5.8

Пробивные расстояния W_1, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, 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. 3.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 + D_x + d), \qquad (5.6)$$

где W_1 – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 5.7);

D_x – 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_x, 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

$$e = \frac{Q_{\text{ид}} \cdot \rho}{Q_{\text{ид.э}} \cdot \rho_{\text{э}}}, \tag{5.10}$$

где $Q_{\text{ид}}$, $Q_{\text{ид.э}}$ – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

ρ, $\rho_{\text{э}}$ – 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

$$v = \frac{6{,}5}{\sqrt{S_{\text{вч}}}}, \tag{5.11}$$

где $S_{\text{вч}}$ – 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 (дробящие) 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 v = 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 ударного-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

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \qquad (5.12)$$

где q – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м^3;

$S_{вч}$ – 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

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \qquad (5.14)$$

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

$$N = N_{вр} + q \cdot (S_{вч} – S_{вр})/\gamma, \qquad (5.15)$$

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**

$$q''_{ср} = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}}. \qquad (5.20)$$

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

$$Q_м = Q_ф / (l_{шп}\, \eta)\,, \qquad (5.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр}\, l_{шп}\, \eta, \qquad (5.26)$$

где $S_{пр} = S_{вч} \cdot КИС$ – сечение выработки в проходке, м^2, которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 5.14.

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м^3 взорванной породы

$$q_р = Q_ф / Q_{гм}. \quad (5.27)$$

Таблица 5.14

Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом

Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м^2	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:

$$N_м = N_{кд} /(l_{шп}\, \eta). \quad (5.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м^3 взорванной породы:

$$N_р = N_{кд} /(S_{пр}\, l_{шп}\, \eta). \quad (5.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{увт} = l_{шт} + B / 4 + 0{,}5, \quad (5.30)$$

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) КВП-2/200М (РН)	 600 1700	 2 2,5	 320 1700	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли
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

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.32}$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.33}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.34}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.35}$$

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;

$I_{\text{гар}}$ – 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:

$$R_{\text{общ}} = r_{\text{п}} + r_{\text{с}}L_{\text{с}} + r_{\text{м}}L_{\text{м}}, \tag{5.36}$$

где $r_{\text{с}}$, $r_{\text{м}}$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (5.31));

$L_{\text{с}}$, $L_{\text{м}}$ – 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 м провода, Ом/м
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 $i < I_{\text{гар}}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + R}, \tag{5.37}$$

$$m = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + r}. \tag{5.38}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, 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 пневмосвёрлами, 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 электросвёрла ЭРП18Д-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 электросвёрла, 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 электросвёрл 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, м^2		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 Bomer 104S	Rocket Bomer 282S
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, м^2		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 м^2.

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	Коэффициент использования шпуров	-	
2	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	Расход ВВ на цикл	кг	
9	Расход ВВ на 1 метр выработки	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_____

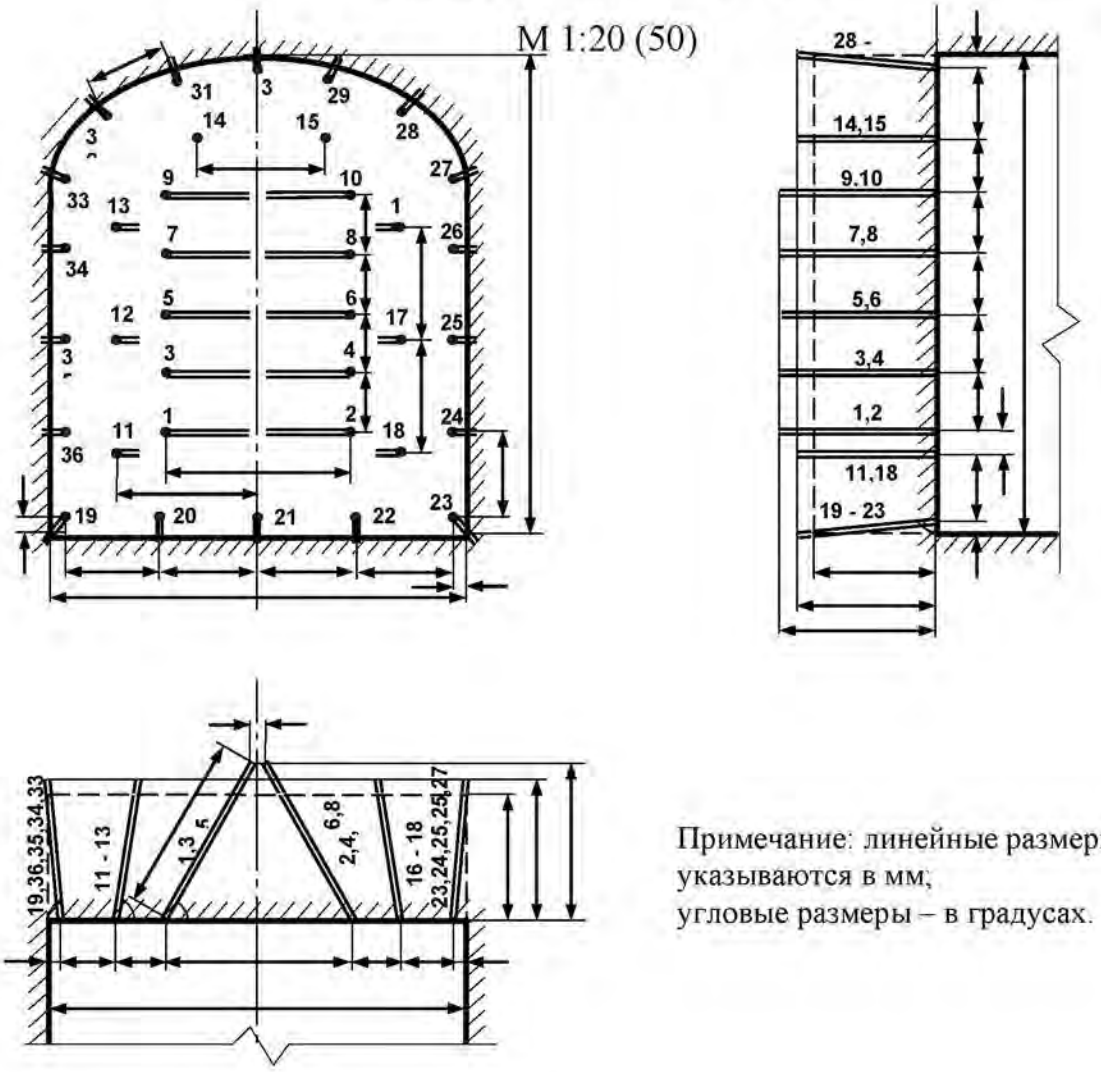
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва_____

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

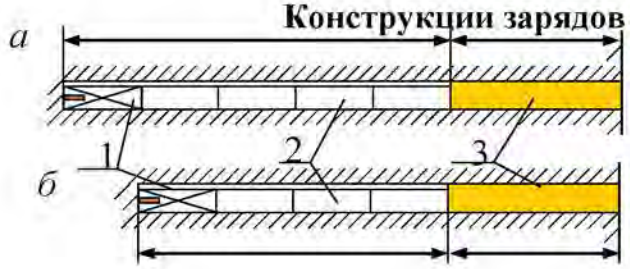
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

Схема расположения шпуров



Примечание: линейные размеры указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

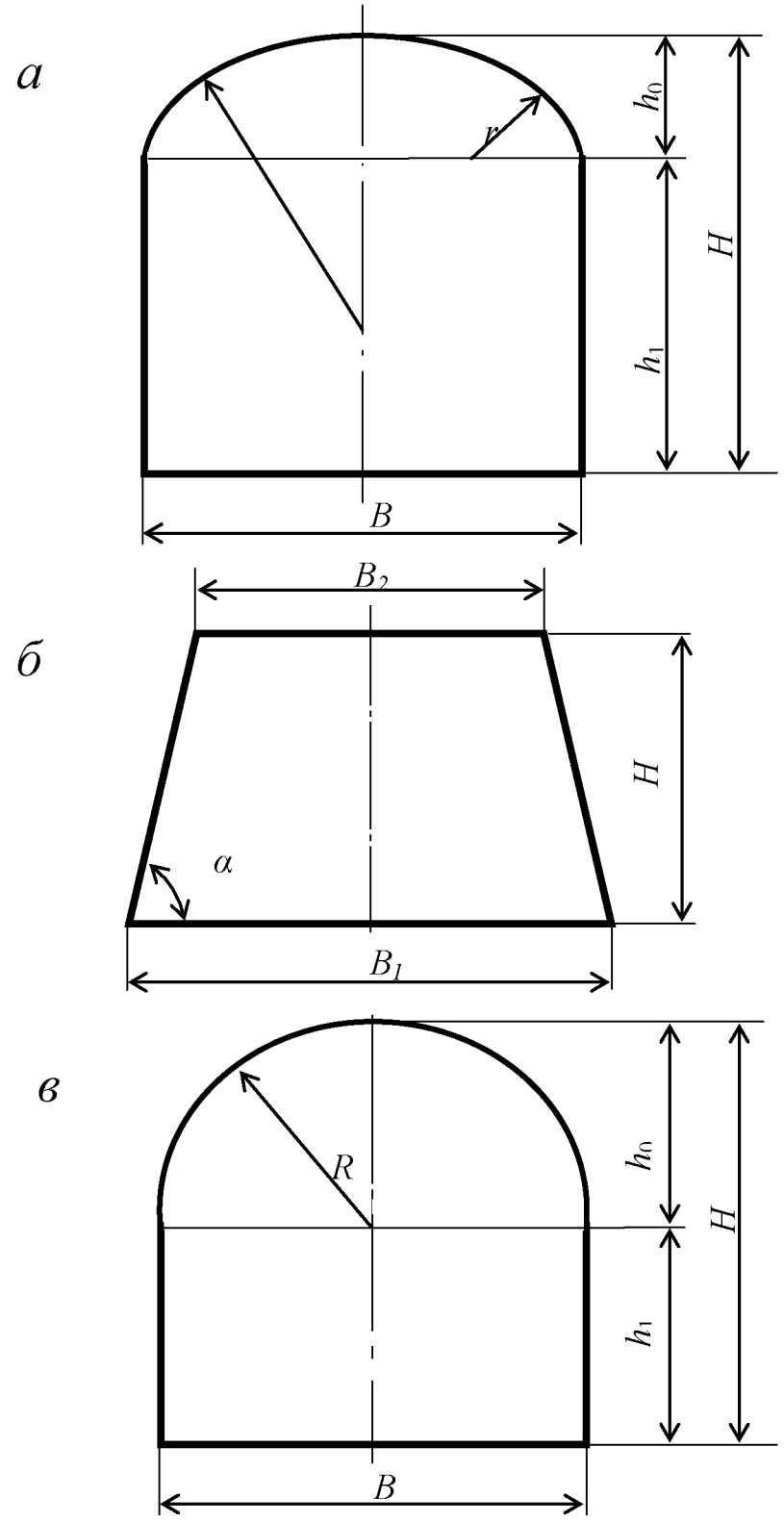
Конструкции зарядов



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



$h_0 = B / 3;$
$h_1 = B - h_0;$
$R = 0{,}694\ B;$
$R = 0{,}262\ B.$

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. П4.1. 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	$\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$	$B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$
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.: ГосНИП «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
Прищепа 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. Прищепа*

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»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Исаков С.В., к.т.н.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

Контрольная работа №1 3
Контрольная работа №2 4
Варианты заданий 7

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Задание: Определить расчетные характеристики породного комплекса.

Методика расчетов:

1. Расчетный коэффициент сцепления пород ($k_р$):

$$k_р = \frac{k_м}{\eta}, \qquad (1.1)$$

где η – коэффициент запаса устойчивости.
$k_м$ – коэффициент сцепления пород в массиве

$$k_м = k \cdot \lambda, \text{ кПа} \qquad (1.2)$$

где λ – параметр, характеризующий степень отличия прочности породного массива от прочности образца горной породы

2. Расчетное значение угла внутреннего трения:

$$\rho_р = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right). \qquad (1.3)$$

где ρ – угол внутреннего трения (градусы)

Пример расчета:

$$k_р = \frac{k_м}{\eta} = \frac{70,7}{1,2} = 58,92 \text{ кг/м}^2;$$

$$\rho_р = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right) = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}33°}{1,2}\right) = \text{arctg}\left(\frac{0,65}{1,2}\right) = 28,4°.$$

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Задание: Рассчитать устойчивый угол для данного породного комплекса

Методика расчетов:

1. Определяем высоту щели вертикального отрыва (H_{90})

$$H_{90} = \frac{2k_{\text{р}} \cdot \text{ctg}(45° - \rho_{\text{р}}/2)}{\psi}, \text{м} \qquad (2.1)$$

где ψ – удельный вес горной породы, кН;

$k_{\text{р}}$ – расчетный коэффициент сцепления пород, кПа;

$\rho_{\text{р}}$ – расчетное значение угла внутреннего трения, градусы.

2. Определяем условную высоту откоса (H')

$$H' = \frac{H_{\text{у}}}{H_{90}} \qquad (2.2)$$

где H_y – высота участка борта или уступа, м.

3. Используя справочные данные или графические зависимости устойчивого угла борта (α) от расчетного угла внутреннего трения ($\rho_{\text{р}}$) и полученной условной высоты откоса (H'), определяем устойчивый угол борта карьера.

Таблица 1 – Значения устойчивых углов откоса плоского борта карьера

Условная высота откоса (H')	Углы откоса борта при расчете			
	20	25	30	35
1,0	90,0	90,0	90,0	90,0
1,5	83,0	84,0	84,5	85,0
2,0	75,8	77,3	78,1	79,6
2,5	68,2	71,0	72,5	74,4
3,0	61,8	65,2	68,0	70,2
3,5	56,3	60,2	64,0	66,5
4,0	51,3	56,0	60,1	63,6
5,0	44,0	49,6	53,6	58,5
6,0	39,1	45,0	50,0	54,8
7,0	36,8	41,9	47,1	52,2
8,0	33,6	39,6	45,2	50,2
9,0	31,7	38,0	43,9	48,6
10,0	30,3	36,8	42,6	47,4
11,0	29,7	36,7	41,6	46,4
12,0	29,0	36,0	40,7	45,6
18,0	26,2	32,3	37,7	42,7
20,0	25,5	31,7	37,1	42,1
24,0	24,7	30,3	36,5	40,9
28,0	–	29,7	35,7	40,3

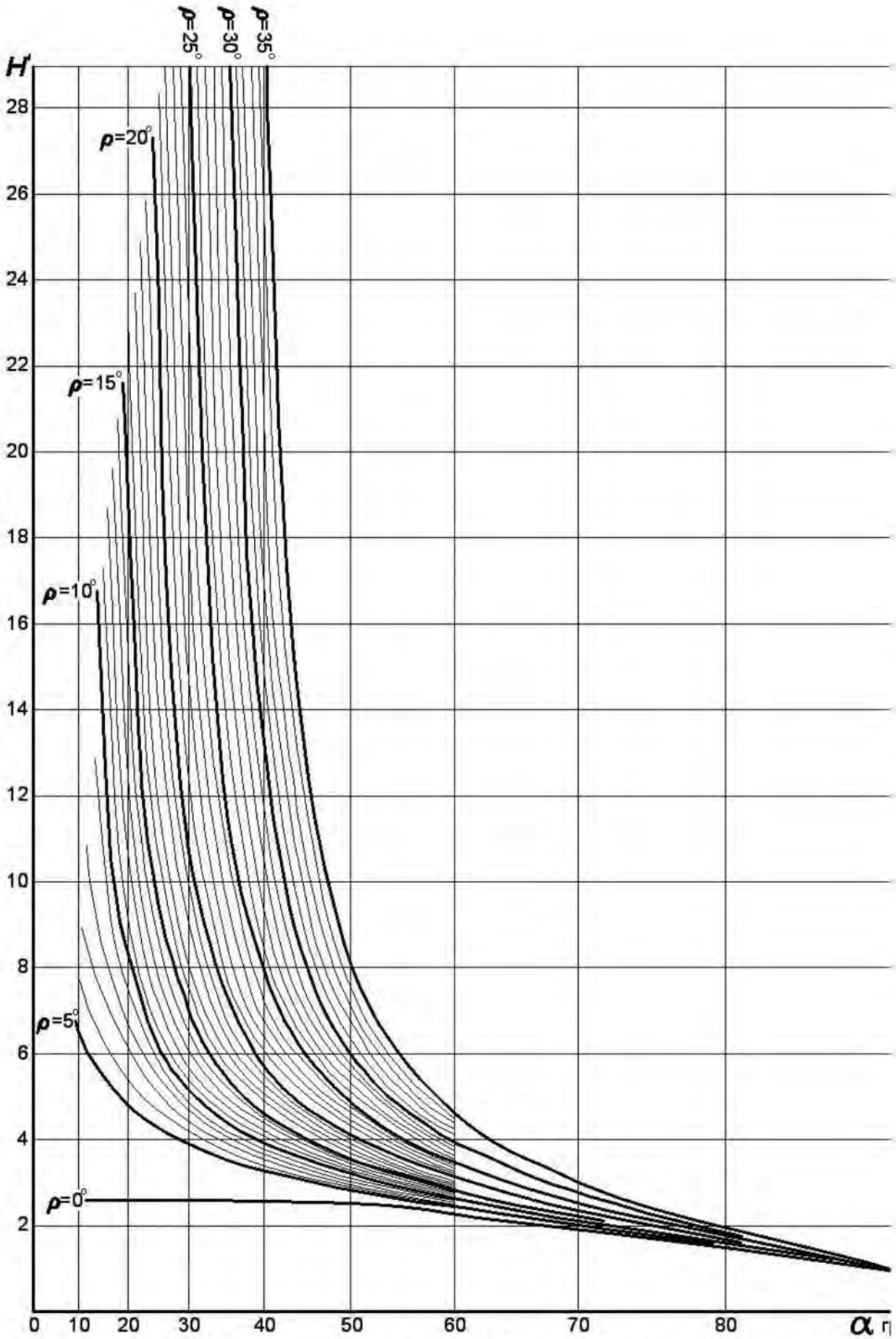


Рис.1 График зависимости между условной высотой плоского откоса (H') и его углом (α) для различных значений угла внутреннего трения (ρ_p)

Пример расчета:

Высота щели вертикального отрыва:

$$H_{90} = \frac{2 \cdot 58{,}92 \cdot \mathrm{ctg}(45° - 28{,}4°/2)}{26{,}5} = \frac{2 \cdot 58{,}92 \cdot 1{,}68}{26{,}5} = 7{,}47, \text{м}.$$

Условная высота откоса:

$$H' = 24/7{,}47 = 3{,}2.$$

Устойчивый угол борта карьера определяем, используя графические зависимости:

при $\rho_р = 28{,}4°$ и $H' = 3{,}2$ м $\alpha = 66°$.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Физико-механические свойства пород по вариантам

варианты с 1 по 10-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
– плотность γ, т/м^3	2,64	2,38	3,20	2,56	2,75	2,57	2,56	2,50	2,40	3,00
– коэффициент сцепления пород в образце k, кПа	1000	1200	1400	2200	2400	2850	1800	2050	3200	2750
– угол внутреннего трения ρ, град.	35,0	35,0	36,0	36,0	36,0	32,0	28,0	37,0	36,0	36,0
– коэффициент структурного ослабления λ	0,10	0,03	0,07	0,04	0,07	0,06	0,08	0,02	0,10	0,09

варианты с 11 по 20-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
– плотность γ, т/м^3	2,31	2,83	3,00	2,56	2,50	3,00	2,61	2,85	2,91	2,60
– коэффициент сцепления пород в образце k, кПа	1600	2600	2600	1200	2270	2300	2100	2000	1800	2100
– угол внутреннего трения ρ, град.	32,0	32,0	33,0	33,0	37,0	35,5	33,5	30,0	32,0	35,5
– коэффициент структурного ослабления λ	0,04	0,07	0,09	0,06	0,06	0,02	0,10	0,06	0,12	0,09

варианты с 21 по 30-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
– плотность γ, т/м^3	2,63	2,50	2,83	3,00	2,64	2,83	3,00	2,56	2,83	2,63
– коэффициент сцепления пород в образце k, кПа	2300	700	2600	2300	1000	2600	2600	1200	2600	2300
– угол внутреннего трения ρ, град.	31,0	30,0	32,0	35,5	35,0	32,0	33,0	33,0	32,0	31,0
– коэффициент структурного ослабления λ	0,04	0,07	0,09	0,06	0,06	0,02	0,10	0,06	0,12	0,09

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Исаков С.В., к.т.н., Ганиев Р.С., Мусихина О.В. к.т.н., доцент, Костин А.Л.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ» 7

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ» 8

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ» 8

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Назовите признаки, по которым горные породы разделяются на классы.
2. В чем состоят особенности строения массивов горных пород, сложенных магматическими, осадочными и метаморфическими породами?
3. Чем определяются границы горного массива?
4. Назовите структурные нарушения массивов горных пород.
5. Перечислите факторы, по которым породы различаются между собой.
6. Как классифицируются породы по степени трещиноватости?
7. Расскажите о классификациях горных пород по слоистости, строению, обрушаемости и устойчивости обнажений.
8. Назовите плотностные, прочностные и упругие свойства горных пород; приведите примеры соотношений их величин.
9. Что такое ползучесть, релаксация, длительная прочность пород?
10. Расскажите о структурном ослаблении пород, как определяют коэффициент структурного ослабления и приведите примеры его значений.

11. В чем заключается сущность гипотез о напряженном состоянии нетронутого массива?
12. Что происходит с напряжениями при внедрении горных выработок в нетронутый массив?
13. Что такое критическая глубина ведения работ и от чего она зависит?
14. Как изменяются свойства горных пород с увеличением глубины их залегания?
15. Расскажите об изменении свойств пород и угля в зонах интрузий и разрывов.
16. Что означают термины: "геотермическая ступень", "газоносность", "газопроницаемость"?
17. Объясните влияние температуры, обводненности и газоносности на изменение состояния массива пород.
18. Каким параметром оцениваются фильтрационные свойства массива горных пород?
19. Расскажите о сущности метода конечных элементов и его возможностях
20. В чем состоит метод граничных элементов?
21. Назовите основные положения теории подобия.
22. Прокомментируйте существо метода центробежного моделирования.
23. К чему сводятся основные принципы метода эквивалентных материалов?
24. В чем заключается существо поляризационно-оптического метода?
25. В чем состоят методы ЭГДА и ЭСПА и для решения каких задач они применяются?
26. Каким образом измеряют деформации и напряжения на поверхности горных выработок и в глубине массива?
27. Как измеряют перемещения в окрестности горных выработок?
28. Расскажите об измерении нагрузки на крепь горных выработок и применяемых при этом приборах, и устройствах.
29. Прокомментируйте существо автоматизированной системы геомеханического мониторинга.
30. Как оцениваются структурно-механические особенности породных массивов методами томографии?
31. Назовите основные факторы и параметры, влияющие на условия проведения выработок в зонах дизъюнктивов.
32. Расскажите об особенностях проведения квершлагов и полевых штреков.
33. Прокомментируйте проведение штреков с присечкой боковых пород.
34. Расскажите о задании направлений капитальным и подготовительным выработкам.
35. Каким образом оцениваются нагрузки на крепь капитальных и подготовительных выработок?
36. Как оценивается устойчивость боков штреков?

37. Расскажите о задании места и направления проведения разрезных печей в блоках, ограниченных нарушениями.
38. Каким образом осуществляется переход мелкоамплитудных нарушений очистными забоями?
39. В чем состоит методика расчета пролетов нарушенной кровли в лавах?
40. Прокомментируйте особенности геомеханических процессов при разработке рудных месторождений.
41. Что понимают под словосочетаниями: "горное давление", "опорное давление"?
42. При каких условиях наблюдаются первый, второй и третий тип деформаций пород вокруг выработки?
43. Расскажите о зональной дезинтеграции горных пород.
44. На основе чего выработки вне зоны влияния очистных работ по устойчивости делят на три класса?
45. Какие характерные зоны в подработанной толще пород выделяют после окончания процесса сдвижения?
46. В совокупности каких форм проявляются деформации пород в области сдви-жения?
47. Прокомментируйте развитие деформаций и обрушений пород непосредственной и основной кровли.
48. Назовите основные факторы, влияющие на устойчивость пород кровли, и охарактеризуйте классификацию С.ТКузнецова.
49. Каковы основные причины опорного давления? Назовите его параметры.
50. Расскажите о динамической и статической составляющих опорного давления.
51. Охарактеризуйте зону влияния очистных работ на подготовительные выработки впереди и позади лавы.
52. Прокомментируйте деформации пород кровли подготовительных выработок при их проведении позади лавы.
53. Расскажите об особенностях деформаций пород кровли при повторном использовании выработок и их проведении вприсечку.
54. В чем состоит существо пучения почвы горных выработок?
55. Расскажите о напряжениях и деформациях в толщах пород при подработке и надработке.
56. В чем заключается механизм продавливающего воздействия целиков?
57. Назовите сущность механизма защитного действия при выемке пластов в свите.
58. Как определяют границы защищенных зон и зон повышенного горного давления?
59. Прокомментируйте основные принципы использования защитных пластов.

60. Расскажите об оценке деформаций массива горных пород при подработке водоемов и объектов, содержащих текучие массы.
61. Что называют динамическими явлениями в шахтах и результатом чего они являются?
62. Назовите разновидности динамических явлений и разделите их на категории в зависимости от вызывающих эти явления причин.
63. На сколько классов по силе и характеру проявления разделены горные удары применительно к угольным и рудным месторождениям? Дайте определения каждому классу.
64. Расскажите о причинах и механизме горных ударов.
65. Прокомментируйте показатели и способы прогноза степени удароопасности в различных условиях.
66. Каковы особенности внезапных разломов и поднятий пород почвы выработок при залегании под пассивным слоем непосредственной почвы пластичных или прочных упругих пород?
67. Что понимают под словосочетанием "газодинамическое явление в шахте"?
68. Назовите разновидности газодинамических явлений и стадии их протекания.
69. Перечислите характерные признаки внезапных выбросов угля и газа, особенности выбросов каменной соли и газа, песчаников и газа.
70. Расскажите о представлениях механизма внезапных выбросов сторонниками газовых гипотез и гипотез с приоритетом горного давления.
71. В чем состоит сущность энергетической и энергетически-силовой теорий выбросов?
72. Прокомментируйте дополнительные условия, которые необходимо выполнить, чтобы произошло разрушение газонасыщенного угля не только с поверхности забоя, но и в глубине массива и реализовалась выбросоопасная ситуация.
73. Назовите способы прогноза выбросоопасности.
74. Каким образом устанавливают выбросоопасность песчаника и степень выбросоопасности пород?
75. Расскажите о шахтных водах и классификации массивов горных пород по обводненности.
76. Прокомментируйте закономерности движения воды в массивах пород.
77. Назовите способы и схемы осушения шахтных полей.
78. В чем состоят особенности разработки месторождений в многолетнемерзлых породах?
79. Расскажите о факторах, определяющих устойчивость массивов горных пород при открытой разработке.
80. Какие свойства горных пород называют физико-техническими?

81. Прокомментируйте горнотехнические факторы устойчивости бортов карьеров.
82. Дайте характеристику факторов устойчивости отвалов.
83. Укажите виды деформаций массивов горных пород.
84. Назовите основные причины возникновения осыпей и обрушений.
85. Охарактеризуйте разновидности оползней, условия и причины их проявления.
86. Расскажите о разновидностях фильтрационных деформаций и их роли в устойчивости откосов.
87. Прокомментируйте особенности деформаций отвалов.
88. Каковы основные виды деформаций отвалов, условия и причины их возникновения?
89. В чем заключается цель и основные задачи геомеханического контроля на карьерах?
90. Прокомментируйте методы геомеханического контроля состояния откосов?
91. Расскажите о контроле бортовых массивов.
92. В чём состоит контроль отвальных насыпных и намывных массивов?

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ»

9.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Практический курс геомеханики подземной и комбинированной разработки руд : учебное пособие / Д. М. Казикаев, Г. В. Савич. - 2-е изд., стер. - Москва : Горная книга, 2013. - 224 с. : ил. - (Горное образование). - Библиогр.: с. 213. - ISBN 978-5-98672-342-6 : 426.36 р.	3
2.	Геомеханика подземной разработки руд : учебник для вузов / Д. М. Казикаев. - 2-е изд., стер. - Москва : Изд-во МГГУ, 2009. - 542 с. : ил. - (Горное образование). - Библиогр.: с. 532-535. - ISBN 978-5-7418-0543-5 : 1077.00 р., 1168.50 р.	25
2.	Геомеханика определение оптимальных параметров конструкции нерабочего борта карьера) [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работдля студентов специальности 130400 / С. В. Исаков, О. В. Мусихина, Р. С. Ганиев. - Екатеринбург : УГГУ, 2014. - 25 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 19	14
3.	Проверка устойчивости борта карьера [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Геомеханика" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Открытые горные работы" всех форм обучения / С. В. Исаков, О. В. Мусихина, А. Л. Костин ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2018. - 27 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 21.	40

9.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.

1.	Геомеханика : учеб. пособие / Марина Владимировна Рыльникова М. В., Олег Вадимович Зотеев О. В. - Москва : Руда и Металлы, 2003. - 240 с. - Библиогр.: с. 239. - ISBN 5-98191-004-6	10
2.	Практическая геомеханика = Practical rock mechanics : пособие для горных инженеров / А. Б. Макаров. - Москва : Горная книга, 2006. - 391 с. : цв. ил., рис., фото. цв. - Библиогр.: с. 380-382. - ISBN 5-98672-038-5	2

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ»

Горное дело: информационно-аналитический портал для горняков; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mwork.su/

Горное дело: информационно-справочный сайт; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gornoe-delo.ru/

Горнопромышленный портал России: информационный портал; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.miningexpo.ru/

Scopus: https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri

E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ»

Тема 1: Общие сведения

Общие сведения. Основные условия устойчивости откосов горных пород. Факторы, влияющие на устойчивость горных выработок.

Тема 2: Свойства горных пород

Классификация инженерно-геологических комплексов горных пород по условиям устойчивости. Горные породы их классификация и свойства Состав и физические свойства горных пород.

Тема 3: Сдвижения горных пород

Сдвижения горных пород при разработке полезных ископаемых. Общие закономерности процесса сдвижения. Область сдвижения. Зона сдвижения. Параметры процесса сдвижения. Факторы, влияющие на процесс сдвижения. Сдвижение горных пород при подземной разработке. Особенности. Математическое описание процесса сдвижения. Определение основных параметров сдвижения по результатам кратковременных наблюдений.

Тема 4: Расчеты сдвижений горных пород

Расчёт сдвижений горных пород под влиянием разработки МПИ. Методы охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ. Способы построения предохранительных целиков

Тема 5: Динамические проявления горного давления

Причины динамического проявления горного давления. Способы предупреждения и борьба с опасными динамическими проявлениями горного давления в рудниках и шахтах.

Тема 6: Дренирование месторождений

Цели дренирования. Фильтрационные характеристики горных пород. Дренаж земной поверхности вокруг карьера и площадок уступов. Дренаж пород при пологом и наклонном залегании слоев. Дренаж пород при горизонтальном залегании слоев.

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине
«Разрушение горных пород»
для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Разрушение горных пород: Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 42 с.

Пособие предназначено для выполнения контрольной работы студентов всех специализаций специальности 21.05.04 «Горное дело» по курсу «Разрушение горных пород».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Петрушин А.Г., Лещуков Н.Н.,

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ 6
1.1. Общие положения 6
1.2. Определение параметров буровзрывных работ 6
1.2.1. Выбор взрывчатых материалов 6
1.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров 11
1.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов 12
1.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб 12
1.2.3.2. Прямые врубы 14
1.2.4. Определение удельного заряда ВВ 18
1.2.5. Выбор диаметра шпура 20
1.2.6. Определение количества шпуров 20
1.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов 22
2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ 24
3. ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ 27
4. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ 30
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 31
ПРИЛОЖЕНИЯ 32
Приложение 1. Образец оформления обложки отчёта 31
Приложение 2. Пример паспорта БВР на прроведение выработки 32
Приложение 3. Задания по расчёту параметров и составлению паспорта БВР на проведение выработки 35
Приложение 4. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок 39

ВВЕДЕНИЕ

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 врубa, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

Отчёт по контрольной работе оформляется на листах стандартного формата А4 (210 мм х 297 мм). Обложка отчёта выполняется в соответствии с образцом, приведённым в Приложении 1.

На первой странице отчёта приводится его содержание с указанием страниц, далее – содержание задания по следующей форме (для примера взято задание № 1 настоящего пособия – Приложение 3):

Задание № 1

Выполнить расчёт и составить паспорт буровзрывных работ для проведения выработки при следующих данных:

– наименование выработки: квершлаг однопутный;
– форма поперечного сечения выработки – сводчатая;
– размеры выработки (высота и ширина) – 3,4х3,3 м;
– площадь сечения вчерне – 10,5 м^2;
– коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова f = 15;
– категория пород – I;
– обводнённость – с;
– категория шахты по газу или пыли и наличие метана в выработке – не опасная.

После выполнения и оформления расчётной части отчёта приводится паспорт БВР, в котором указываются: характеристика выработки; характеристика пород; исходные данные; схема расположения шпуров в трёх проекциях; кон-

струкция вруба; конструкции зарядов во врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих шпурах; основные показатели взрывных работ; меры безопасности. Пример заполнения паспорта приведён в Приложении 2.

Студенты, обучающиеся по заочной форме и работающие на горном предприятии, в качестве исходных данных для выполнения настоящей работы (характеристики выработки и пород) могут по согласованию с преподавателем взять фактические исходные данные предприятия. Выполнив расчёты и составив паспорт в соответствии с рекомендациями пособия, студент приводит в отчёте также фактически действующий паспорт по принятой выработке и даёт краткий анализ расчётного и фактически действующего паспортов БВР.

1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

1.1. 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.

1.2. Определение параметров буровзрывных работ

1.2.1. Выбор взрывчатых материалов

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Едиными правилами безопасности при взрывных работах» (ЕПБ) [1] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [2] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 1.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 1.1

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 Граммонит 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 водораспыления	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. 1.2.

Таблица 1.2

Характеристики ВВ

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Плотность в патронах или насыпная, кг/м^3	Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг	Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м^3	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
Ионит	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. 1.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 1.3

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	1,0	5,0	0,5-0,75	Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам
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**				
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 ДША, 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. 1.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непредохранительных взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-Ш 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-Ш или ДБИЗ заданного интервала замедления.

Таблица 1.4

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.

1.2.2. **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. 1.5.

Таблица 1.5

Тип вруба и глубина шпуров

Тип буровой техники	Сечение выработки, $м^2$	
	менее 6	более 6
Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла	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 вмещающими 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 $м^2$) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 1.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

1.2.3. **Выбор конструкции и параметров врубов**

1.2.3.1. 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. 1.6.

Таблица 1.6

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:

$$k = 1{,}25\sqrt{e}\cdot d_з/d, \qquad (1.1)$$

где e – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 1.2),

$d_з$ – диаметр заряда,

d – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 1.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 1.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 1.7 или по формуле:

$$h_{вр} = 0{,}25B\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} - 0{,}3, \qquad (1.2)$$

где B – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 1.1).

Таблица 1.7

Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{вр}$, 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

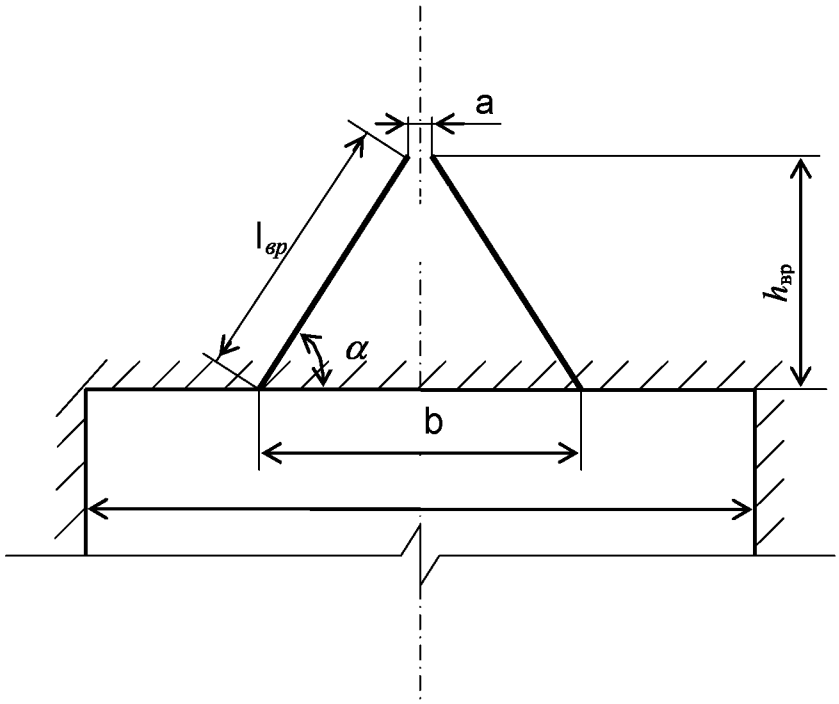


Рис. 1.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0{,}1 \div 0{,}2), \qquad (1.3)$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \qquad (1.4)$$

где α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \mathrm{tg}\, \alpha + a, \qquad (1.5)$$

где а – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород а = 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. 1.1) 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 электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

1.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 1.2) 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. 1.8.

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 (1.1).

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.

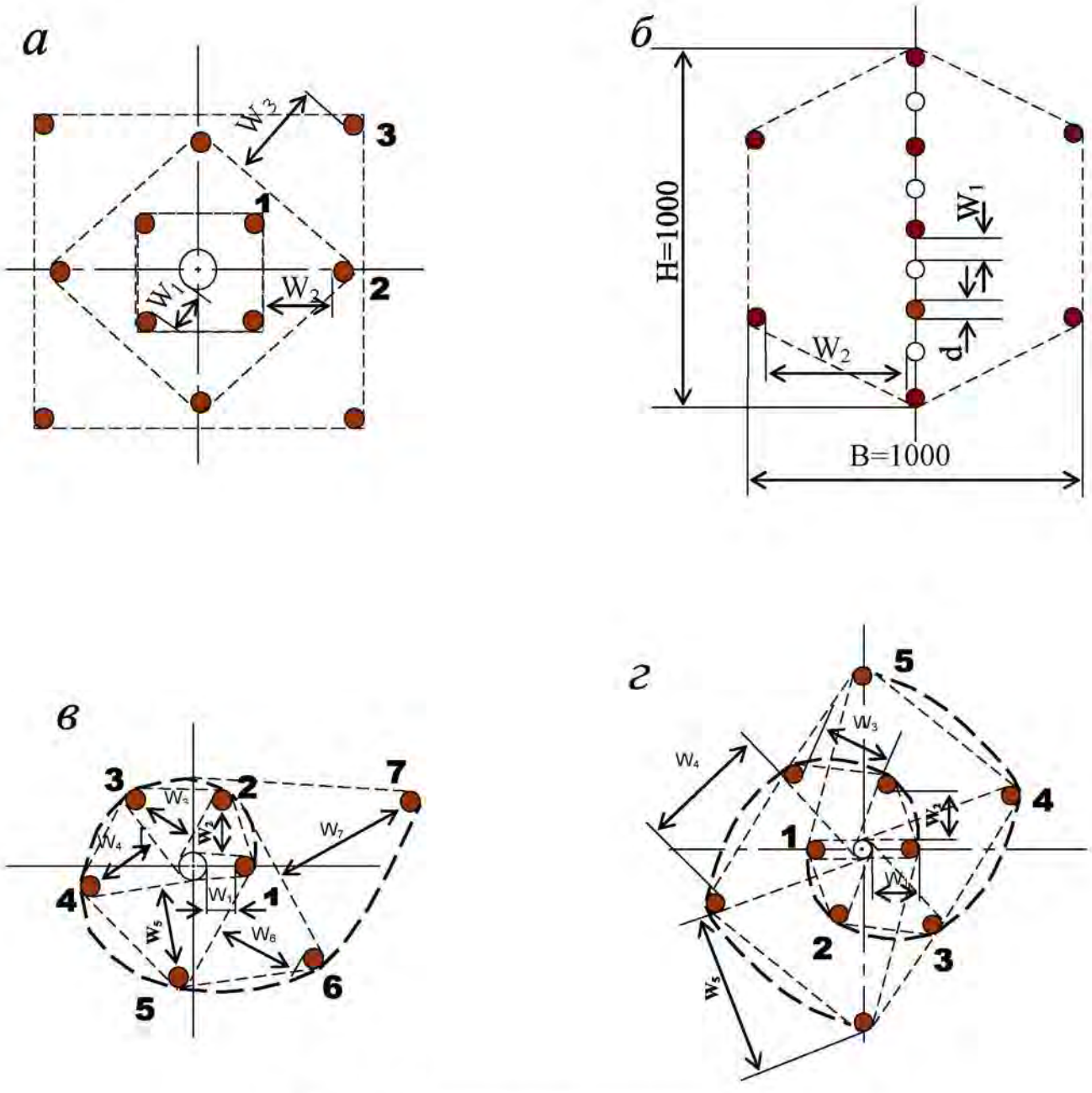


Рис. 1.2. Конструкции прямых врубов:
а – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

Таблица 1.8

Пробивные расстояния W_1, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, 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. 1.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 + D_x + d), \qquad (1.6)$$

где W_1 – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 1.7);

D_x – 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. 1.2) в масштабе 1:5.

Таблица 1.9

Пробивные расстояния W_2, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, 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. 1.10.

Таблица 1.10

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. 1.8. Количество заряжаемых $N_з$ и холостых $N_х$ шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_з = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \quad (1.7)$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \quad (1.8)$$

где H – высота вруба, мм;

W_1 – пробивное расстояние, мм;

d – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 1.2, *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. 1.11.

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. 1.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 1.11

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. 1.11. 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.

1.2.4. **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:

$$q = 0{,}1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \qquad (1.9)$$

где q – удельный заряд ВВ, кг/м^3;

f – коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (1.9) 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

$$e = \frac{Q_{ид} \cdot \rho}{Q_{ид.э} \cdot \rho_э}, \qquad (1.10)$$

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. 1.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (1.10) и в табл. 1.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы f_1 принимается из табл. 1.12.

Таблица 1.12

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

$$v = \frac{6,5}{\sqrt{S_{вч}}}, \qquad (1.11)$$

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 (1.9) следует принимать коэффициент зажима породы $v = 1,4$.

Прямые (дробящие) врубы требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (1.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы $v = 1{,}1–1{,}4$.

1.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 1.2 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 ударного-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм (см. раздел 3). 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.

1.2.6. 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

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \qquad (1.12)$$

где q – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м^3;

$S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

γ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3{,}14\, d^2 \rho \alpha / 4, \qquad (1.13)$$

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. 1.2). 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 (1.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 1.13) 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 (раздел 1.2.7).

Таблица 1.13

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

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \qquad (1.14)$$

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

$$N = N_{вр} + q\cdot(S_{вч}–S_{вр})/\gamma, \qquad (1.15)$$

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.).

1.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубах с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \qquad (1.16)$$

где $l_{шп}$ – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \qquad (1.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot(S_{вч} – S_{вр}) \cdot l_{шп}, \qquad (1.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \qquad (1.19)$$

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**

$$q''_{ср} = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}}. \quad (1.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{вр} = (1{,}1 \div 1{,}2)\, q'_{ср}. \quad (1.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{ок} = (0{,}9 \div 0{,}8)\, q'_{ср}. \quad (1.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q^*_{всп} = q'_{ср}. \quad (1.23)$$

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

$$Q_ф = \sum q^*_{вр} + \sum q^*_{всп} + \sum q^*_{ок}. \quad (1.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_м = Q_ф / (l_{шп}\, \eta), \quad (1.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр}\, l_{шп}\, \eta, \quad (1.26)$$

где $S_{пр} = S_{вч} \cdot КИС$ – сечение выработки в проходке, м^2, которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 1.14 [4].

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м^3 взорванной породы

$$q_р = Q_ф / Q_{гм}. \quad (1.27)$$

Таблица 1.14

Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом

Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м^2	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:

$$N_м = N_{кд} /(l_{шп}\, \eta). \quad (1.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м^3 взорванной породы:

$$N_р = N_{кд} /(S_{пр}\, l_{шп}\, \eta). \quad (1.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{увт} = l_{шт} + B / 4 + 0{,}5, \quad (1.30)$$

где B – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

2. 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 взрывание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 2.1).

Сопротивление магистральных и соединительных проводов, а также участковых, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho (l/S), \qquad (2.1)$$

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. 1.3). 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 2.1

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) КВП-2/200М (РН)	 600 1700	 2 2,5	 320 1700	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли
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

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{гар}, \qquad (2.2)$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{гар}, \tag{2.3}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{гар}, \tag{2.4}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{гар}, \tag{2.5}$$

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:

$$R_{общ} = r_п + r_с L_с + r_м L_м, \tag{2.6}$$

где $r_с$, $r_м$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 2.2 или рассчитывается по формуле (2.1));

$L_с$, $L_м$ – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Таблица 2.2

Характеристики проводов для электровзрывания

Обозначение	Назначение	Диаметр жилы, мм	Площадь сечения, мм^2	Сопротивление 1 м провода, Ом/м
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 $i < I_{гар}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{гар} + R}, \tag{2.7}$$

$$m = \frac{E}{2I_{гар} + r}. \tag{2.8}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

3. 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 пневмосвёрлами, 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 электросвёрла ЭРП18Д-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 3.1

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 электросвёрла, 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 электросвёрл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переуста-

новку 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 $f = 6\text{-}10$, с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с $f = 10\text{-}14$; ударно-поворотного действия в породах с $f = 10\text{-}20$.

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 3.2 – 3.3.

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 3.2

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, м^2		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 3.3

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 Bomer 104S	Rocket Bomer 282S
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, $м^2$		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 $м^2$.

4. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя [1]: 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.

Образец заполнения паспорта буровзрывных работ приведён в Приложении 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единые правила безопасности при взрывных работах (ПБ 13-407-01). М., 2001.

2. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.

3. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

4. СНиП 3.02.03-84. Подземные горные выработки.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Образец оформления обложки отчёта

Министерство образования и науки РФ
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра шахтного строительства

ОТЧЁТ
по контрольной работе «Расчёт параметров и составление паспорта БВР на проведение горизонтальной горной выработки»

Зав. кафедрой проф. М. В. Корнилков
Руководитель _____
Студент гр. _____ _____

Екатеринбург 2010

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Пример паспорта БВР на проведение выработки

Утверждаю:
Главный инженер

_____

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	Коэффициент использования шпуров	-	
2	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	Расход ВВ на цикл	кг	
9	Расход ВВ на 1 метр выработки	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_____

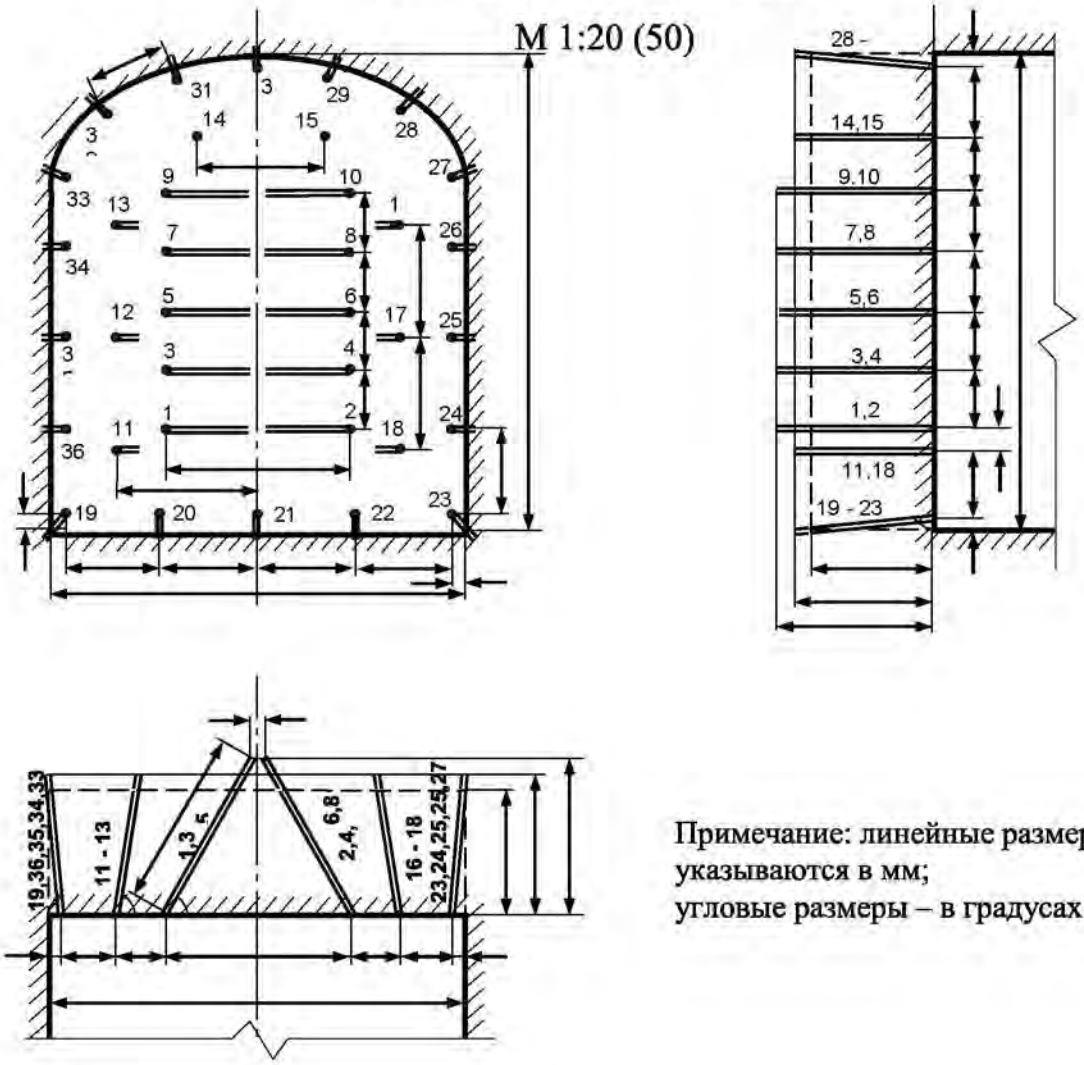
8.2. Место выставления постов_____

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).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П3.1

Задания по расчету параметров и составлению паспорта бвр на проведение выработки

№№ заданий	Наименование выработки	Форма сечения выработки*	Размеры выработки $H \times B$, м	Площадь сечения вчерне, м^2	Характеристика пород			Категория шахты по газу или пыли и наличие метана в выработке
					Коэффициент крепости f	Категория пород по табл. 1.12	Обводнённость**	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Квершлаг	Сводчатая	3,4 × 3,3	10,5	15	I	с	Не опасная
2			3,4 × 4,0	12,0	12	I	у	
3			3,4 × 3,6	11,3	14	I	о	
4			3,4 × 3,2	10,2	10	I	у	
5			3,3 × 3,5	10,7	12	I	о	
6			3,1 × 3,2	9,2	10	I	о	
7			3,3 × 3,7	11,3	6	II	о	
8			3,5 × 3,2	10,5	8	II	с	
9			3,6 × 3,8	12,7	8	IV	у	
10			3,5 × 3,9	12,6	10	II	с	
11			3,4 × 3,4	10,8	6	III	о	
12			3,2 × 3,0	9,0	12	IV	у	
13			3,5 × 3,9	12,6	18	IV	о	
14			3,1 × 3,2	9,2	5	III	о	
15			3,4 × 3,6	11,3	8	III	с	
16			3,3 × 3,5	10,7	18	II	с	
17			3,5 × 3,2	10,5	14	I	о	
18			3,1 × 3,2	9,2	20	II	у	
19			3,4 × 4,0	12,5	16	I	о	
20			3,4 × 4,0	12,5	4	III	о	

Продолжение табл. П3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	Квершлаг	Трапецевид.	3,5 × 3,7 / 3,3	12,3	8	II	с	
22			3,5 × 3,9 / 3,1	12,3	10	I	о	
23			3,5 × 3,7 / 3,0	11,7	12	III	с	
24			3,6 × 3,9 / 3,1	12,6	14	III	у	
25			3,0 × 3,6 / 2,9	9,8	16	I	о	
26			3,8 × 3,4 / 2,8	11,8	18	I	с	
27			3,6 × 4,0 / 3,3	13,1	6	VI	с	
28			3,6 × 4,2 / 3,5	13,9	8	III	о	
29			3,6 × 4,0 / 3,3	13,1	10	III	у	
30			3,6 × 4,2 / 3,5	13,9	15	I	с	
31			3,6 × 4,0 / 3,3	13,1	18	II	у	
32			3,5 × 3,9 / 3,1	12,3	6	IV	о	
33			3,2 × 3,9 / 3,1	11,2	8	III	о	
34			3,5 × 3,9 / 3,1	12,3	9	III	о	
35			3,2 × 3,9 / 3,1	11,2	14	III	у	
36			3,6 × 3,8 / 3,0	12,2	18	I	с	
37			3,6 × 3,8 / 3,0	12,2	8	III	о	
38			3,4 × 3,8 / 3,0	11,6	12	II	у	
39		Сводчатая	3,7 × 5,0	16,8	6	IV	с	
40			3,7 × 5,0	16,8	9	III	у	
41			3,7 × 4,5	15,2	11	IV	с	
42			3,7 × 5,0	16,8	13	II	с	
43			3,7 × 4,4	14,9	14	I	о	

Продолжение табл. П3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	Квершлаг	Сводчатая	3,5 × 4,6	15,5	16	II	о	Не опасная
45			3,6 × 4,9	16,0	4	IV	о	
46			3,6 × 4,7	15,4	8	III	у	
47			3,6 × 4,9	16,0	10	II	с	
48			3,6 × 4,2	13,9	12	II	о	
49			3,6 × 4,9	16,0	14	II	о	
50			3,6 × 4,9	16,0	6	II	с	
51			3,6 × 4,3	14,2	8	III	о	
52			3,7 × 4,3	14,2	4	IV	о	
53			3,7 × 4,0	13,7	6	IV	с	
54			3,7 × 4,3	14,2	9	III	о	
55			3,7 × 3,9	13,4	10	II	о	
56			3,7 × 4,9	16,5	10	II	о	
57			3,7 × 4,1	14,0	14	II	с	
58			3,9 × 4,0	14,5	16	I	у	
59	Штрек	Арочная	3,0 × 3,2	8,5	4	IV	о	I
60			3,0 × 3,4	8,9	6	IV	о	II
61			3,3 × 3,3	9,7	8	III	с	III
62			3,3 × 3,4	10,0	4	III	у	II
63			3,2 × 3,2	9,1	6	II	с	III – выделения метана отсутствуют
64			2,8 × 3,4	8,3	4	IV	о	II
65			3,0 × 3,2	8,5	10	II	о	III – выделения метана отсутствуют
66			3,0 × 2,8	7,5	2 (уголь)	IV	с	II
67			3,2 × 4,0	11,0	2 (уголь)	IV	о	II
68			3,6 × 3,8	12,1	2	IV	о	III

Окончание табл. П3.1

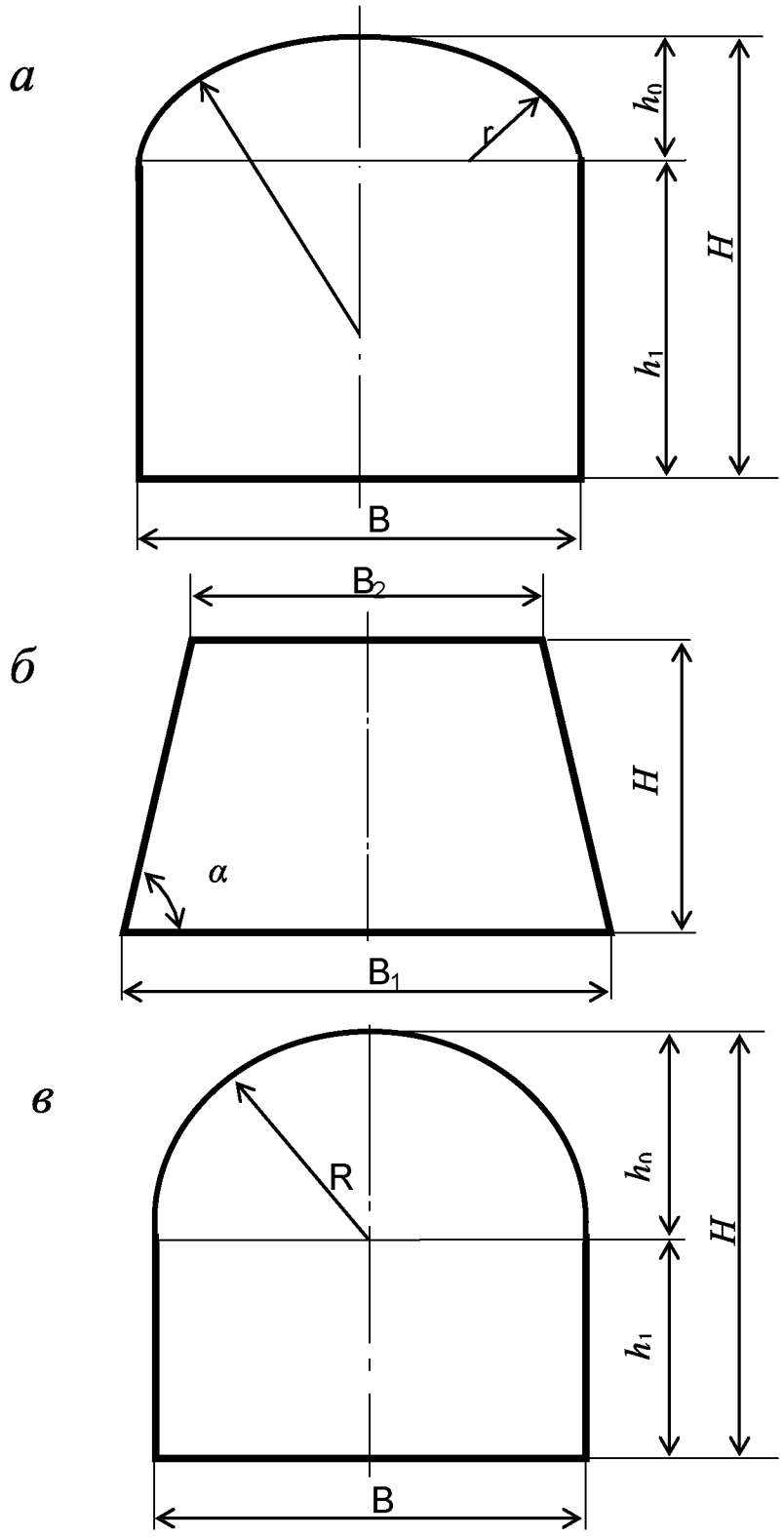
1	2	3	4	5	6	7	8	9
69	Штрек	Сводчатая	3,2 × 4,0	11,0	5	IV	у	II
70			3,2 × 4,0	11,0	8	II	у	IV – выделения метана отсутствуют
71			3,4 × 4,0	11,8	6	III	с	
72			3,2 × 4,0	11,0	12	I	у	II – выделения метана отсутствуют
73			4,2 × 4,4	16,4	1,5 (уголь)	IV	с	I
74			4,0 × 4,2	14,9	4	IV	у	I
75			4,2 × 4,4	16,4	6	III	с	II
76			4,0 × 4,2	14,9	8	II	с	IV – выделения метана отсутствуют
77			3,8 × 4,4	14,6	7	II	о	III
78			4,2 × 5,0	18,3	8	IV	с	I
79			3,8 × 4,4	14,6	10	I	о	II – выделения метана отсутствуют
80			3,4 × 4,0	11,8	10	II	о	

* Рекомендации для вычерчивания контура поперечного сечения выработки приведены в Приложении 4.

** В столбце 8 «Обводнённость пород» приняты следующие обозначения: с – сухие, у – увлажнённые и о – обводнённые.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Формы поперечного сечения горизонтальных выработок



$h_0 = B / 3;$
$h_1 = B - h_0;$
$R = 0{,}694\ B;$
$R = 0{,}262\ B.$

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. П4.1. 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 приведены в табл. П4.1.

Таблица П4.1

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	$\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$	$B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$
Арочная с полуциркульным сводом	$B \cdot (h_1 + 0{,}39 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2{,}57 \cdot B$

Учебное издание

Петрушин Алексей Геннадьевич
Лещуков Николай Николаевич

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 2,6. Уч.-изд. л. 3,28. Тираж 400. Заказ

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков, Д. В. Прищепа

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков, Д. В. Прищепа

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Разрушение горных пород: Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / А. Г. Петрушин, Н. Н. Лещуков, Д. В. Прищепа; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 59 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов и выполнению практических заданий всех специализаций специальности 21.05.04 «Горное дело» по курсу «Разрушение горных пород».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Петрушин А.Г., Лещуков Н.Н.,
© Прищепа Д. В.

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

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 89 часов отводится на самостоятельную работу студентов.

По курсу «Разрушение горных пород» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – *освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита практико-ориентированных заданий*; *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 «Разрушение горных пород». 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 полдачи 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 названию 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 спопобом.
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 окисел.

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 (%)

$$K_б = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2}\right)\right] \cdot 16}{M_{BB}} 100\%, \quad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода; M_{BB} – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \quad (1.3)$$

нулевой кислородный баланс;

при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

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 выделятся 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 па основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[КБ_{DT}]}{[КБ_{АС}]},$$

где $КБ_{DT}$ – 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 пулевым 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 $x \approx 21\%$ 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 $C_{16}H_{34}$ (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

$$yNH_4NO_3 + x\,C_{16}H_{34} + z\,Al.$$

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 = 83,9*x*; z = 22,4*x*.

Примем x = 1, тогда молекулярное уравнение гранулита АС-8 имеет вид

$$83{,}9\,NH_4NO_3 + C_{16}H_{34} + 22{,}4\,Al.$$

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:

$$-dE = dQ + pdV. \quad (2.1)$$

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.

$$-dE = pdV = dA. \quad (2.2)$$

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:

$$A_и = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{взр} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

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 $pV^{\gamma} = const$, пользуясь уравнением Клайперона ($PV^{\gamma} = RT$), 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

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}\right); \quad (2.7)$$

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_u конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе ($P_2 = 1{,}01 \cdot 10^5$Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{пв}}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_u = Q_{взр} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина $q_T = Q_{взр} - A_u = C_{v2} * T_2$ - 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

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{взр}}, \quad (2.10)$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}, \quad (2.11)$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности (A_u) и полного термодинамического КПД (П) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты, y= Cp/Cv. Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то y = 1,25. Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то y = 1,2. Величина y снижается (соответственно снижается A_u и η), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl, $A1_2O_3$ и др.). В этих случаях y = 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:

$V_{пв}$= 0,86 м^3/кг,

$Q_{взр}$ = 4300кДж/кг;

$T_{взр}$=2600° К.

Для расчета показатель адиабаты принимается y=1,25. Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1{,}01*10^5*0{,}86*2600*900}{273*(1-0{,}001*0{,}86*900)} = 3{,}3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_u = Q_{взр}\left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{пв}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right) = 4300 * \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{3{,}3 * 10^9}\right)^{\frac{1{,}25-1}{1{,}25}}\right) = 3762{,}2\,\frac{кДж}{кг}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{взр}} = \frac{3762{,}2}{4300} = 0{,}875$$

или $\eta = 87{,}5\%$

Практико-ориентированное задание №3

Расчет параметров и составление паспорта буровзрывных работ на проведение горизонтальной горной выработки.

Цель: 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.

3.*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.

3.2. Определение параметров буровзрывных работ

3.*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. 3.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 3.1

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 Граммонит 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 водораспыления	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. 3.2.

Таблица 3.2

Характеристики ВВ

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Плотность в патронах или насыпная, кг/м^3	Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг	Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м^3	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
Ионит	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. 3.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 3.3

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	1,0	5,0	0,5-0,75	Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам
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				
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 ДША, 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-Ш 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-Ш или ДБИЗ заданного интервала замедления.

Таблица 3.4

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.

3.2.2. 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. 3.5.

Таблица 3.5

Тип вруба и глубина шпуров

Тип буровой техники	Сечение выработки, м^2	
	менее 6	более 6
Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла	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 вмещающими 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 м^2) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 1.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

1.2.3. **Выбор конструкции и параметров врубов**

1.2.3.1. 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. 3.6.

Таблица 3.6

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:

$$k = 1{,}25\sqrt{e}\cdot d_з/d, \qquad (3.1)$$

где e – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 1.2),

$d_з$ – диаметр заряда,

d – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 3.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 3.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 1.7 или по формуле:

$$h_{вр} = 0{,}25B\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} - 0{,}3, \qquad (3.2)$$

где B – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 3.1).

Таблица3.7

Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{вр}$, 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

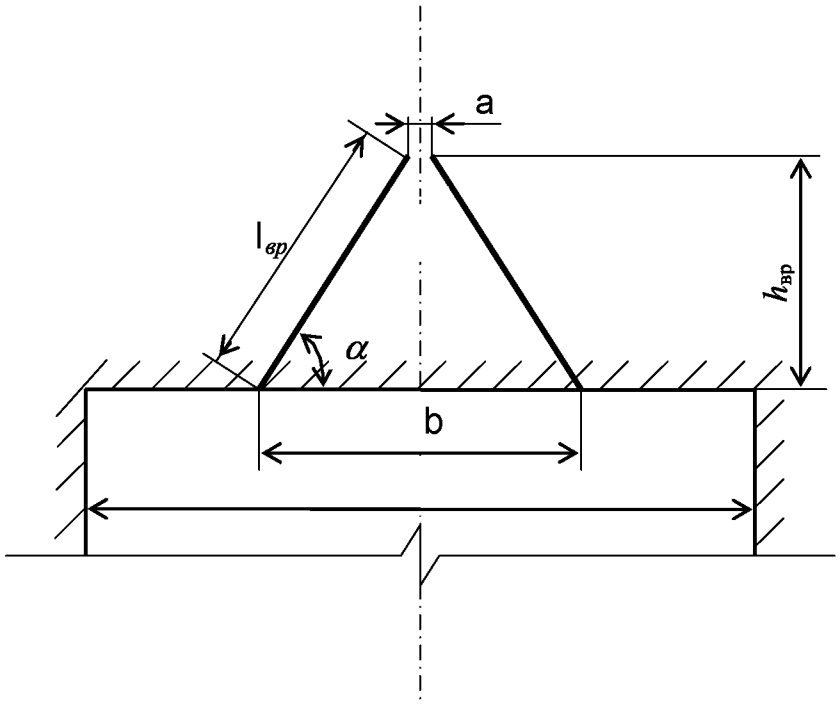


Рис. 3.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0{,}1 \div 0{,}2), \qquad (3.3)$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \qquad (3.4)$$

где α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \mathrm{tg}\, \alpha + a, \qquad (3.5)$$

где а – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород а = 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 электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

3.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 1.2) 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. 1.8.

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 (1.1).

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.

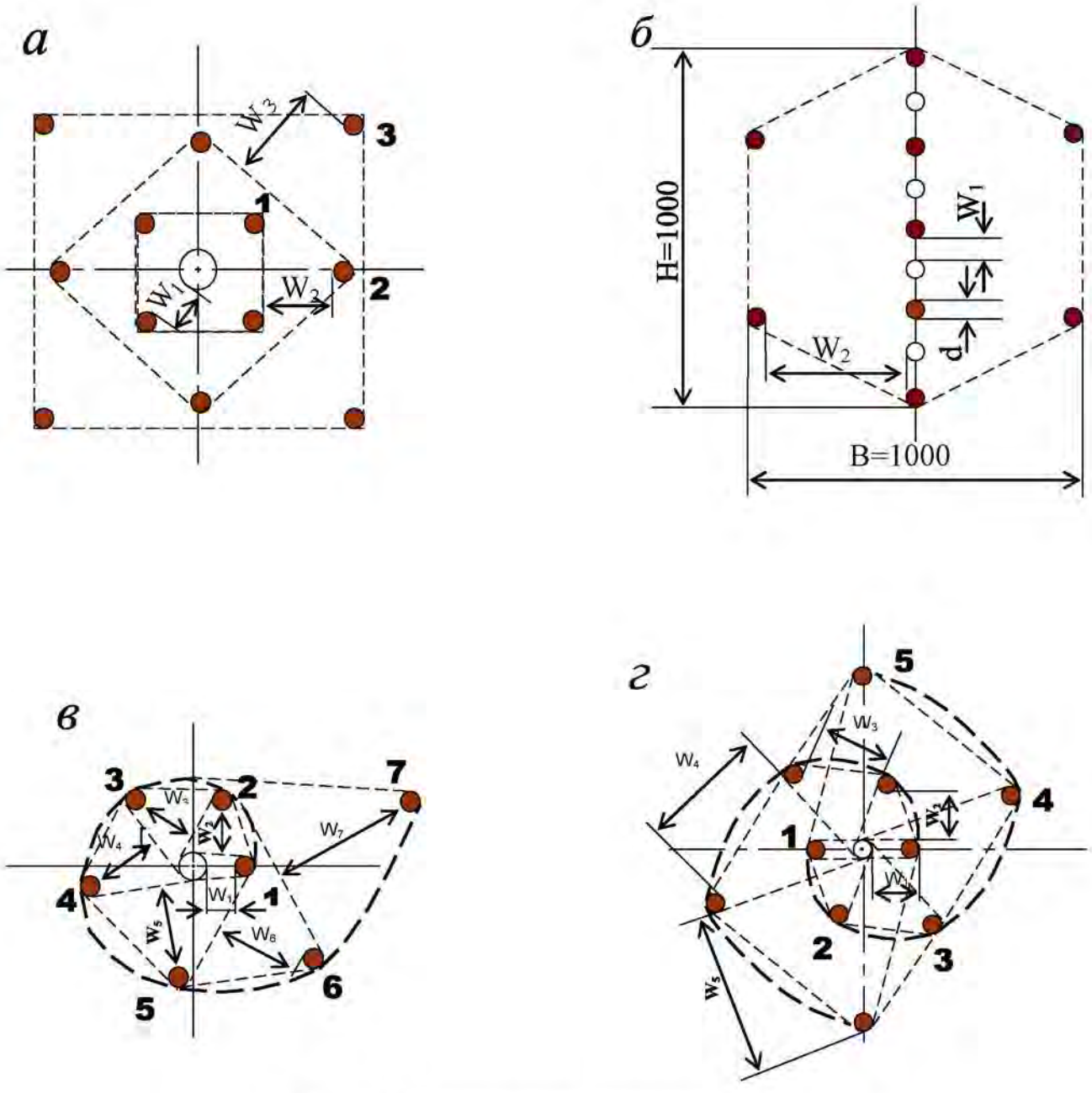


Рис. 3.2. Конструкции прямых врубов:
а – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

Таблица 3.8

Пробивные расстояния W_1, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, 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. 3.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 + D_x + d), \qquad (3.6)$$

где W_1 – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 1.7);

D_x – 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. 1.2) в масштабе 1:5.

Таблица 3.9

Пробивные расстояния W_2, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, 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. 3.10.

Таблица 3.10

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. 1.8. Количество заряжаемых $N_з$ и холостых $N_х$ шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_з = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \tag{3.7}$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \tag{3.8}$$

где H – высота вруба, мм;

W_1 – пробивное расстояние, мм;

d – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 3.2, *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. 3.11.

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 3.11

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. 3.11. 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.

3.2.4. **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:

$$q = 0{,}1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \qquad (3.9)$$

где q – удельный заряд ВВ, кг/м^3;

f – коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (3.9) 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

$$e = \frac{Q_{ид} \cdot \rho}{Q_{ид.э} \cdot \rho_э}, \qquad (3.10)$$

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. 3.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (3.10) и в табл. 3.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы f_1 принимается из табл. 3.12.

Таблица 3.12

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

$$v = \frac{6{,}5}{\sqrt{S_{вч}}}, \qquad (3.11)$$

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 (3.9) следует принимать коэффициент зажима породы $v = 1{,}4$.

Прямые (дробящие) врубы требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (3.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы $v = 1{,}1–1{,}4$.

3.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 1.2 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 ударного-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.

3.2.6. 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

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \qquad (3.12)$$

где q – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м^3;

$S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

γ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3{,}14\, d^2 \rho \alpha / 4, \qquad (3.13)$$

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. 3.2). 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 (3.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 3.13) 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 3.13

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

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \qquad (3.14)$$

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

$$N = N_{вр} + q\cdot(S_{вч}–S_{вр})/\gamma, \qquad (3.15)$$

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**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \qquad (3.16)$$

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)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot(S_{вч} – S_{вр}) \cdot l_{шп}, \qquad (3.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \qquad (3.19)$$

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**

$$q''_{ср} = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}}. \qquad (3.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{вр} = (1{,}1 \div 1{,}2)\, q'_{ср}. \qquad (3.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{ок} = (0{,}9 \div 0{,}8)\, q'_{ср}. \qquad (3.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q^*_{всп} = q'_{ср}. \qquad (3.23)$$

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

$$Q_ф = \sum q^*_{вр} + \sum q^*_{всп} + \sum q^*_{ок}. \qquad (3.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_м = Q_ф / (l_{шп}\, \eta), \qquad (3.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр}\, l_{шп}\, \eta, \qquad (3.26)$$

где $S_{пр} = S_{вч} \cdot КИС$ – сечение выработки в проходке, м^2, которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 3.14.

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м^3 взорванной породы

$$q_р = Q_ф / Q_{гм}. \quad (3.27)$$

Таблица 3.14

Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом

Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м^2	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:

$$N_м = N_{кд} /(l_{шп} \eta). \quad (3.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м^3 взорванной породы:

$$N_р = N_{кд} /(S_{пр} l_{шп} \eta). \quad (3.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{увт} = l_{шт} + B / 4 + 0,5, \quad (3.30)$$

где B – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

3.3 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. 3.15).

Сопротивление магистральных и соединительных проводов, а также участковых, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho (l/S), \qquad (3.31)$$

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. 1.3). 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 3.15

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) КВП-2/200М (РН)	 600 1700	 2 2,5	 320 1700	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли
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

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{гар}, \tag{3.32}$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{гар}, \tag{3.33}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{гар}, \tag{3.34}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{гар}, \tag{3.35}$$

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:

$$R_{общ} = r_п + r_с L_с + r_м L_м, \tag{3.36}$$

где $r_с$, $r_м$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (3.31));

$L_с$, $L_м$ – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Таблица 3.16

Характеристики проводов для электровзрывания

Обозначение	Назначение	Диаметр жилы, мм	Площадь сечения, мм^2	Сопротивление 1 м провода, Ом/м
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 $i < I_{гар}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{гар} + R}, \tag{3.37}$$

$$m = \frac{E}{2I_{гар} + r}. \tag{3.38}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

3.4 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 пневмосвёрлами, 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 электросвёрла ЭРП18Д-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 3.17

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 электросвёрла, 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 электросвёрл 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. 3.2 – 3.3.

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 3.18

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, м^2		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 3.9

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 Bomer 104S	Rocket Bomer 282S
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, м^2		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 м^2.

3.5. 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	Коэффициент использования шпуров	-	
2	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	Расход ВВ на цикл	кг	
9	Расход ВВ на 1 метр выработки	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_____

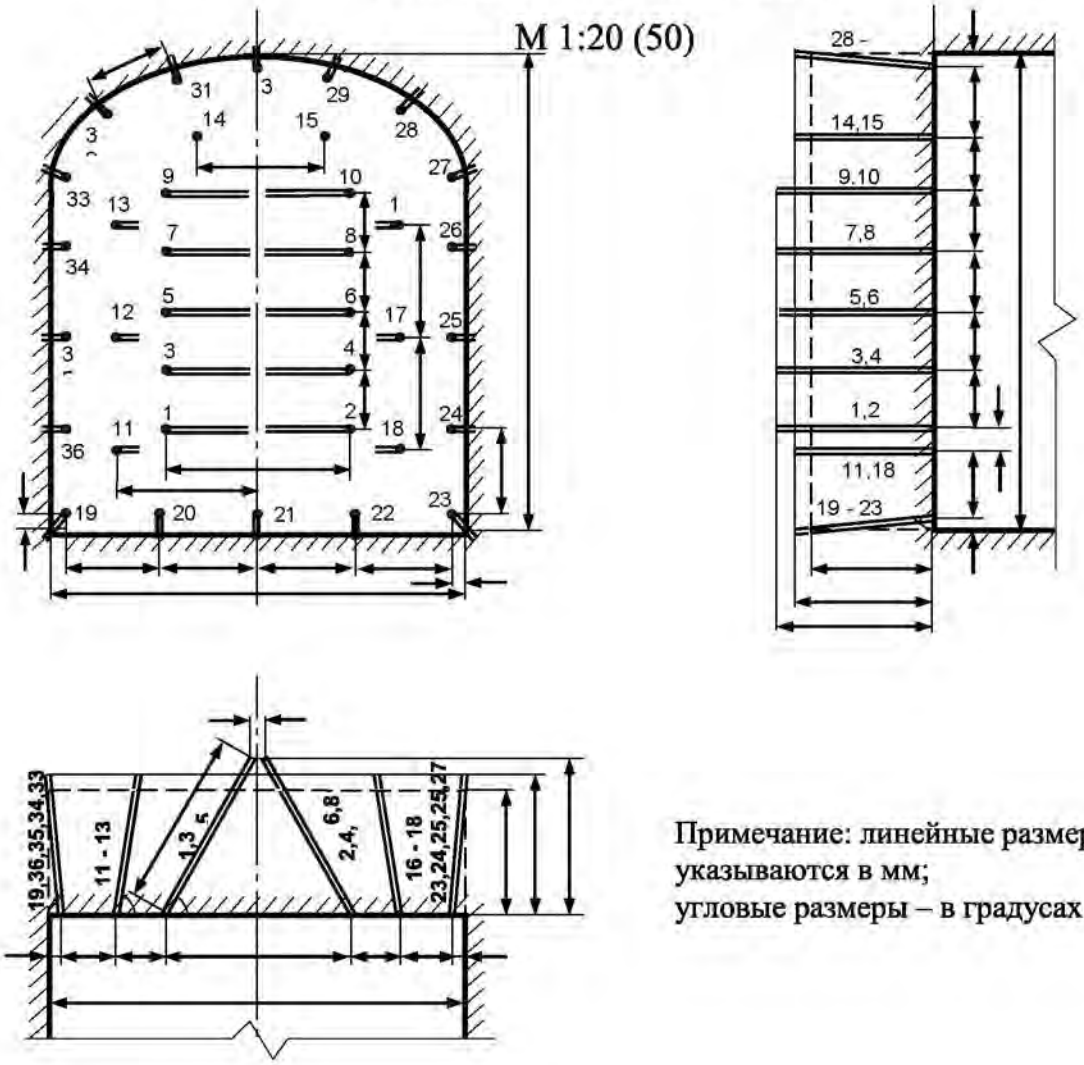
8.2. Место выставления постов_____

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.

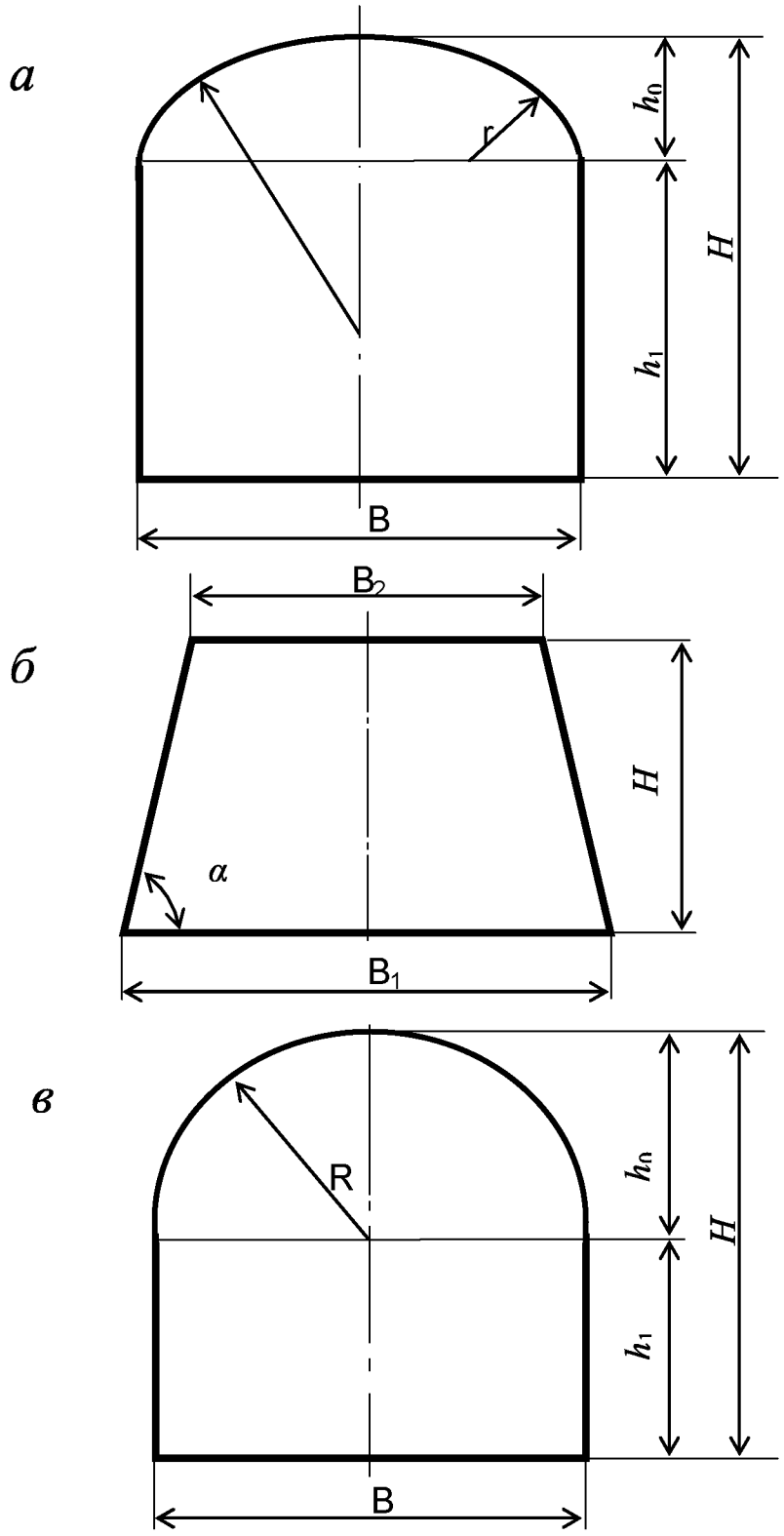
Конструкции зарядов



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



$h_0 = B / 3;$
$h_1 = B - h_0;$
$R = 0{,}694\ B;$
$R = 0{,}262\ B.$

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. П4.1. 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	$\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$	$B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$
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.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.

8. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

Учебное издание

Петрушин Алексей Геннадиевич
Лещуков Николай Николаевич
Прищепа Дмитрий ВЯчеславович

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Разрушение горных пород» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Редактор *Д. В. Прищепа*

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

МИНИСТЕРСТВО НАУИК ИВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ И ЗАДАНИЯ

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация

№3 Открытые горные работы

Форма обучения: очная, заочная

Автор(ы) Цейтлин Е.М., доцент, к.г.м.н.,
Студенок Г.А.

Екатеринбург

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения дисциплины «Горнопромышленная экология» студенты должны изучить теоретический материал, выполнить контрольную работу и другие, предусмотренные рабочей программой дисциплины, самостоятельные задания. По окончании изучения дисциплины предусмотрен экзамен.

Занятия по дисциплине «Горнопромышленная экология» проводятся в форме лекций и практических (семинарских) занятий.

Цель лекции – формирование основы для последующего усвоения учебного материала.

Цель практических и семинарских занятий – оказание помощи студентам в изучении наиболее важных вопросов учебного курса, углубление и закрепление, систематизация соответствующих знаний студентов по предмету.

При изучении дисциплины «Горнопромышленная экология» важную роль играет самостоятельная работа студентов, которая заключается в организации систематического изучения учебной дисциплины, закреплении и углублении полученных знаний и навыков, подготовке к предстоящим занятиям, а также в формировании культуры умственного труда и самостоятельном поиске новых знаний.

Для успешного изучения дисциплины и приобретения компетенций (см. программу дисциплины) студенты должны посетить аудиторные занятия, повторить материалы лекций, провести подготовку к практическим и семинарским занятиям, самостоятельно прочитать рекомендуемую основную и дополнительную литературу, подобрать и ознакомиться с понятийным аппаратом.

Выбор литературы для изучения делается обычно по программе дисциплины либо путем самостоятельного отбора.

Во время изучения литературы необходимо конспектировать и делать записи прочитанного. Такие записи способствуют лучшему осмыслению и усвоению, выработке навыков кратко и точно излагать материал.

Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Необходимость изучения дополнительной литературы диктуется прежде всего тем, что в учебниках зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражение изменения в законодательстве и тенденции практики. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала.

Перечень вопросов, подлежащий изучению, приведен в программе курса.

Теоретические знания, полученные в ходе прослушивания лекций, изучения основной и дополнительной литературы, участие в семинарских и практических занятиях позволяют студентам формировать всю полноту и объективность знаний.

Выполняя контрольную работу, другие письменные задания, студент учится самостоятельно работать с основной и дополнительной литературой, выявлять наиболее важные аспекты, углубленно и более детально изучать материалы по дисциплине и расширять свой кругозор.

Практические задачи, составляющие содержание практических занятий, контрольной работы и других письменных заданий, помогут выработать умения и навыки применения теоретических знаний.

Кроме того, студентам предлагается выполнить тест для самопроверки и самоконтроля, ответ на который после изучения отдельных тем курса и курса в целом позволят студенту проверить полученные знания.

При постоянном, последовательном изучении всех тем дисциплины, активной работе на лекциях и практических (семинарских) занятиях студенту удается полностью освоить изучаемый предмет.

Степень и качество освоения курса будет зависеть от самодисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ВИДАМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студента состоит из следующих видов работ:

- повторение материалов лекций;
- самостоятельное изучение отдельных тем курса;
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к устному опросу;
- подготовка к докладу;
- работа с порталом электронных образовательных ресурсов;
- работа с литературой и интернет-ресурсами;
- тестирование.

Повторение материалов лекций предполагает их прочтение, запоминание основных терминов и определений, разбор смысла и содержания основных понятий, подготовку (запись) вопросов, которые остались неясными, непонятными. Поскольку не все важные вопросы достаточно полно раскрываются в лекциях, студент должен самостоятельно работать с учебными пособиями, дополняя конспект лекций.

Самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины предполагает чтение основной и дополнительной литературы по соответствующей теме, изучение научных статей и материалов, подготовку конспекта.

Ответы на вопросы для самопроверки и для подготовки к устному опросу позволяют оценить объем теоретических знаний. Ответы на все вопросы позволяют перейти к материалам для практических и семинарских занятий. Если ответить на вопрос затруднительно, следует повторить теоретический материал и найти ответ в лекциях, дополнительной литературе.

Работа с порталом электронных образовательных ресурсов предполагает регулярное использование студентом различных учебно-методических материалов, размещенных на портале.

Работа с литературой и интернет-ресурсами дополняет учебную работу на лекциях и практических (семинарских) занятиях. Для начала рекомендуется изучение тех источников, которые указаны преподавателем, при необходимости следует расширить круг изучаемых источников. Работа с информацией - поиск информации в библиотеке, Интернете, отбор информации для решения конкретной учебной задачи. При работе с интернет-ресурсами следует иметь в виду, что качество некоторых материалов может быть не соответствующим необходимому уровню.

Тестирование позволяет провести проверку знаний отдельных тем курса и всей дисциплины в целом.

Выполнение домашних заданий предусмотрено в следующей форме:

Подготовка к докладу – подготовка доклада на определенную тему, включающего обзор соответствующих литературных и других источников или краткое изложение книги, научной работы, статьи, исследования;

Конкретные виды заданий по дисциплине «Горнопромышленная экология» указаны далее.

Важнейшее требование для всех письменных работ - самостоятельность их выполнения.

Добросовестное выполнение данных методических указаний будет способствовать усвоению знаний, приобретению навыков практической деятельности, формированию указанных в программе учебной дисциплины компетенций.

Тема 1. Воздействие антропогенных факторов горного производства на подсистемы биосферы.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 1 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главу 1 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва : БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое безотходные технологии?
2. В чём заключается загрязнение окружающей среды от горнопромышленных производств?
3. Какие существуют компоненты земной атмосферы?
4. Назовите основные пути решения экологических проблем.

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Как правильно оценивается эффективность экологической охраны окружающей среды?

- как системный показатель прибыли, полученный от сохранения чистоты продуктивности природной среды, являющейся индикатором здоровья людей и продолжительность их жизни;
- как системный показатель прибыли, полученный от сохранения и рационального использования природных ресурсов и естественных условий;
- как показатель эколого–социально–экономической прибыли, понимаемый как конечный результат природоохранных мероприятий.

2. Какую роль в управлении и экономическом регулировании экологической охраны природы и окружающей среды играют кадастры и реестры природных ресурсов?

- введение стимулирующих льготных налогов, цен на экологически чистую продукцию;
- дифференцирование взимания платы за пользование природными ресурсами с учетом ренты;
- установление нормативных налоговых и других видов платежей, штрафных санкций за загрязнение окружающей среды.

3. Расставьте по степени снижения их вредного воздействия на окружающую среду виды транспорта:

- ракетно-космический;
- водный;
- авиационный;
- железнодорожный;
- автомобильный;
- трубопроводный.

4. Расставьте в последовательности увеличения экологической нагрузки на окружающую среду объекты топливно-энергетического комплекса:

- ТЭС, сжигающие уголь и горючие сланцы;
- геотермальные электростанции;
- ТЭС, сжигающие нефтепродукты;

- ТЭС, сжигающие газ;
- АЭС, при их безаварийной работе.

5. Что такое экологический фактор?

6. Что представляют собой абиотические факторы?

7. Антропогенные факторы это…

8. Каким геологическим процессам подвергаются отвалы техногенных пород?

а) выветривания;

б) испарению;

в) водной и ветровой эрозии.

9. Какие геохимические изменения природы вод происходят в результате разработки сульфидных месторождений?

а) накопление тяжёлых металлов;

б) условия миграции химических элементов;

в) рассеяние тяжёлых металлов.

10. К каким изменениям приводит разработка месторождений нефти на шельфе?

Тема 2. Взаимодействие природных и техногенных процессов, преобразование вещества и энергии в горном производстве.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 2 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главу 2 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва : БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Как промышленное производство воздействует на окружающую среду?
2. Назовите принципы нормирования техногенного воздействия промышленности на окружающую среду.
3. Какие существуют требования к технологическим процессам горного производства?
4. Какие существуют требования к аппаратному оформлению, сырью, энергоресурсам и готовой продукции?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Выветривание горных пород, связанное с круговоротом воды, называется..

2. Основные горные породы земли и металлы, слагающие земную кору- это..

3. Наибольшую опасность представляет нарушение герметичности сосуда хранения жидкостей 1 и 2 категории (правильный ответ):

А. выше уровня жидкости; Б. ниже уровня жидкости;

В. отказ предохранительного клапана.

4. Взрывом называют:

А. Внезапное высвобождение энергии, сопровождающееся быстрым увеличением давления в ограниченном пространстве;

Б. Внезапное высвобождение энергии, сопровождающееся изменением состояния вещества;

В. Сильный и шумный хлопок, связанный с нагнетанием и сбросом давления.

5.Что из нижеперечисленного является основным поражающим фактором при взрыве?

А. Тепловая энергия;

Б. Ударная волна;

В. Звуковая волна.

6. Какие виды взрывов бывают? (согласно классификации)

7. К легко воспламеняющимся жидкостям относятся …

8. Взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости происходит при(выберите правильный ответ):

А. Разгерметизации сосуда под давлением;

Б. Нахождении сосуда под давлением в зоне пожара;

В. Разлитии воспламеняющегося вещества

9. Физические характеристики токсичных веществ (выберите неправильный ответ):

А. Способность к рассеиванию;

Б. Стойкость;

В. Гидрофильность.

Тема 3. Оценка воздействия на окружающую среду горных предприятий. Разделы ООС и ОВОС в проектной документации.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 3 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

- ознакомиться со следующими нормативно-правовыми документами:

Закон «Об охране окружающей природной среды»	Верховный Совет РФ с изменениями на 27 декабря 2018 года
Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации	Приказ Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 N 372. Зарегистрировано в Минюсте РФ 04.07.2000 N 2302
Закон «Об экологической экспертизе»	Законодательное Собрание РФ

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Что такое оценка воздействия на окружающую среду?
2. В чём заключается государственная экологическая экспертиза?
3. Сколько этапов в себя включает ОВОС?
4. В чём заключается экологическая экспертиза и экологический аудит? В чём их различие?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Что первоначально проводится при проведении ОВОС?

1. Собрание ГЭЭ.
2. Рекогносцировочная оценка.
3. Предварительная проверка.
4. Оценка по проведению ОВОС.

2. Что готовит заказчик/инвестор на любой стадии разработки проектной документации?

1. Информацию о состоянии ОПС.
2. Участников процесса ОВОС
3. Техническое задание.
4. Оценку доходов на предприятии.

3. Что включает в себя предварительная оценка воздействия на окружающую среду?

1. Анализ, проверка, выявление и прогноз.
2. Описание, анализ и характеристика.
3. Характеристика и оценка.
4. Анализ и меры по снижению воздействия

4. Какие разделы предусматриваются в проекте ТЕО?

5. Описание, анализ, характеристика, оценка и меры мы можем отнести к…

6. Сколько этапов содержит, согласно "Положению об ОВОС в РФ", данная процедура?

1.три

2.четыре

3. пять

7. Какой итоговый документ первого этапа ОВОС выдается, согласно "Положению об ОВОС в РФ"?

1. Сводка воздействий на ОС
2. Техническое задание на проведение ОВОС
3.Разрешение на проведение ОВОС

8. Является ли обязательным информирование общественности на первом этапе ОВОС?

1. Да
2. Нет

9. Итогом третьего этапа ОВОС, согласно "Положению об ОВОС в РФ", является…

10. Что не должны содержать материалы ОВОС проектов новых технологий и техники?

1. Характеристику технологического процесса
2. Бизнес-план применения данной технологии
3. Оценку методического подхода к определению и расчёту выбросов (сбросов)
4. Алгоритмы расчёта удельных количеств ЗВ, поступающих в ОС

Тема 4. Охрана атмосферного воздуха в горном производстве, причины, источники и нормирование воздействия, методы очистки.

Тема 5. Охрана поверхностных и подземных вод в горном производстве, причины, источники и нормирование воздействия, методы очистки.

Тема 6. Охрана и рациональное использование недр и земной поверхности при строительстве и эксплуатации подземных сооружений, шахт и карьеров.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 4,5,7 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главы 4,5 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва : БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Какие существуют нормативы качества атмосферного воздуха?
2. Перечислите основные источники загрязнения атмосферы от горных проивзодств.
3. Какие существуют инженерные методы защиты воздуха от загрязнений?
4. Что такое рециркуляция газов?
5. В чем заключается смысл создания замкнутых водооборотных систем?
6. Как нормируется качество воды?
7. Какие существуют мероприятия по охране водных ресурсов?
8. Перечислите инженерные методы очистки сточных вод.
9. В чём заключается антропогенное воздействие на ландшафты от горных производств?
10. Что такое почвы? В чём проявляются её свойства?
11. Какие существуют мероприятия по охране земельных ресурсов?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Что не относится к мерам по предотвращению загрязнения воздуха?

а) разбавление метана свежим атмосферным воздухом за счёт общешахтной нагнетательной вентиляции и местной всасывающей;

б) изоляция выработанного пространства;

в) средства индивидуальной защиты шахтёра («самоспасатель»);

в) контроль за состоянием и качеством проветривания;

г) опережающая дегазация пластов;

д) дегазация выработанного пространства;

е) применение горного оборудования во взрывобезопасном исполнении.

2. Что не относится к способам борьбы с рудничной пылью?

а) применение очистных и проходческих комбайнов с крупным срезом стружки;

б) предварительное нагнетание в пласт воды;

в) применение взрывной отбойки патронированными ВВ;

г) орошение забоя;

д) сухое пылеулавливание;

е) связывание пыли полимерами;

ж) применение средств индивидуальной защиты (респиратор).

3. Что не относится к защите гидросферы от загрязнений?

а) механическая очистка сточных и шахтных вод;

б) бурение шпуров и скважин с промывкой;

в) использование коагулянтов и сорбентов;

г) хлорирование;

е) утилизация жидких промышленных отходов;

ж) создание пневмобарьера.

4. Что не относится к защите литосферы?

а) технологии по утилизации и обезвреживанию промышленных отходов;

б) сжигание токсичных отходов;

в) ликвидация воронок обрушения;

г) переработка отходов в шлаковом расплаве;

д) рекультивация карьера и промплощадки рудника (шахты);

е) обеззараживание загрязнённых территорий;

ж) противоэрозионные мероприятия.

5. Какие мероприятия не относятся к изоляции и захоронению отходов?

а) хранение отходов в специальных наземных, слабоуглубленных и подземных сооружениях;

б) размещение отходов в глубоких океанических впадинах с застойными режимами перемещения вод;

в) закладка выработанного пространства;

г) размещение отходов в мощных толщах материковых льдов;

д) преобразование отходов в нейтральное вещество;

е) сжигание, переработка отходов.

6. Что не относится к экологическому воздействию?

а) вентиляция шахт и карьеров;

б) водоотлив и водозабор;

в) осушение месторождений;

г) сооружение отвалов, хвостохранилищ;

д) шум, сейсмика взрывов;

ж) отчуждение и изъятие земель;

з) оформление земельного и горного отвода;

и) добычные работы.

7. Какие техногенные загрязнения окружающей среды могут вызвать «региональную экологическую катастрофу?

8. Наибольший объём среди отходов бурения составляют:

- буровые сточные воды;
- хозяйственно-бытовые отходы;
- буровой шлам.

9. Основой стратегии создания экологически безопасной технологии бурения является:

- безопасный сброс буровых сточных вод в объекты природной среды;
- утилизация отходов бурения;
- применение оборотного водоснабжения.

10. В каких зонах морей самоочищение нефти происходит быстрее:

- в холодных водах;
- в тёплых водах;
- в арктических водах.

11. Что не является конструктивной частью бунового заграждения:

- плавучая часть;
- нефтесборщики;
- экранирующая и балластная части.

12. Наиболее надёжными методами ликвидации нефтяного загрязнения в морях являются:

- биологические методы;
- механические;
- химические.

13. При бурении и эксплуатации геотехнологических скважин наибольшее загрязнение оказывает:

- подземное растворение солей;
- подземное выщелачивание металлов;
- подземная выплавка серы.

14. Какие наиболее дисперсные загрязнители содержатся в буровых сточных водах:

- взвеси в виде тонкодисперсных суспензий и эмульсий;
- растворимые минеральные соли;
- коллоидные и высокомолекулярные соединения.

15. К механическим методам очистки буровых сточных вод не относятся:

- центрифугирование;
- адсорбция;
- отстаивание.

16. Для обезвреживания и утилизации отработанного бурового раствора и шлама не применяется следующий метод:

- отверждение;
- электрокоагуляция;
- физико-химическая нейтрализация.

17. Когда должны разрабатываться профилактические мероприятия по минимизации вредного воздействия объектов недропользования на окружающую среду?

1. – в процессе строительства и эксплуатации объекта
2.- при проектировании объекта
3. – после завершения эксплуатации объекта

18. Что контролирует, учитывает и прогнозирует горно-геологический мониторинг на объектах недропользования?

1. – климатические изменения
2. – загрязнение воздушного и водного бассейнов
3. – изменение ландшафта

4. - движение разведанных запасов полезных ископаемых, их погашение, потери и разубоживание.

19. Назовите один из приоритетных принципов геоэкологической экспертизы.

1.– производственная необходимость

2. – экономическая целесообразность

3.- соблюдение технологических норм проектирования и экологии недропользования

4.– корпоративные интересы недропользователей

20.Укажите супертоксичную геохимическую группу элементов:

1.– Cu, Zn, S, Bi, Ag

2. - Ti, Na, K, Ta, Rb, Ca, Si, Nb

3.– Hg, Cd, Tl, Be, U, Rn, радионуклиды Sr и др.

4. – Pb, Se, Te, As, Sb

21. Какая взаимозависимость (корреляции) между величинами потерь и разубоживания?

1. – прямая

2. – обратная

3. – неопределенная

22. Какими показателями выражается регламентация санитарно – защитных зон предприятий при добыче полезных ископаемых?

1. – расстояние, м

2. – площадь, м2

3. – объем, м3

23. Укажите группу минерального сырья с наибольшим размером платежа на ее добычу.

1. – горно-химическое сырье

2.– радиоактивное сырье

3. – нефть, природный газ

4. – черные металлы

5. – цветные и редкие металлы

24. Укажите загрязняющее вещество за сброс, которого в поверхностные и подземные воды плата наиболее высокая:

1. – нефть и нефтепродукты

2. – ртуть

3. – железо

25. Соотнести группы нормативов качества атмосферного воздуха с определениями:

1.	(ПДКр.з.)	А.	Среднесуточная предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия в условиях неопределенного долгого круглосуточного вдыхания
2.	(ПДКс.с.)	Б.	Временный гигиенический норматив сроком на три года, по истечении которого он должен быть пересмотрен или заменен значениями ПДК
3.	(ПДКм.р.)	В.	Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны, которая не должна вызывать у работающего при ежедневном вдыхании в пределах 8 часов в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования непосредственно в процессе работы или в

			отдельные сроки
	ОБУВ	Г.	Максимальная разовая концентрация загрязняющих веществ в воздухе населенных мест, которая не должна вызывать в течение 30 минут рефлекторных реакций в организме человека

26. Дайте определение санитарно-защитной зоне (СЗЗ)….

27. При введении предприятия в эксплуатацию требуются расчеты ПДВ:

а) Для всех компонентов выбросов, входящих в выброс

б) Для веществ, составляющих основную часть выброса

в) Для веществ, опасность которых для жизни и здоровья человека не установлена

г) Верно все

д) Верно б, в.

28. В целях определения критериев безопасности и (или) безвредности воздействия химических, физических и биологических факторов на людей, растения, животных и т.д., а также в целях оценки состояния атмосферного воздуха устанавливаются:

а) Гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха;
б) Экологические нормативы качества атмосферного воздуха
в) Предельно допустимые уровни физических воздействий
г) Временно согласованные сбросы
д) Качественные показатели сбросов

29. В соответствии с федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ “Об охране окружающей среды” под нормированием в области охраны окружающей среды понимается:
а) установление нормативов на эксплуатацию природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот
б) установление нормативов качества окружающей среды
в) установление нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности
г) разработка нормативных правовых документов в области охраны окружающей среды

30. В соответствии с федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ “Об охране окружающей среды” под мониторингом окружающей среды (экологическим мониторингом) понимается:
а) независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований в области охраны окружающей среды
б) система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушений законодательства в области охраны окружающей среды
в) вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности
г) комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Тема 7. Горное производство как источник образования отходов, экологические аспекты обращения с отходами, учёт и отчетность при обращении с отходами.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 6 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главу 6 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва: БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Какие существуют источники образования и виды деятельности с отходами производства и потребления?

2. Какие основные отходы образуются в результате горного производства?

3. Какие предъявляются требования к обеспечению экологической безопасности при обращении с опасными отходами?

4. Какие существуют классы опасности отходов?

5. Что такое нормативы образования отходов и лимиты на их размещение?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный только один.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1.Отходы, которые после соответствующей обработки могут быть снова использованы в производстве, называются:

1. Возобновимыми ресурсами.
2. Вторичными ресурсами.
3. Невозобновимыми ресурсами.
4. Оборотными ресурсами.
5. Сбереженными ресурсами.

2. Показатель качества окружающей среды, определяющий максимально допустимое содержание вредного вещества, которое на протяжении длительного времени не оказывает отрицательного влияния на здоровье организма и его потомства, называется:

1. Государственный стандартом.
2. ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия).
3. ГОСТом.
4. ПДК.
5. Нет верного ответа.

3. Разновидность малоотходных процессов - это... , при котором использованная в производстве вода очищается, охлаждается и снова пускается на производственные нужды.

1. Оборотное водоснабжение.
2. Реутилизация.
3. Экономичное водоснабжение.
4. Минимальное водоснабжение.
5. Оптимальное водоснабжение.

4. Какой из источников вносит наибольший вклад в антропогенное повышение в атмосфере концентрации углекислого газа?

1. Извержение вулканов.
2. ТЭЦ.
3. Автотранспорт.
4. Разложение органических веществ почвы.
5. Котельные жилых домов.

5. Ресурсосберегающие технологии – это:

1. Строго фиксированная оплата труда.
2. Использование новых технологических разработок.

3. Минимальные затраты труда и энергии.
4. Строго фиксированные ежемесячные затраты.
5. Нет верного ответа.

6. Сероулавливающие установки в крупных городах позволяют использовать до 90% сернистого газа для производства серной кислоты. Какой принцип учтен в таком производстве?

1. Принцип сверхточных технологий.
2. Принцип исключения.
3. Принцип взаимоприспособляемости.
4. Принцип рециклизации.
5. Принцип неопределенности.

7. Остатки сырья, материалов, полуфабрикатов химических соединений, образующиеся при производстве продукции или выполнении работ, утратившие полностью или частично свои потребительские свойства:

а) основные отходы;
б) вторичные материальные отходы;
в) отходы потребления;
г) отходы производства;
д) отходы предприятия

8. Складирование твёрдых отходов горного производства осуществляется в качестве:

А) потенциального минерально-сырьевого ресурса
Б) отходов предприятия

9. Рециркуляция, это…

10. Системы классификации отходов подразделены:

а) по отраслевому принципу;
б) по агрегатному состоянию;
в) направлениям использования;
г) все перечисленное

Тема 8. Экономические аспекты воздействия горного производства на окружающую среду.

Цель: закрепление и систематизация знаний по теме, разработка навыков работы с литературой.

Задания

Домашнее устное задание:

1. Повторение материала лекций:

– прочитать раздел 9 учебного пособия: Обеспечение экологической безопасности в промышленности: учебно-методическое пособие/ А.В.Хохряков, А.Г.Студенок, И.В.Медведева, А.М.Ольховский, В.Г.Альбрехт, Е.А.Летучая, А.Ф.Фадеичев, О.А. Москвина, Е.М. Цейтлин, Г.А. Студенок; Институт инженерной экологии УГГУ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017.

– прочитать главы 10,12,13, 15 учебного пособия: Промышленная экология : учебное пособие / В. А. Зайцев. - Москва: БИНОМосква Лаборатория знаний, 2013. - 382 с

2. Вопросы для самоконтроля и для подготовки к устному опросу:

1. Как рассчитывается плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу?
2. Что входит в плату за сброс загрязняющих веществ в водные объекты?
3. Какие экологические проблемы проявляются от горного производства?
4. Как рассчитывается плата за размещение отходов?

Задания для тестирования:

Инструкция. Внимательно прочитайте вопрос и варианты ответов. Из предложенных ответов правильный может быть один или несколько.

На листе бумаги напишите тему, номера вопросов и проставьте рядом номер правильного ответа или впишите словами.

1. Как соотносятся экология и экономика по затратным статьям:

- прямая корреляционная связь;
- обратная корреляционная связь;
- отсутствие связи (взаимозависимости).

2. Куда поступает плата за пользование недрами?

- на производственные нужды предприятия – недропользователя;
- в бюджет административных управленческих структур;
- на статью соцкультбыта населения.

3. Какое структурное подразделение выдает лицензию на право недропользования, на выбросы, сбросы и размещение твердых отходов?

- Министерство сельского хозяйства РФ;
- Росгортехнадзор;
- Министерство природных ресурсов РФ;
- Министерство образования и науки РФ.

4. С каким понятием связано случайное вредное воздействие на окружающую среду объектами недропользования?

- «парникового эффекта»;
- технического риска;
- роялти.

5. Какие причины конфликтов между бизнесом и охраной окружающей среды?

6. Для чего создается система экологических отходов?

7. Государственное управление в области промышленной безопасности осуществляется через:

А. Лицензирование деятельности;

Б. Платежи за эксплуатацию технических систем повышенной опасности;

В. Систему административной и уголовной ответственности за нарушение правил эксплуатации опасных технологий

8. Декларация безопасности промышленного объекта должна включать следующие сведения (выберите неправильный ответ):

А. Основные характеристики технологических процессов;

Б. Перечень мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

В. Перечень мероприятий по предупреждению и ликвидации экологических последствий чрезвычайных ситуаций;

Г. Сведения о природно-климатических особенностях района размещения объекта.

9. Экологическая экспертиза устанавливает соответствие между:

а) намечаемой хозяйственной деятельностью и экологическими требованиями;

б) существующей деятельностью человека и экологическими требованиями;

в) результатами деятельности человека и экологическими требованиями

10. Как называется предельное количество вещества, разрешаемое к выбросу от данного источника, которое не создает приземную атмосферную концентрацию, опасную для людей, растительного и животного мира?

Для проведения контроля самостоятельной работы студентов применяются: доклад, тестирование; экзамен.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ
(уровень творческой деятельности)

Написать Доклад – подготовить доклад на определенную тему.

Доклад должен включать 3 раздела: 1 - проблемный - практический (анализ, обзор, творческое изложение статей ученых на выбранную тему в научных журналах за два года (текущий и предшествующий), 2 - собственное мнение на выделенную проблему; 3 - список научной литературы по выбранной теме.

Выбор темы осуществляется студентом самостоятельно.

1. Экологические факторы и их действие
2. Экосистемы: структура и динамика
3. Круговорот веществ в биосфере
4. Законы экологии
5. Источники воздействия на природную среду на горнодобывающих предприятиях.
6. Характеристика источников загрязнения литосферы, гидросферы, воздушного бассейна
7. Задачи органов управления охраной и регулированием использования природных ресурсов
8. Технико-эколого-экономическая оценка эффективности использования и охраны минеральных ресурсов при разработке месторождений полезных ископаемых
9. Оценка эффективности использования и охраны земель при добыче и переработке полезных ископаемых
10. Охрана и рациональное использование земель при добыче и переработке полезных ископаемых
11. Рекультивация карьерных выемок, мульд сдвижения и зон обрушения.
12. Водоснабжение горных предприятий. Водопотребление при добыче и переработке полезных ископаемых. Способы подачи воды.
13. Охрана воздушного бассейна от пылегазовых выбросов предприятий. Планирование достижений предельно допустимых выбросов.
14. Утилизация отходов производства.
15. Использование подземного пространства земных недр.
16. Технология экологически замкнутого производства.
17. Принципы утилизации и использования шахтного метана.
18. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выброса.
19. Способы складирования углесодержащих и радиоактивных горных пород.
20. Влияние газопылеобразных отходов на биосферу и климат планеты. 25.Извлечение металлов и других полезных соединений из отходов.

Объем Доклада не более 25 листов. Оформление работы должно отвечать общим требованиям, установленным в университете.

Результат работы представляется на практическом (семинарском) занятии по соответствующей теме.

Требования к докладу на практическом (семинарском) занятии

Студенту предоставляется время для выступления на практическом (семинарском) занятии продолжительностью не более 15 минут: 10 минут - доклад, 5 минут - ответы на вопросы.

Студент представляет доклад в форме компьютерной презентации, выполненной в MS PowerPoint.

Презентация должна иметь:

слайд, содержащий полное название доклада, ФИО автора;

слайд, содержащий четко сформулированную решаемую задачу;

несколько слайдов, описывающих решение задачи;

слайд, содержащий краткие выводы из работы.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Оформление самостоятельной работы студента должно отвечать общим требованиям, установленным в университете Положением о требованиях к оформлению Докладов, отчетов по практике, контрольных, курсовых, дипломных работ и магистерских диссертаций.

ОЦЕНКА ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Критерии оценки Доклада – новизна текста, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдение требований к оформлению.

Новизна текста - актуальность темы Доклада; новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы; умение работать с литературой, нормативными правовыми актами, систематизировать и структурировать материал; наличие авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений.

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 (привлечены ли наиболее известные работы по теме доклада статистические данные, справки и т.д.).

Соблюдение требований к оформлению - правильность оформления ссылок на источники, списка использованных источников; грамотное изложение текста (орфографическая, пунктуационная, стилистическая культура); владение терминологией; соблюдение требований к объёму доклада.

Критерии оценки публичного выступления (защита Доклада) - логичность построения выступления; грамотность речи; глубина выводов; умение отвечать на вопросы; оригинальность формы представления результата; поведение при защите работы *(*манера говорить, отстаивать свою точку зрения, привлекать внимание к важным моментам в докладе или ответах на вопросы и т.д.).

Критерии оценки презентации - эстетическое оформление; использование эффектов анимации.

Выполнение Доклада и доклад его результатов на занятии оценивается по четырёхбалльной шкале: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно.

Оценка *«отлично»* - Доклад полностью соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

Оценка «*хорошо*» - Доклад в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

Оценка *«удовлетворительно»* - Доклад частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

Оценка *«неудовлетворительно»* - Доклад не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки).

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.1.34 АЭРОЛОГИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 3
«Открытые горные работы»

форма обучения: очная, заочная

Автор: ст. преподаватель Мухин Д.В.

Екатеринбург

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.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО

Специальность
21.05.04 Горное дело

Автор: Бадулин А.П., доцент, к.т.н.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
1. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ 4
1.1. Общее положение 4
1.2. Вертикальная планировка горизонтальной промплощадки 4
1.3. Вертикальная планировка наклонной промплощадки 13
2. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ ВЫНОСА ЦЕНТРА И СТРОИТЕЛЬНЫХ ОСЕЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ С ПРОЕКТА В НАТУРУ 18
3. ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛИКА ПОД СООРУЖЕНИЕ 24
3.1. Общее положение 24
3.2. Построение предохранительного целика под здание методом вертикальных разрезов 25
3.3. Построение охранного целика под здание методов перпендикуляров 27
4. ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 36

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания написаны в соответствии с действующей учебной программой курса «Маркшейдерское дело». Прилагаемые методические указания к контрольным работам по данному курсу для специальности 21.05.04 Горное дело. В методических указаниях изложены: методика обработки, последовательность вычислений, правила оформления результатов.

В методических указаниях рассмотрены следующие вопросы:

1. Вертикальная планировка промплощадки.
2. Подготовка данных для выноса центра и строительных осей горной выработки с проекта в натуру.
3. Построение предохранительного целика под сооружение.
4. Подсчет запасов месторождения полезных ископаемых.

1. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ

1.1. Общее положение

Вертикальная планировка промплощадки предназначена для сглаживания естественного рельефа, придавая поверхности площадки такую форму, при которой наиболее целесообразно решать вопросы размещения сооружения, транспортных путей и стока воды. Планируемой поверхности площадки обычно придают плоскую форму, чаще горизонтальную или, реже, наклонную. Поэтому существует вертикальная планировка горизонтальной и наклонной площадки.

При вертикальной планировке промплощадки проводят следующие разбивочные работы:

1) разбивка контура промплощадки и закрепление угловых точек;
2) разбивка и закрепление точек строительной сетки;
3) определение высотных отметок H точек строительной сетки;
4) выбор отметки H_0 проектного горизонта;
5) определение рабочих отметок сетки;
6) определение объема земляных работ;
7) исполнительная съемка спланированной площадки.

1.2. Вертикальная планировка горизонтальной промплощадки

Контур площадки разбивают в соответствии с техническим проектом, в котором проводятся основные размеры площадки, ее положение относительно стволов. Угловые точки контура закрепляют постоянными знаками и проводят разбивку строительной сетки.

Строительная сетка представляет собой систему точек, равномерно покрывающую поверхность планируемой площадки. Выбор системы точек зависит от рельефа поверхности, плоскости и застроенности площадки. Чаще всего выбирают квадратную или прямоугольную сетку со сторонами длиной 10 - 50 м (рис. 1.1).

Точки сетки закрепляют деревянными кольями со сторожками, на которых указывают номера точек и рабочей отметки. Стороны сетки ориентируют по направлению осей ствола.

Высотные отметки H точек сетки определяют нивелированием или по плану поверхности масштабов 1:500, 1:1000 и 1:2000 с сечением рельефа через 0,5 м.

Высотная отметка H_o проектного горизонта площадки предусматривается проектом. Если отметка горизонта площадки проектом не предусмотрена, то ее численное значение определяют с учетом рельефа, добиваясь минимального объема земляных работ, при этом:

$$H_o = H_{ср.} = \frac{\sum H_i}{h},$$

где H_i – высотные отметки точек вершин квадратов; n - количество точек сетки.

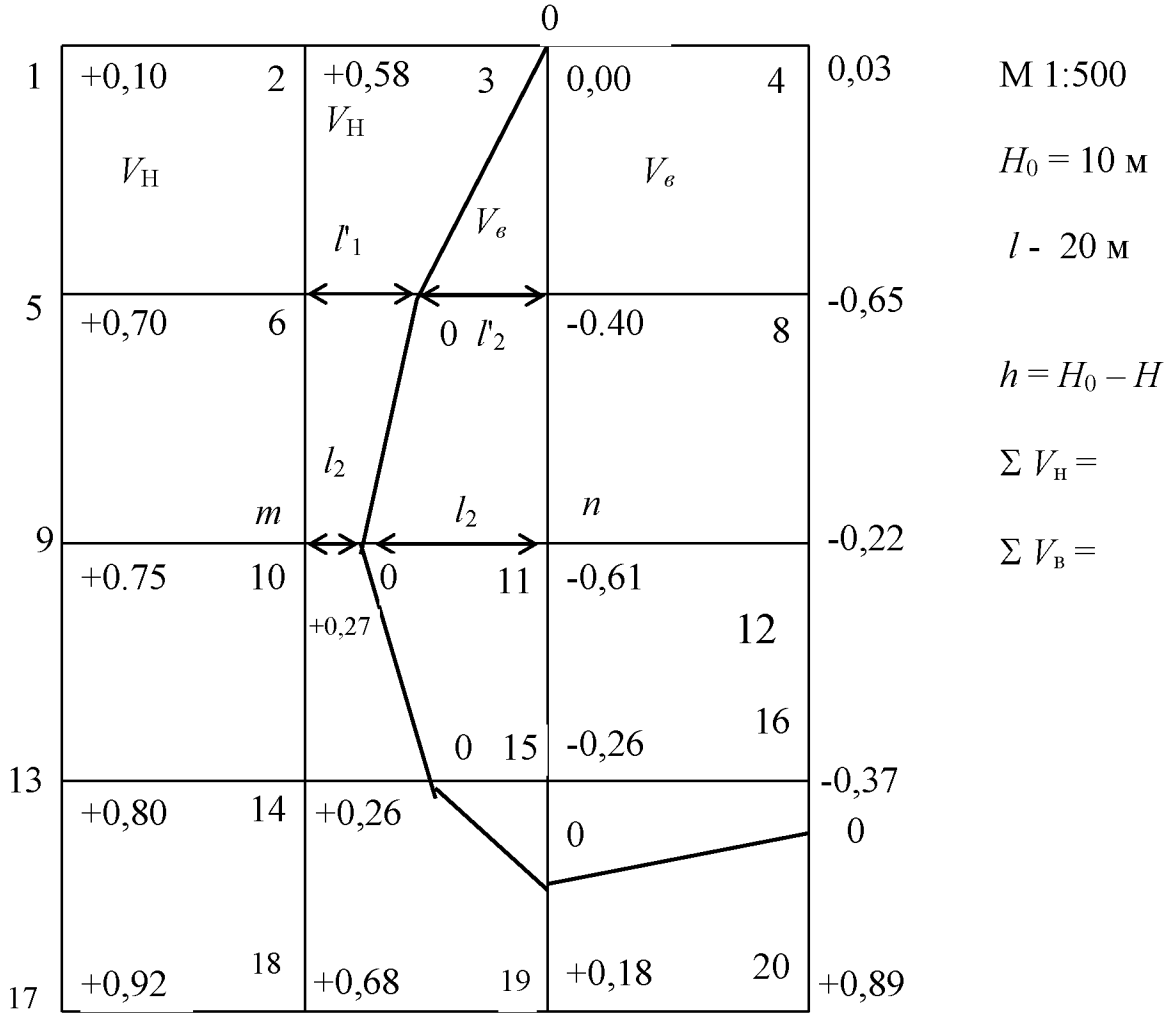


Рис. 1.1. Строительная сетка

Если же проектируемая поверхность промплощадки есть горизонтальная плоскость с проектным горизонтом H_o, то рабочие отметки точек m и n сетки (рис. 1.2) определяют по формулам:

$$h_m = H_o - H_m; \quad h_n = H_o - H_n.$$

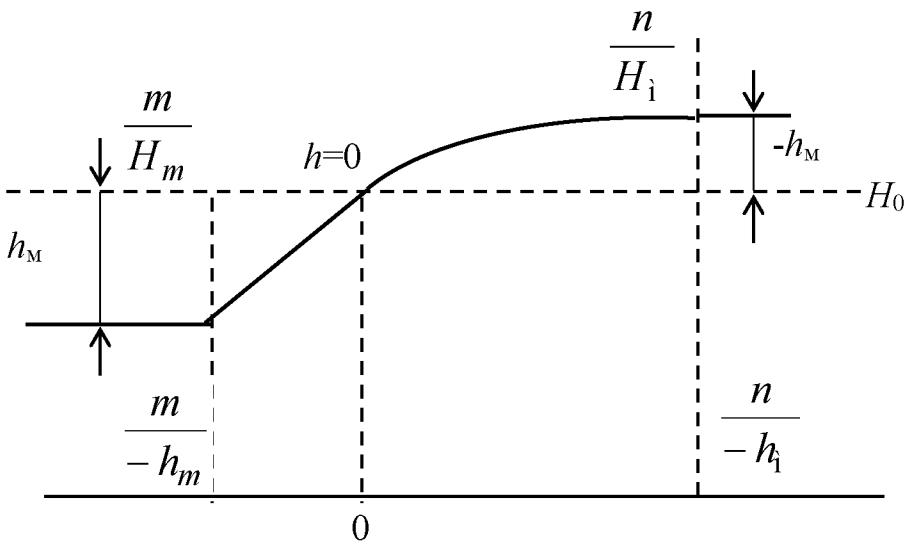


Рис. 1.2. Проектируемая поверхность промплощадки с горизонтальной плоскостью и с проектным горизонтом H_o

Положительные значения рабочих отметок показывают, что в данном месте необходимо сделать подсыпку грунта, отрицательные - выемку грунта.

При определении объема работ составляют схему участка промплощадки.

На схеме (см. рис. 1.1) показывают номера точек и их рабочие отметки, по которым находят линию нулевых работ. Для этого между соседними точками с противоположными знаками численных значений рабочих отметок находят точку с нулевой отметкой (см. рис. 1.2), затем точки с нулевыми отметками соединяют и получают линию нулевых работ (см. рис. 1.1).

Положение точки нулевой отметки легко определить с помощью графика (рис. 1.3), построенного на прозрачной бумаге или вычислить аналитически по следующим формулам:

$$l_1 = \frac{|h_m|\,l}{|h_m|+|h_n|}; \qquad l_2 = \frac{|h_n|\,l}{|h_m|+|h_n|},$$

где l - размер стороны квадрата, м.

Расстояние l_1 откладывают от точки m, а l_2 – от точки n, по линии, ограниченной этими точками.

Если $l = 20$ м ; $h_m = \pm 0{,}27$ и $h_n = -0{,}61$ м, то

$$l_1 = \frac{0{,}27 \cdot 20}{0{,}27 + 0{,}61} = 6{,}14 \text{ м} ; \qquad l_2 = \frac{0{,}61 \cdot 20}{0{,}27 + 0{,}61} = 13{,}86 \text{ м}.$$

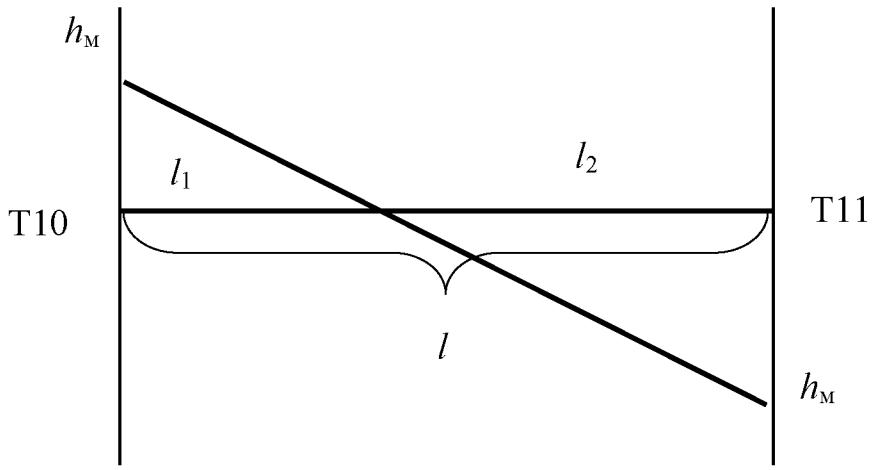


Рис. 1.3. График положения точки нулевой отметки

Объем земляных работ по планировке определяют по выемке и насыпи.

Существует несколько случаев определения объема, (рис. 1.4).

Первый случай. В квадрате рабочие отметки имеют одинаковый знак - или "+" или "-".

Например, в квадрате 1-2-6-5 по насыпи:

$$V = \frac{1}{4} S(h_1 + h_2 + h_5 + h_6),$$

где S - площадь квадрата, м^2 ; h_1, h_2, h_5, h_6 - значение рабочих отметок, м.

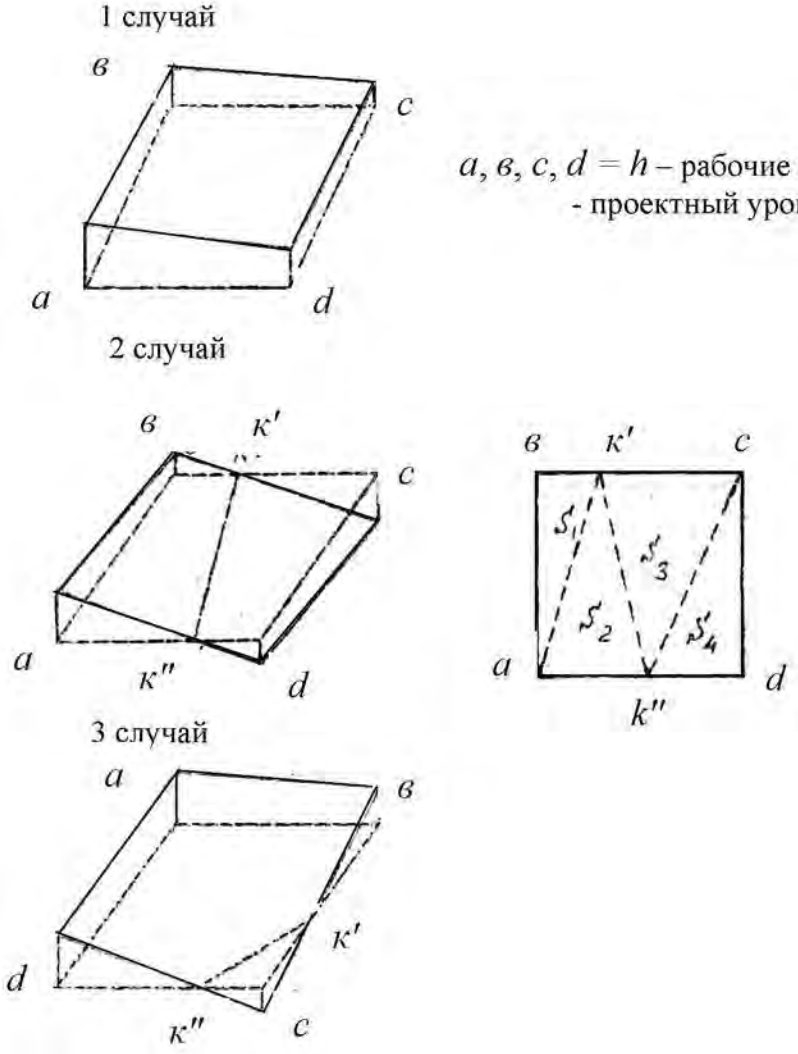
Аналогично вычисляется объем выемки, например, в квадрате 3-4-8-7.

Второй случай. В квадрате две рабочие отметки имеют один знак, а две другие - противоположный знак, т. е. при наличии линии нулевых работ (см. рис. 1.4).

Например, в квадрате 6-7-11-10 объем земляных работ (по насыпи и выемке) вычисляют по формулам:

$$V_H = \frac{1}{6}\left[S_1(2h_{10} + h_6) + S_2(h_{10} + 2h_6)\right];$$

$$V_b = \frac{1}{6}\left[S_3(2h_7 + h_{11}) + S_4(h_7 + 2h_{11})\right],$$



$a, в, c, d = h$ – рабочие отметки
- проектный уровень площадки

Рис. 1.4. Случаи определения объема

или по формулам

$$V_H = l\,\frac{l_1 + l_1'}{2} \cdot \frac{h_{10} + h_6}{4}; \qquad V_b = l\,\frac{l_2 + l_2'}{2} \cdot \frac{h_7 + h_{11}}{4},$$

где l_1, l_1', l_2, l_2' - расстояние от соответствующих точек квадрата до линии нулевых работ; S_1, S_2, S_3, S_4 - площади частей квадрата(вычисляют аналитически):

$$S_1 = \frac{1}{2} l \cdot l_1; \quad S_2 = \frac{1}{2} l \cdot l_1'; \quad S_3 = \frac{1}{2} l \cdot l_2; \quad S_4 = \frac{1}{2} l \cdot l_2'.$$

Третий случай. В квадрате три рабочие отметки имеют один знак, а одна - противоположный знак, например, в квадрате 18-14-15-19 (см. рис. 1.1).

В данном случае объем насыпных и выемочных работ вычисляют раздельно. Для этого определяют площади насыпи S_1 и выемки S_2 , умножают на средние высоты $h_{ср}$ насыпи и выемки. Величины площадей S_1 и S_2 определяют разделением их на простые геометрические фигуры (треугольник и пятиугольник или другие фигуры).

Величину рабочей отметки $h_{ср}$ в нашем случае определяют по формулам:

$$h_{ср} = \frac{h_{15}}{3}$$ - при площади треугольной формы;

$$h_{ср} = \frac{h_{18} + h_{14} + h_{19}}{5}$$ - при площади пятиугольной формы.

В данном случае расчеты объемов насыпных и выемочных работ вычисляют (см. рис. 1.4, 3-й случай):

$$V_H = S_1 \cdot \frac{h_{18} + h_{14} + h_{19}}{5}; \qquad V_В = S_2 \cdot \frac{h_{15}}{3},$$

где S_1 - площадь выемки работ, м^2; S_2 - площадь насыпи работ, м^2.

В табл. 1.1 даны варианты задач на определение объема работ при планировке горизонтальной поверхности промплощадки.

Общий объем работ определяют суммированием объемов насыпи и выемки по каждому квадрату

$$\Sigma V_H = V_{H1} + V_{H2} + ... + V_{Hn};$$
$$\Sigma V_B = V_{B1} + V_{B2} + ... + V_{Bn}.$$

Таблица 1.1

Высотные отметки точек строительной сетки

Точки сетки / Задача	Высотные отметки *H* точек, м							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	8,42	8,35	9,71	9,92	9,25	9,75	10,00	10,42
2	9,93	9,78	9,62	9,25	10,42	10,55	10,05	9,65
3	9,25	8,81	8,42	9,05	9,65	9,24	8,58	9,15
4	9,00	9,40	9,45	9,05	9,15	9,79	10,08	9,70
5	9,05	8,90	9,51	9,15	9,70	9,00	9,65	9,40
6	8,36	8,75	9,24	9,54	8,90	9,41	9,75	10,21
7	8,35	8,75	9,36	8,35	9,40	8,81	8,60	8,80
8	8,85	9,25	9,74	10,23	8,35	9,08	9,70	11,19
9	10,25	10,74	10,60	9,81	10,20	10,79	11,10	10,37
10	10,80	10,20	9,40	9,65	10,60	10,15	9,75	10,05
11	9,65	9,80	10,30	11,11	10,05	10,45	11,00	11,30
12	9,21	9,75	10,21	10,35	9,41	9,85	10,45	10,71
13	10,31	10,11	9,77	10,18	10,76	10,41	9,96	10,05
14	10,18	10,27	10,17	10,33	10,37	10,12	10,55	10,75
15	10,80	9,80	10,00	10,45	10,81	10,31	9,90	9,81
16	10,40	10,70	10,81	10,20	9,80	10,45	10,40	9,85
17	10,60	9,80	10,00	10,50	9,95	9,90	9,85	9,90
18	10,80	11,00	11,35	11,10	9,80	10,45	10,70	10,50
19	11,00	10,10	10,70	11,30	9,90	10,90	10,60	9,90
20	11,20	11,11	10,50	10,00	11,00	11,50	11,10	10,40
21	11,40	10,80	9,80	10,20	10,70	9,80	9,40	10,00
22	11,60	11,30	11,40	10,70	10,30	10,80	11,50	10,80
23	11,80	11,10	10,10	9,60	8,70	10,80	10,25	9,75
24	9,85	10,10	9,05	10,60	9,88	10,15	8,70	9,80

Продолжение таблицы 1.1

Точки сетки / Задача	Высотные отметки *H* точек, м							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1	9,25	9,70	10,21	10,62	8,20	9,55	10,05	10,45
2	10,62	11,12	10,63	10,15	10,45	10,92	10,76	9,95
3	10,15	9,46	8,90	9,25	9,85	9,52	9,25	9,28
4	9,25	9,78	10,51	10,18	9,28	9,65	10,37	10,62
5	10,17	9,62	9,35	9,75	10,62	9,91	10,20	10,40
6	9,48	9,85	10,30	10,85	10,37	10,50	11,00	11,30
7	9,74	9,60	9,40	9,50	9,41	9,90	10,25	10,40
8	8,29	9,00	9,45	10,00	8,91	9,40	9,71	9,80
9	10,00	10,40	10,35	11,00	10,50	9,80	9,89	9,75
10	10,20	9,60	9,75	9,80	10,50	10,20	9,80	10,2
11	10,25	10,75	11,25	11,85	9,81	10,21	10,75	11,2
12	9,48	10,13	10,71	11,21	9,14	9,97	10,68	11,16
13	11,18	10,85	10,24	9,82	11,18	11,06	10,35	9,77
14	10,63	9,80	10,43	11,17	11,45	9,76	10,21	10,83
15	11,40	10,81	10,45	9,81	10,40	11,40	10,78	10,38
16	9,95	9,85	9,30	10,50	11,10	10,30	9,70	10,2
17	9,00	9,80	9,85	10,10	10,35	9,70	10,20	10,5
18	10,00	9,85	10,26	9,95	10,35	9,70	9,60	9,42
19	11,10	10,10	9,60	10,25	10,70	9,90	9,75	9,80
20	9,80	10,70	10,70	10,35	9,70	10,20	10,18	9,85
21	10,30	9,70	9,30	9,75	10,15	9,40	8,85	9,25
22	10,15	10,60	10,90	10,50	9,80	10,25	10,40	10,12
23	9,70	10,50	9,95	9,50	9,00	10,00	10,12	9,70
24	10,90	10,20	9,15	10,50	10,15	9,10	10,20	8,50

Окончание таблицы 1.1

Точки сетки / Задача	Высотные отметки *H* точек, м							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1	8,85	9,25	9,72	10,25	10,00	9,73	9,25	9,20
2	10,25	10,75	10,61	9,20	9,75	10,00	10,05	9,85
3	9,95	9,56	10,10	10,81	9,95	9,81	9,25	8,90
4	8,92	9,50	9,00	8,92	9,00	9,25	9,81	9,91
5	9,65	9,80	10,31	11,11	11,00	10,50	10,21	9,90
6	11,10	11,45	10,78	12,40	12,38	12,00	11,50	11,00
7	9,65	9,80	10,31	11,10	11,30	11,00	11,90	10,85
8	9,20	9,75	10,18	10,30	10,80	11,05	11,30	10,90
9	10,31	10,10	9,74	10,15	10,00	9,80	9,30	9,50
10	10,45	10,60	10,21	10,30	9,90	9,70	9,60	9,45
11	10,25	9,90	10,05	10,55	10,30	10,21	10,50	10,10
12	9,31	9,75	10,27	10,63	10,85	10,95	11,05	11,45
13	10,75	11,21	10,52	9,73	9,95	10,12	10,56	10,84
14	11,45	9,70	10,15	10,75	11,37	11,50	11,71	11,07
15	11,37	11,15	10,55	10,10	10,80	11,30	10,50	9,80
16	10,50	10,05	10,50	10,90	10,10	9,20	10,20	10,70
17	10,10	9,85	10,28	10,95	10,70	10,50	10,30	10,10
18	10,70	11,00	10,10	11,36	11,40	11,25	10,70	10,50
19	9,40	9,70	9,78	9,50	9,59	9,40	9,20	9,00
20	9,43	9,73	9,76	9,51	9,10	9,00	8,90	8,80
21	9,80	9,10	8,50	9,70	9,40	9,50	9,60	9,70
22	9,40	9,75	9,76	9,60	9,80	10,00	10,20	10,40
23	9,24	8,72	9,69	9,47	8,95	8,47	8,67	8,87
24	9,75	10,05	9,81	10,12	8,20	9,15	8,60	9,10

По окончании земляных работ проводится съемка промплощадки и составляется исполнительный план.

1.3. Вертикальная планировка наклонной промплощадки

При вертикальной планировке поверхности промплощадки в виде наклонной плоскости маркшейдер проводит разбивку строительной сетки с учетом данных в какой-либо точке, например "*М*" угла простирания α поверхности, уклона i или угла наклона δ плоскости (рис. 1.5) и определяет объем земляных работ.

Особенностью планировки поверхности промплощадки в виде наклонной плоскости является определение проектных отметок точек сетки с учетом уклона, предусмотренного проектом или выбранного в соответствии с минимумом земляных работ.

На рис. 1.5 угол простирания равен 180°, расстояние между точками l, точка M имеет высотную отметку H_{OM}.

Точки 1, 2, 3 ... 20 имеют высотные отметки H_1, H_2, H_3 ... H_{20}.

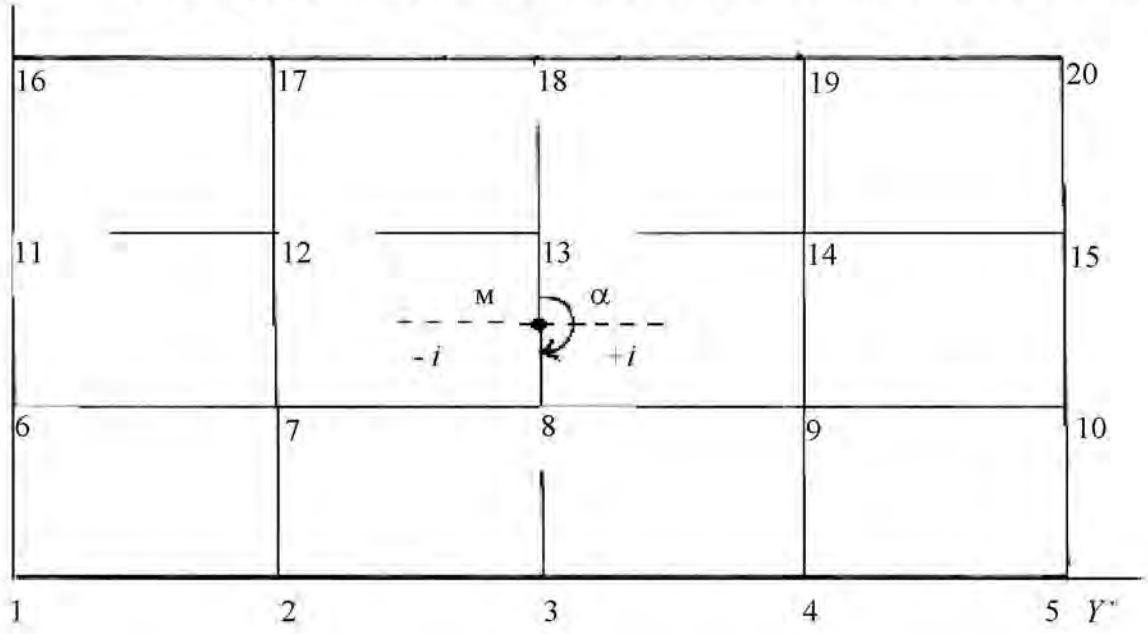


Рис. 1.5. Схема строительной сетки наклонной промплощадки

Проектные отметки точек H_{01}, H_{02}, H_{03} ... H_{020} определяют в соответствии с отметкой точки M, уклоном i и схемой сетки (см. рис. 1.5).

Для точек, находящихся на уровне отметки, равной H_0, будет:

$$H_0 = H_{03} = H_{08} = H_{013} = H_{018}.$$

Для точек, находящихся на уровне отметок, меньших отметки H_{0M}, будет:

$$H_{02} = H_{03} - l_i;\ H_{01} = H_{03} - 2\ l_i;\ H_{017} = H_{018} - l_i;\ H_{016} = H_{018} - 2l_i.$$

Для отметок, находящихся на уровне отметок, больших отметки H_{OM}:

$$H_{04} = H_{03} + l_i;\ H_{05} = H_{03} + 2l_i;\ H_{019} = H_{018} + l_i;\ H_{020} = H_{018} + 2l_i.$$

Рабочие отметки точек сетки будут $h = H_{01} - H_1$.

Построение линии нулевых работ и определение объема земляных работ проводится так же, как и при планировке горизонтальной промплощадки.

В табл. 1.2 даны задачи на определение объема работ наклонной промплощадки. В задачах, состоящих из 20 точек, положение точки M совмещают с одной из точек сетки по указанию преподавателя.

При решении задач необходимо:

1) построить план участка;
2) определить рабочие отметки;
3) построить линию нулевых работ;
4) определить объем работ в каждом квадрате раздельно по насыпи и выемке;
5) определить общий объем работ на участке.

Таблица 1.2

Высотные отметки точек строительной сетки наклонной промплощадки

Высотные отметки точек, м	ЗАДАЧИ								
	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	8,85	8,76	8,31	8,72	9,31	15,01	14,30	15,00	15,09
2	9,15	9,07	9,00	8,99	9,68	15,45	14,87	15,45	15,20
3	10,00	10,05	9,95	10,05	9,99	15,96	15,70	15,96	15,71
4	10,52	10,48	10,28	10,51	8,70	15,07	15,37	15,07	15,45
5	9,76	9,79	9,75	9,38	9,07	15,73	15,87	15,32	14,91
6	9,56	9,40	9,45	9,75	8,11	14,99	15,00	14,82	14,50
7	9,51	9,32	9,30	9,60	9,78	14,60	14,20	14,60	14,80
8	10,52	10,50	10,10	10,42	9,55	14,31	14,30	14,44	14,65
9	10,73	10,70	10,50	10,73	9,88	15,07	14,90	15,31	15,05
10	9,26	9,27	9,21	9,26	9,45	15,87	15,17	15,87	15,72
11	9,83	9,80	9,45	9,87	9,25	14,60	14,60	14,62	15,85
12	8,95	8,90	8,90	8,90	10,70	14,49	14,50	14,49	14,95
13	9,73	9,75	9,55	11,71	11,05	14,79	14,81	14,78	14,45
14	9,28	9,27	9,77	9,97	9,84	15,81	15,52	15,80	14,01
15	10,04	10,05	10,00	9,75	10,05	14,07	14,17	15,63	13,95
16	11,18	11,20	11,20	10,30	10,83	14,19	14,31	14,07	13,72
17	10,63	10,47	11,05	9,99	11,07	14,28	14,75	14,28	14,07
18	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	15,00	15,00	15,00	15,00
19	9,55	9,50	9,45	9,40	9,35	15,05	15,10	15,15	15,20
20	9,00	9,10	9,20	9,30	9,40	14,95	14,90	14,85	14,80
Угол простирания	0° 00'	90° 00'	180° 00'	270° 00'	0° 00'	90° 00'	180° 00'	270° 00'	0° 00'
Уклон Масштаб	0,001 1:500	0,001 1:1000	0,001 1:500	0,001 1:1000	0,001 1:500	0,002 1:1000	0,002 1:500	0,002 1:1000	0,002 1:500
Расстоян. между точками, м	20,0	20,0	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0	20,0

Продолжение таблицы 1.2

Высотные отметки точек, м	З А Д А Ч И							
	35	36	37	38	39	40	41	42
1	14,95	19,79	20,05	19,37	20,10	19,55	25,05	25,17
2	15,00	20,01	20,37	19,27	20,45	19,78	24,75	25,73
3	15,31	20,85	20,73	19,73	20,51	19,99	25,75	25,92
4	15,95	20,63	20,63	19,95	20,92	20,01	25,37	76,01
5	14,40	20,95	20,31	20,07	19,37	20,59	25,25	25,91
6	14,70	20,17	20,27	20,38	19,57	20,17	25,17	25,17
7	14,21	21,01	20,39	20,17	20,01	20,95	24,93	24,92
8	14,00	20,93	20,01	20,93	20,55	21,07	24,85	24,71
9	15,30	20,03	20,53	20,99	20,99	20,17	24,25	24,05
10	15,60	20,72	20,18	21,44	21,10	20,01	24,10	23,91
11	15,91	20,93	20,01	20,65	21,37	19,73	23,95	24,10
12	15,07	20,65	19,85	20,16	20,99	19,25	23,81	24,51
13	14,70	20,31	19,37	19,83	20,76	19,03	23,72	24,17
14	14,50	20,05	19,52	19,57	20,91	19,00	24,00	24,18
15	15,20	19,73	19,30	19,01	20,31	19,37	24,15	24,99
16	15,35	19,52	19,01	18,95	20,07	19,86	24,75	25,08
17	15,71	19,21	19,50	19,29	19,85	20,10	24,89	25,00
18	15,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	25,00	25,00
19	15,10	20,10	20,20	20,30	20,40	20,50	25,10	25,20
20	14,90	19,90	19,80	19,70	19,60	19,50	24,90	24,80
Угол простирания	90° 00'	180° 00'	270° 00'	0° 00'	90° 00'	180° 00'	270° 00'	0° 00'
Уклон Масштаб	0,002 1:1000	0,003 1:500	0,003 1:1000	0,003 1:500	0,003 1:1000	0,003 1:500	0,004 1:1000	0,004 1:500
Расстоян. между точками, м	20,0	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0	20,0

Окончание таблицы 1.2

Высотные отметки точек, м	З А Д А Ч И							
	43	44	45	46	47	48	49	50
1	24,70	25,10	24,17	25,05	24,15	29,30	29,70	30,50
2	24,85	25,17	24,93	25,01	24,17	29,99	29,85	30,18
3	24,95	25,85	24,99	25,37	24,85	29,85	29,91	30,18
4	25,10	25,97	25,10	25,83	29,99	30,00	29,17	30,99
5	25,35	25,17	25,81	25,98	25,10	30,08	28,85	30,27
6	25,70	25,85	25,99	26,10	25,81	30,77	29,50	30,07
7	25,85	25,10	26,01	25,81	25,92	30,98	29,90	29,85
8	24,91	25,00	25,37	25,78	25,77	30,25	29,99	29,81
9	24,37	25,01	25,18	25,61	25,17	30,71	30,01	29,63
10	24,19	21,10	25,01	25,01	24,92	30,99	30,18	29,26
11	24,00	25,40	25,18	25,10	24,17	31,11	30,78	29,00
12	23,95	24,90	24,82	24,91	24,00	31,83	30,52	29,37
13	25,10	25,01	24,37	24,82	24,17	31,52	30,21	29,42
14	25,25	25,37	24,08	24,71	24,85	30,10	30,99	29,52
15	25,37	25,80	23,95	25,15	24,91	30,75	30,77	29,17
16	25,75	26,17	23,81	25,19	24,99	30,27	30,25	29,97
17	25,92	25,80	24,18	25,71	25,17	30,18	30,81	30,18
18	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	30,00	30,00	30,00
19	25,10	25,20	25,30	25,40	25,50	29,90	29,80	29,70
20	24,90	24,80	24,70	24,60	24,50	29,80	29,70	29,60
Угол простирания	90° 00'	180° 00'	270° 00'	0° 00'	90° 00'	180° 00'	270° 00'	0° 00'
Уклон Масштаб	0,001 1:1000	0,004 1:500	0,004 1:1000	0,005 1:500	0,005 1:1000	0,005 1:500	0,005 1:1000	0,005 1:500
Расстоян. между точками, м	20,0	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0	20,0

2. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ ВЫНОСА ЦЕНТРА

И СТРОИТЕЛЬНЫХ ОСЕЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ С ПРОЕКТА В НАТУРУ

Определение и обозначение на местности точек, координаты которых заданы в проекте, является одной из наиболее часто встречающихся задач маркшейдерской службы.

Решение задачи рассмотрим на примере подготовки данных для выноса центра и строительных осей шахтного ствола, проходка которого должна быть осуществлена при условии соединения с подземной горной выработкой (рис. 2.1).

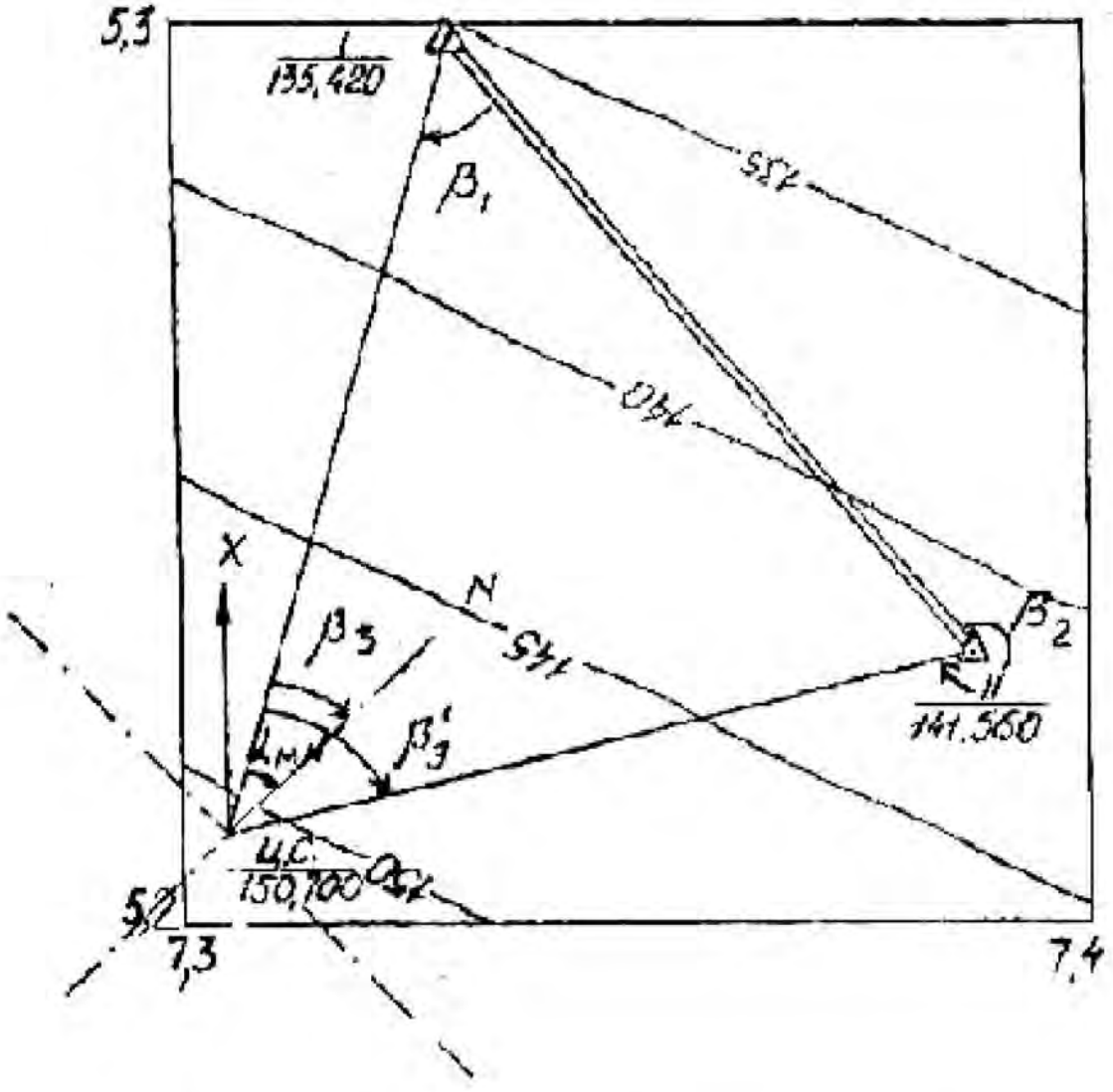


Рис. 2.1. План разбивок центра вентиляционного ствола и строительных осей

На поверхности, вблизи закладываемого шахтного ствола, имеются пункты I, II опорной сети, координаты которых X_I, Y_I, Z_I; X_{II}, Y_{II}, Z_{II}. В проекте даны координаты центра ствола $X_{ц.с.}$, $Y_{ц.с.}$, $Z_{ц.с.}$ и дирекционный угол главной оси (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Исходные данные координат пунктов центра ствола и дирекционного угла главной оси ствола шахты

Пункты	Координаты			Дирекционный угол оси ствола, α_{MN}
	X	Y	Z	
1	5298,475	7330,726	135,420	
2	5230,045	7387,521	141,.560	$45^{o}30'$
ц. с.	5210,020	7305,080	150,700	

Для того, чтобы задание было индивидуальным, необходимо, согласно своих инициалов, в координаты устья ствола вести поправки, которые даны в табл. 2.2.

Решение задачи сводится к определению разбивочных элементов горизонтальных углов β_1, β_2, β_3, горизонтальных проложений l_1, l_2, а затем наклонных длин - L_{H1}, L_{H2}.

Порядок работы

1. Составить план в масштабе 1: 1000 и по координатам нанести на него маркшейдерские пункты опорной сети, центр ствола, его главной оси и рельеф (см. рис. 2.1).

2. По координатам пунктов вычислить дирекционные направления линий и горизонтальное проложение между двумя пунктами, используя обратную геодезическую задачу.

Вычисления могут быть выполнены с помощью ЭВМ и логарифмических таблиц.

Методику расчета дирекционного направления и горизонтального проложения рассмотрим для линии I - ц.с..

Таблица 2.2

Поправки в координаты центра и дирекционный угол главной оси ствола

№№ п/п	Алфавит	Ф	И	О	Ф	Примечание
		ΔX	ΔУ	ΔZ	Δα	
1	А	-1	+7	-3	1	
2	Б	-2	+8	+1	2	Ф - фамилия
3	В	-3	+9	-1	3	И - имя
4	Г	-4	+6	+2	4	О - отчество
5	Д	-5	+5	+3	5	
6	Е	-6	+4	-3	6	Например:
7	Ё	-7	+30	-2	7	студент
8	Ж	-8	+4	-1	8	Денисов Н.С.
9	З	-9	+5	+1	9	получает
10	И	-10	+6	+2	10	поправки
11	К	-11	+7	+3	11	ΔX = -5 м
12	Л	-12	+8	+4	12	$\Delta У$ = +10 м
13	М	-13	+9	-4	13	ΔZ = +2 м
14	Н∨	-14	+10	-3	14	Δα = 5°
15	О	-15	+11	-2	15	Координаты
16	П	+15	-11	-1	16	центра ствола
17	Р	+14	-10	+1	17	будут:
18	С∨	+13	-9	+2	18	x = 5205,020
19	Т	+12	-8	+3	19	y=7315,080
20	У	+11	-7	+4	20	z=152,700
21	Ф	+10	-6	+3	21	дирекцион-
						ный угол
22	Х	+9	-5	+2	22	оси ствола
23	Ц	+8	-4	+1	23	будет:
24	Ч	+7	-3	-1	24	α = 50°30'
25	Ш	+6	-2	-2	25	
26	Щ	+5	-1	-3	26	
27	Э	+4	+10	-4	27	
28	Ю	+3	+20	-3	28	
29	Я	+2	+3	-2	29	

Через логарифмы:

$$\lg \cdot \operatorname{tg} r_{(\text{I} - \text{ц.с.})} = \lg (У_{\text{ц.с.}} - У_{\text{I}}) - \lg (X_{\text{ц.с.}} - X_{\text{I}}).$$

Затем вычисляют значения $\operatorname{tg} r_{(\text{I} - \text{ц.с.})}$; $r_{(\text{I} - \text{ц.с.})}$ и $\alpha_{(\text{I} - \text{ц.с.})}$. Через тригонометрические функции:

$$\operatorname{tg} r_{(\text{I} - \text{ц.с.})} = \frac{Ó_{\text{ö.ñ.}} - Ó_I}{X_{\text{ö.ñ.}} - X_I} = \frac{\Delta Ó}{\Delta X}.$$

По знакам приращений $\Delta У$ и ΔX определяется, в какой четверти находится румб (r) (рис. 2.2) и, соответственно, вычисляется дирекционный угол этой линии.

$$\alpha_{\text{I} - \text{ц.с.}} = 180° + r_{(\text{I} - \text{ц.с.})},$$

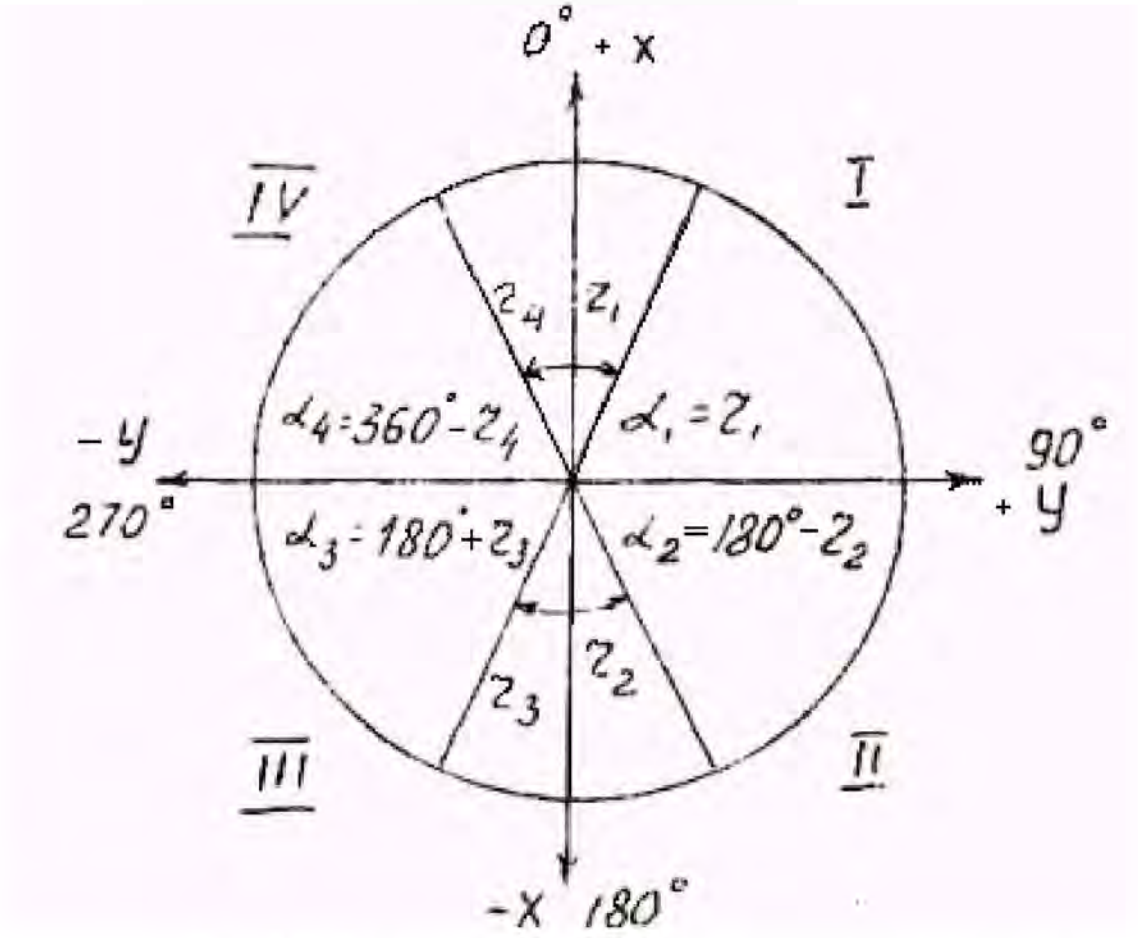


Рис. 2.2. Схема для определения дирекционных углов

Так, например, для направления I - ц.с.:

$$\alpha_{\text{I - ц.с.}} = 180^{\circ} + r_{(\text{I - ц.с.})}.$$

Аналогично вычисляются дирекционные углы линий II- ц.с., I-II.

3. По разности дирекционных углов линий определить горизонтальные углы β_1, β_2, β_3, которые необходимо отложить в натуре. Так, например, $\beta_1 = \alpha_{\text{I - ц.с.}} - \alpha_{\text{I-II}}$. Контролем вычисления углов является уравнение:

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3' = 180^{\circ}.$$

4. Определить горизонтальное проложение линии I- ц.с.

$$l_{(\text{I - ц.с.})} = \frac{Ó_{\text{ö.ñ.}} - Ó_I}{\sin r_{(I-\text{ö.ñ.})}} = \frac{\tilde{O}_{\text{ö.ñ.}-} - \tilde{O}_I}{\cos r_{(I-\text{ö.ñ.})}}.$$

Через логарифмы:

$$\lg l_{(\text{I - ц.с.})} = \lg (Y_{\text{ц.с.}} - Y_{\text{I}}) - \lg \sin r_{(\text{I - ц.с.})},$$

$$\lg l_{(\text{I - ц.с.})} = \lg (X_{\text{ц.с.}} - X_{\text{I}}) - \lg \cos r_{(\text{I - ц.с.})}.$$

Далее, по $\lg l_{(\text{I - ц.с.})}$ определяется ее длина. Расхождение в длине линии, вычисленной через $\sin r$ и $\cos r$, допускается 10 мм.

5. Определить наклонную длину линии I - ц.с.

По абсолютным отметкам z пунктов данной линии и по ее горизонтальному проложению l определяют наклонную длину L_H (рис. 2.3).

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{\Delta z}{l}; \qquad L_H = \frac{l}{\cos\delta},$$

где δ - угол наклона линии, град.

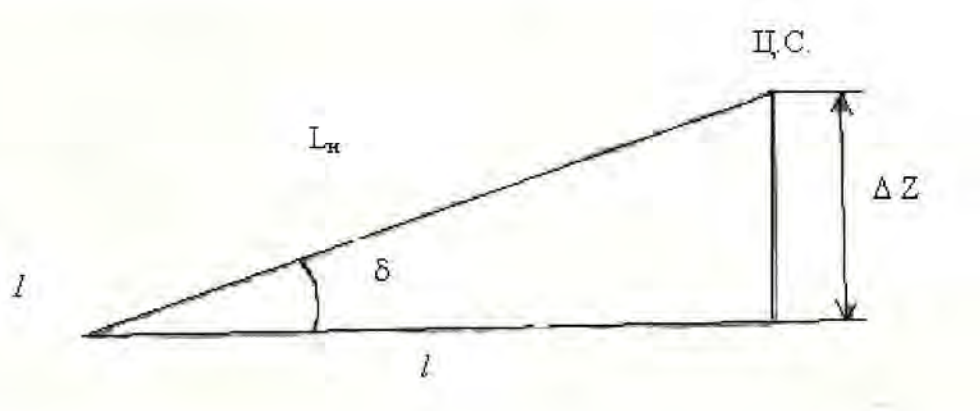


Рис. 2.3. Схема для определения наклонной длины линии

$$\delta = \text{arctg}\frac{\Delta z}{l},$$

где Δz - разность отметок концов определяемой линии.

Или через логарифмы

$$\lg L_H = \lg l - \lg \cos \delta ;$$
$$\lg \text{tg}\, \delta = \lg \Delta z - \lg l.$$

Затем по антилогарифму находят δ и L_H.

Или

$$L_H = \sqrt{(Y_{\text{цс.}} - Y_1)^2 + (X_{\text{цс.}} - X_1)^2 + (Z_{\text{цс.}} - Z_1)^2} .$$

6. После окончания всех вычислений вычерчивается план (см. рис. 2.1), на который наносятся по заданным координатам маркшейдерские пункты, центр и оси ствола.

Рекомендуется на этом же чертеже, в пределах точности графических построений, проконтролировать правильность вычислений l_1, l_2 (при помощи масштабной линейки) и разбивочных углов β_1, β_2, β_3 (транспортиром).

7. Дать описание методики выноса центра ствола и осей на местность.

3. ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛИКА ПОД СООРУЖЕНИЕ

3.1. Общее положение

Наиболее надежным методом охраны сооружений является метод оставления предохранительных целиков.

Расчет предохранительных целиков заключается в определении их границ и в нанесении их на план горных работ. Предохранительные целики ограничиваются линиями пересечения охранных плоскостей с поверхностью лежачего бока пласта.

Плоскости проводятся через границы охраняемого участка дневной поверхности под углом φ в наносах и под углами β, β', γ, δ в коренных породах.

Площадь охраняемого участка земной поверхности слагается из площади охраняемого объекта и площади бермы.

Бермой называется предохранительная полоса вокруг охраняемого объекта, которая служит для предотвращения возможных ошибок, вызываемых неточностью определения углов сдвижения.

Ширина бермы зависит от категории охраняемого объекта. Величины углов сдвижения φ, β, γ, δ и значения ширины бермы для различных бассейнов и месторождений приведены в табл. 3.1.

Предохранительные целики оставляются не всегда, а только в тех случаях, когда глубина разработки меньше так называемой безопасной глубины. Для различных объектов существуют предельные безопасные (практические) деформации земной поверхности, которые не вызывают повреждений в сооружениях и не нарушают нормальную их эксплуатацию. Зная величины таких деформаций, можно найти значение коэффициента безопасности, который используется для определения безопасной глубины разработки по формуле:

$$H_{\delta} = m \cdot K_{\delta},$$

где m - вынимаемая мощность пласта, м; K_{δ} - коэффициент безопасности.

Величины коэффициентов безопасности для некоторых бассейнов и месторождений приведены в табл.3.2.

Таблица 3.2

Коэффициенты безопасности для угольных месторождений и бассейнов

Бассейны месторождения	Угол падения пласта α°	Коэффициенты безопасности $K_б$ в зависимости от категории охраны					
		I	II	III	IV	V	VI
Челябинский Буланаш		300 - 350	150 - 200				
Кизеловский	0 - 45 46 - 90	200 150	150 100	75 75			
Карагандинский	α ≤ 44 α ≥ 45	250 300	150 200	100 125			
Донецкий	α ≤ 45 α ≥ 45	450 500	350 400	250 300	150 200	100 150	50 75

Безопасной глубиной считается такая глубина, при которой и ниже которой горные работы не могут вызвать в подрабатываемых объектах разрушительных деформаций, представляющих опасность для жизни людей, а также вызывающих остановку производственных процессов.

3.2. Построение предохранительного целика под здание методом вертикальных разрезов

Охраняемый объект подлежит охране по 2 категории. Под зданием в центре на глубине 220 м залегает угольный пласт мощностью 1,3 м с углом падения 21°. Вмещающие породы представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками. Мощность наносов - 25 м (рис. 3.1).

Порядок работы

1. Лист чертежа делят на четыре части (см. рис. 3.1). В левой нижней части помещают выкопировку с плана масштаба 1:1000 или 1:2000, 1:5000, содержащую координатную сетку, контуры охраняемого объекта, изображение рельефа земной поверхности, направления линий простирания и падения пласта.

2. Строится контур охраняемого участка земной поверхности 1, 2, 3, 4, 5, 6. Для чего охраняемый объект вписывается в прямоугольник с таким расчетом, чтобы стороны его были параллельны линиям простирания и падения пласта и являлись касательными к объекту. В контур прямоугольника иногда входят несколько объектов, если они одинаковой категории охраны и расположены так близко друг к другу, что целики построенные для них будут перекрываться.

3. Построенный прямоугольник увеличивается во все стороны на размер бермы. Ширина бермы зависит от категории охраняемого объекта (табл. 3.1).

4. Построение разреза вкрест простирания пласта осуществляется перенесением с плана точек *а*, *б*, на разрез a', b', при этом в масштабе откладывают мощность наносов и глубину залегания (H) пласта по центру здания, а затем по известному углу падения строят пласт.

5. Из точек a' и b' проводят линии под углом φ в наносах и под углами β и γ в коренных породах (β - со стороны восстания, γ - со стороны падения пласта), взятых из табл.3.1, до пересечения с лежачим боком пласта. При этом на разрезе вкрест простирания получают нижнюю и верхнюю границы целика (точки k и l).

6. По простиранию пласта строят разрез. На этот разрез с плана переносят точки δ и b, получают δ', b', также наносят линии под углами сдвижения φ в наносах и под углом δ в коренных породах. На эти линии проектируют с разреза, построенного вкрест простирания пласта, точки верхней и нижней границ целика, в результате чего находят ширину целика по верхней и нижней его границам ($l'l'$ и $k'k'$).

7. На план проектируют границы целика с вертикальных разрезов.

8. Вычисляют безопасную глубину по формуле $H_\delta = mK_\delta$ и откладывают ее на разрезе вкрест простирания от земной поверхности, получают точку N (см. рис. 3.1). Точку N пересечения лежачего бока пласта с горизонтом безопасной глубины проектируют на план, параллельно простиранию проводят линию $n'n'$ и, таким образом, окончательно ограничивают целик по падению $n'l''l''n'$.

9. Границы предохранительных целиков, а также контуры охраняемого участка земной поверхности на планах вычерчивают красным цветом.

Построение предохранительного целика методов перпендикуляров выполняется на плане (см рис. 3.1) построения целика методом вертикальных разрезов.

3.3. Построение охранного целика под здание методов перпендикуляров

Порядок выполнения

1. На плане (см. рис. 3.1) от контура здания откладывают берму, равную 10 м, для 2 категории охраны сооружений.

2. В зависимости от величины угла сдвижения в наносах и мощности наносов проводим контур охраняемого участка под наносами (точки 1, 2, 3, 4, 5, 6).

3. Из точек контура охраняемого участка проводят перпендикуляры, а также определяют глубины H от поверхности до лежачего бока пласта в точках охраняемого участка, используя горизонтали земной поверхности и поверхность лежачего бока пласта.

4. Транспортиром измеряют острые углы θ_1 и θ_2 на плане между контуром охраняемого участка и простиранием пласта.

5. Вычисляют длины перпендикуляров q_i и l_i по формулам:

$$q_i = \frac{(H - M) \cdot \mathrm{ctg}B'}{1 + \mathrm{ctg}\beta' \cdot \mathrm{tg}\alpha \cdot \cos\theta};$$

$$l_i = \frac{(H - M) \cdot \mathrm{ctg}\gamma'}{1 - \mathrm{ctg}\gamma' \cdot \mathrm{tg}\alpha \cdot \cos\theta},$$

где q - величина перпендикуляра в сторону восстания пласта; l - величина перпендикуляра в сторону падения пласта; H - глубина от земной поверхности до лежачего бока пласта; M - мощность наносов; θ - острый угол между контуром охраняемого участка и простиранием пласта; β', γ' - значения углов сдвижения при диаго-

нальном расположении охраняемого объекта относительно простирания пласта.

Углы сдвижения β' и γ' вычисляют по формулам:

$$\operatorname{ctg}\beta' = \sqrt{\operatorname{ctg}^2\beta \cdot \cos^2\theta + \operatorname{ctg}^2\delta \cdot \sin^2\theta};$$
$$\operatorname{ctg}\gamma' = \sqrt{\operatorname{ctg}^2\gamma \cdot \cos^2\theta + \operatorname{ctg}^2\delta \cdot \sin^2\theta}.$$

Если направление контура охраняемого участка перпендикулярно простиранию пласта, т. е. $\theta = 90°$, то, преобразовав вышеуказанные формулы, получим $\operatorname{ctg}\beta' = \operatorname{ctg}\gamma' = \operatorname{ctg}\delta$. В этом случае длины перпендикуляров вычисляют по формуле:

$$q = l = (H - M)\operatorname{ctg}\delta,$$

и откладывают их по направлению простирания пласта.

Для получения контура охраняемого целика при построении его данным методом из точек 1, 2, 3, 4, 5, 6... (см. рис. 3.1) откладывают в масштабе чертежа вычисленные длины перпендикуляров q_i и l_i. Получим точки 1', 1", 2', 2", 3', 3", 4', 4", 5', 5", 6', 6". Полученные точки 1', 1", 2', 2"... соединяют попарно прямыми линиями, как показано на рис. 3.1.

Окончательную площадь целика под сооружение принимают ту, которая получилась от перекрытия двух площадей предохранительных целиков, построенных методом разрезов с учетом глубины безопасности и перпендикуляров.

Потери угля в целике могут быть вычислены по формуле:

$$Q = \frac{S \cdot m \cdot M^2}{\cos\alpha \cdot 100^2} R,$$

где S - площадь целика, измеренная на плане планиметром, см^2;
α - угол падения пласта, град; m - номинальная мощность пласта, м; M - знаменатель численного масштаба; R - плотность угля, т/м^3.

4. ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

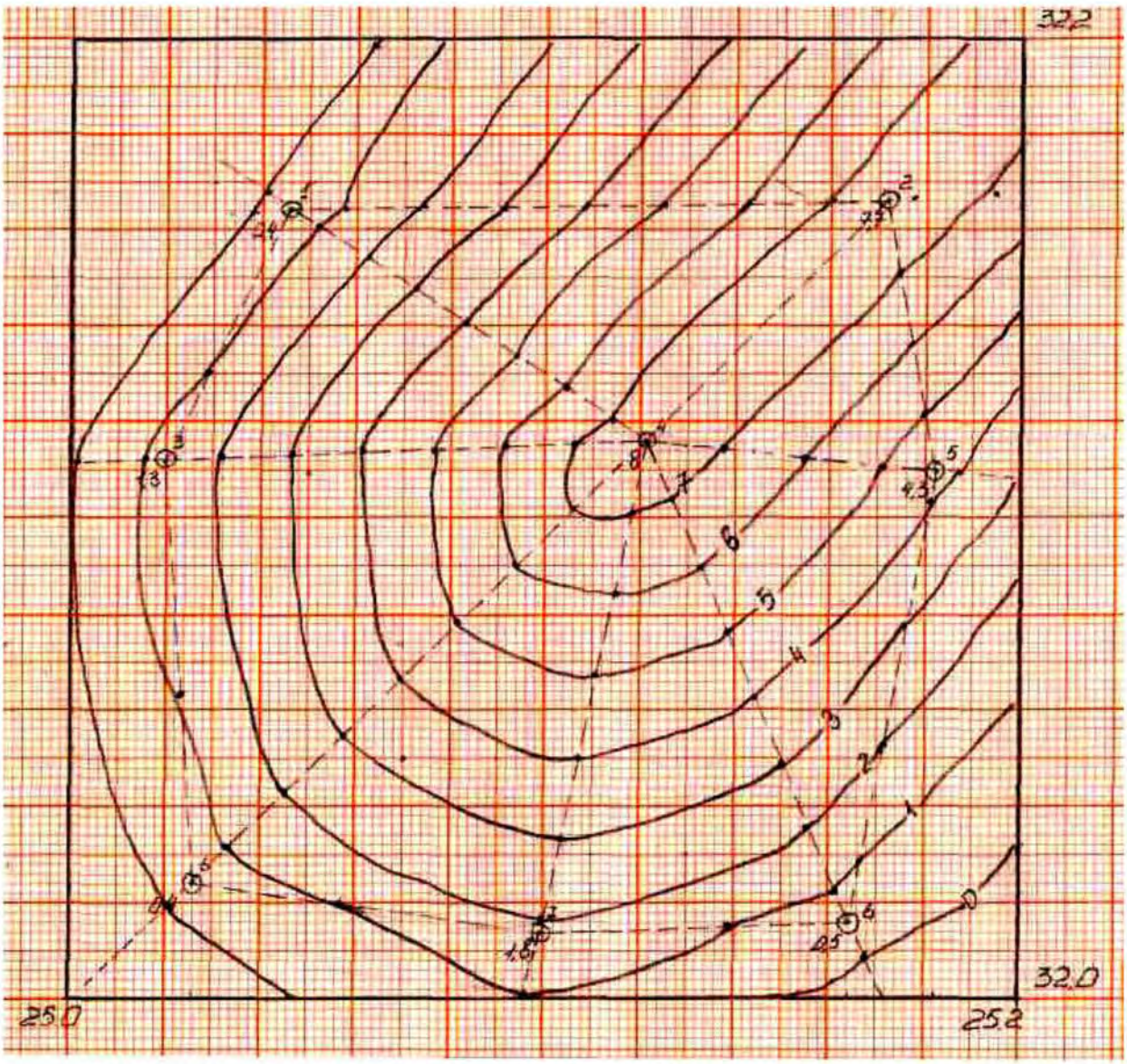
В данном разделе рассматривается один способ подсчета запасов месторождений - способ изолиний или способ объемной палетки проф. П. К. Соболевского, как наиболее совершенный при сложном строении рудных тел.

По данным разведки (табл. 4.1) построенный график изомощностей (рис. 4.1.) наглядно изображает изменение мощности залежи и дает возможность учитывать и отражать геологические особенности строения залежи.

Таблица 4.1

Данные геологической разведки месторождения полезных ископаемых

Номер скв.	Координаты устья скважины			Глубина, м		Абсолютные отметки		Мощность пласта, м
	X, м	У, м	Z, м	до висячего бока пласта	до лежачего бока пласта	висячего бока пласта	лежачего бока пласта	
1	32164	25046	145,6	11,4	11,8			
2	32167	25172	148,2	6,9	14,6			
3	32112	25020	144,0	11,0	12,3			
4	32116	25121	147,3	9,6	17,6			
5	32110	25182	149,5	11,5	15,8			
6	32024	25026	144,4	10,4	10,8			
7	32014	25100	146,8	13,3	15,1			
8	32016	25164	148,9	16,9	17,4			



М 1:2000

Рис. 4.1. План изомощности залежи

Объемная палетка позволяет определить объем залежи при наличии графика изомощностей. Объемная палетка представляет собой сетку точек, расположенных по углам квадратов со сторонами a = 0,5 (1,0; 2,0) см вычерченную на прозрачном материале (восковке, пленке) (табл. 4.2).

Формулы для расчета отметок:

- висячего бока: $Z_{в.б.} = Z_{уст.} - Гл_{в.б.}$;
- лежачего бока: $Z_{л.б.} = Z_{уст.} - Гл_{л.б.}$;
- мощности: $m = Z_{в.б.} - Z_{л.б.}$.

Таблица 4.2

Точечная палетка проф. Соболевского

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	Σ
1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
10	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
11	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
12	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
13	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
14	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
15	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
16	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
17	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
18	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
19	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
20	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
21	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
22	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Σ																							

Составляем план изолиний месторождения каменного угля и таблицу подсчета запасов МПИ.

Объем залежи в кубических метрах вычисляем по формуле:

$$V = \frac{a^2(\sum m_i - \frac{1}{2}\sum m_i')M^2}{100^2},$$

где a^2 – площадь квадрата палетки, см^2; M – знаменатель численного масштаба графика изомощностей (2000); $\sum m_i'$ - сумма мощностей, прочитанных по точкам палетки, расположенным внутри контура залежи на расстоянии менее 0,5a (a – размер стороны квадрата палетки) от изолинии нулевой мощности, м; $\sum m_i$ - все остальные мощности.

Количество полезного ископаемого (тыс. т.) в пределах подсчетного участка пласта определится по формуле:

$$Q = V \cdot \rho,$$

где V – объем полезного ископаемого; ρ - плотность полезного ископаемого, т/м^3.

Для определения объема залежи на план изомощностей (см. рис. 4.1) накладываем палетку, определяем значения мощностей в точках палетки (m_i) и выписываем их в специальный журнал (табл. 4.3). Вертикальные колонки и горизонтальные строки журнала соответствуют вертикальным и горизонтальным рядам точек палетки и обозначены римскими и арабскими цифрами. Далее суммируем значения мощностей по сторонам (1, 2, 3... и т. д.) и колонкам (I, II, III... и т. д.), и записываем суммы в результирующие - колонку А и строку В.

Контролем правильности вычисления Σm_i является точная ее сходимость в колонке А и строке В.

Таблица 4.3

Таблица подсчета запасов МПИ

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
I	-	-	-	1	1,8	3	4	5,3	6,4	7,5	29
II	-	-	0,5	1,6	2,7	3,9	5,1	6,3	7,3	7,2	34,6
III	-	0,3	1,4	2,7	3,9	5,2	6,3	7,5	7,3	6,1	40,7
IV	-	1,1	2,5	3,9	5	6,3	7,6	7,3	6,1	4,9	44,7
V	0,6	1,9	3,2	4,6	6	7,4	7,1	6,2	5	3,9	45,9
VI	0,6	1,9	3,2	4,5	5,7	6,3	6,1	5,2	4,2	2,7	40,4
VII	0,4	1,6	3	4,1	4,8	5,2	4,8	4,1	3	1,8	32,8
VIII	0,2	1,2	2,4	3,2	3,7	4	3,6	3,1	2	0,9	24,3
IX	-	0,8	1,5	2,3	2,6	2,7	2,4	1,9	0,9	0,3	15,4
X	-	-	0,4	0,8	1,4	1,4	1	0,4	0,1	-	5,5
Σ′	1,8	8,8	18,1	28,7	37,6	45,4	48	47,3	42,3	35,3	313,3

Решение простейших задач по планам с учетом деформации бумаги плана

Исходные данные (берутся с планшета М 1:2000)

Точка № 480	a = 87,2 мм	a' = 12,3 мм
	$в$ = 60,4 мм	$в'$ = 40,2 мм
	A_0 = 15,0 км	B_0 = 22,0 км
Точка № 521	a = 93,1 мм	a' = 6,4 мм

	$в = 56{,}9$ мм	$в' = 42{,}5$ мм
	$A_2 = 15{,}2$ км	$B_0 = 22{,}0$ км
Точка № 514	$а = 84{,}2$ мм	$а' = 14{,}9$ мм
	$в = 16{,}4$ мм	$в' = 83{,}4$ мм
	$A_2 = 15{,}2$ км	$B_4 = 22{,}4$ км

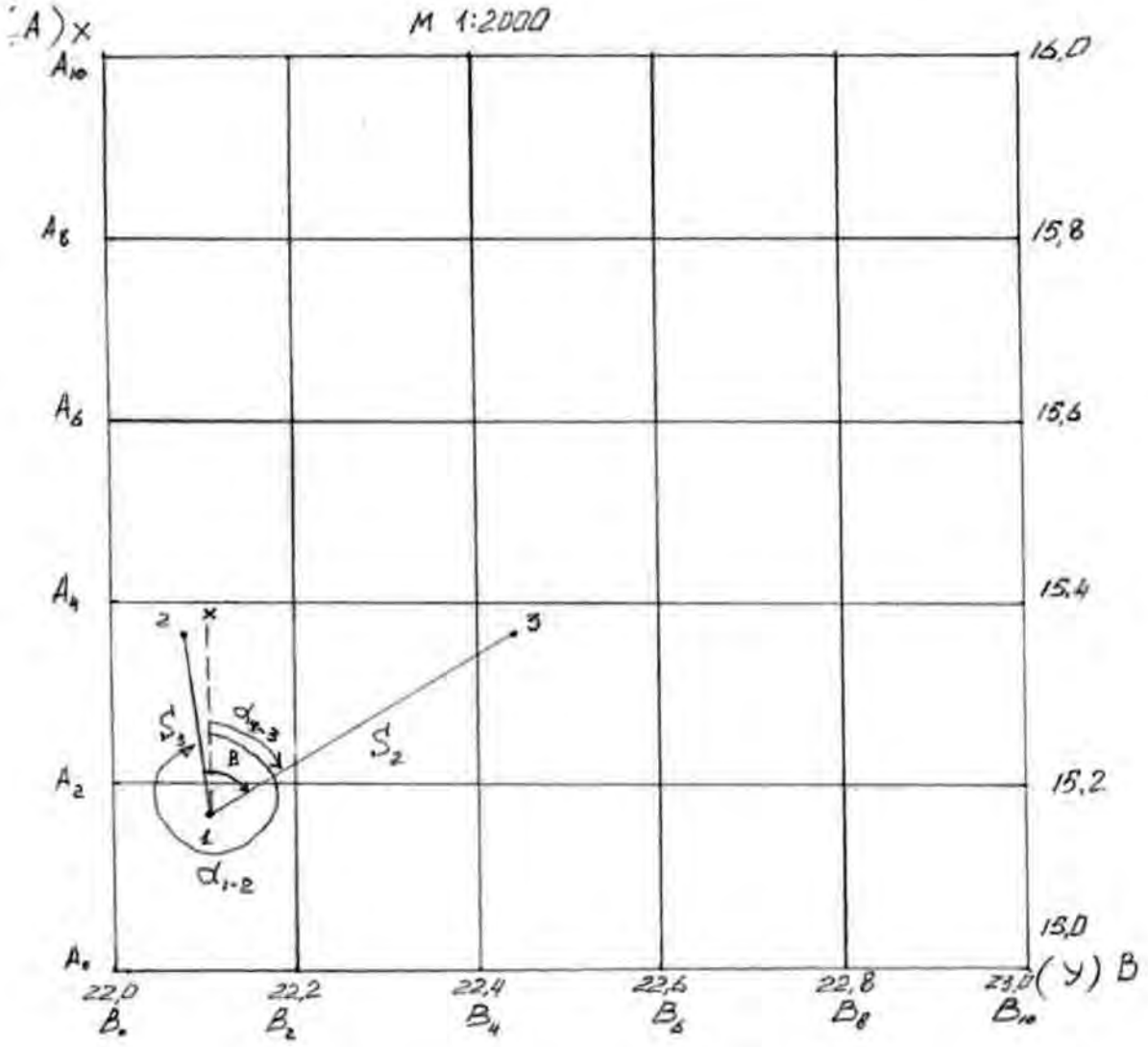


Рис. 4.2. Схема расположения скважин

Вычисляем координаты точек 1, 2, 3 (с точностью до миллиметра).

$$x_i = A + \frac{a}{1/i} \cdot \frac{d}{a + a'}; \qquad y_i = B + \frac{b}{1/i} \cdot \frac{d}{b + b'},$$

где d - размер координатной сетки (100 х 100); a, a' – берутся размеры с плана с точностью до 10 долей миллиметра по оси X; b, b' – берутся размеры с плана с точностью до 10 долей миллиметра по оси Y; $\frac{d}{a+a'} = \Delta X$; $\frac{d}{b+b'} = \Delta Y$ - коэффициент деформации по осям X и Y.

Вычисляем координаты точки 1:

$$x_1 = A_0 + \frac{a}{\frac{1}{i}} \cdot \frac{d}{a+a'} = 15{,}0 + \frac{87{,}2}{\frac{1}{2000}} \cdot \frac{100}{87{,}2+12{,}3} = 15{,}175276 \text{ êì};$$

$$y_1 = B_0 + \frac{b}{\frac{1}{i}} \cdot \frac{d}{b+b'} = 22{,}0 + \frac{60{,}4}{\frac{1}{2000}} \cdot \frac{100}{60{,}4+40{,}2} = 22{,}120079 \text{ êì}.$$

Координаты точки 2:

$$x_2 = A_2 + \frac{a}{\frac{1}{i}} \cdot \frac{d}{a+a'} = 15{,}2 + \frac{93{,}1}{\frac{1}{2000}} \cdot \frac{100}{93{,}1+6{,}4} = 15{,}387135 \text{ êì};$$

$$y_2 = B_0 + \frac{b}{\frac{1}{i}} \cdot \frac{d}{b+b'} = 22{,}0 + \frac{56{,}9}{\frac{1}{2000}} \cdot \frac{100}{56{,}9+42{,}5} = 22{,}114486 \text{ êì}.$$

Координаты точки 3:

$$x_3 = A_2 + \frac{a}{\frac{1}{i}} \cdot \frac{d}{a+a'} = 15{,}2 + \frac{84{,}2}{\frac{1}{2000}} \cdot \frac{100}{84{,}2+14{,}9} = 15{,}369929 \text{ êì};$$

$$y_3 = B_4 + \frac{b}{\frac{1}{i}} \cdot \frac{d}{b+b'} = 22{,}4 + \frac{16{,}4}{\frac{1}{2000}} \cdot \frac{100}{16{,}4+83{,}4} = 22{,}432865 \text{ êì}.$$

Вычисляем горизонтальное проложение S_3 и S_2:

$$S_2 = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2} =$$

$$= \sqrt{(15{,}369929 - 15{,}175276)^2 + (22{,}432865 - 22{,}120079)^2} = 0{,}368408 \text{ êì};$$

$$S_3 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} =$$

$$= \sqrt{(15{,}387135 - 15{,}175276)^2 + (22{,}114486 - 22{,}120079)^2} = 0{,}211933 \text{ êì}.$$

Вычисляем угол β:

$$\beta = \alpha_{1-3} - \alpha_{1-2} = \left(58^\circ 06'18'' + 360^\circ\right) - 358^\circ 69'56'' = 59^\circ 37'02'';$$

$$\alpha^r_{1-3} = \operatorname{arctg}\frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} = \operatorname{arctg} 1{,}60689 = 58^\circ 06'18'';$$

$$\alpha_{1-3} = \alpha^r_{1-3} = 58^\circ 06'18'';$$

$$\alpha^r_{1-2} = \operatorname{arctg}\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \operatorname{arctg} 0{,}0264 = 1^\circ 30'44'';$$

$$\alpha_{1-2} = 360 - \alpha^r_{1-2} = 358^\circ 69'56''.$$

Ответ: S_2 =0,368408 км; S_3 = 0,211933 км; β = 59º37'02.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Меньшиков А. Д., Ростовцев В. Н.* Методическое пособие к практическим работам по курсу Сдвижение земной поверхности под влиянием горных разработок. СГИ. 1968. 68 с.

2. *Оглоблин Д. Н.* и др. Маркшейдерское дело. М., Недра, 1981. 704 с.

3. *Пятлин М. П.* Маркшейдерские работы при шахтном строительстве: Практикум. Л.: ЛГИ, 1976. 54 с.

4. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных выработок в Челябинском буроугольном бассейне. Л: 1976. 73 с.

5. *Синанян Р. Р.* Маркшейдерское дело. М., Недра, 1988. 312 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО

Специальность

21.05.04 Горное дело

Автор: Леонтьев А.Т., доцент, к.т.н.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....3

1.Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся 5

2.Содержание курса 7

3.Перечень вопросов для проведения самопроверки и подготовки к экзамену..... 8

4. Комплект тестовых заданий для самопроверки и подготовки к экзамену.....9

5.Содержание расчетно-графических работ..... 12

6.Перечень рекомендуемой литературы..... 14

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 под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы обучающихся является закрепление знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у обучающихся 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 обучающихся, 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 обучающихся 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 обучающихся);
- информационно-обучающую (учебная деятельность обучающихся на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы обучающихся должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития обучающихся;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню обучающегося;
- задания должны быть адаптированными к уровню обучающихся.

Содержание самостоятельной работы обучающихся представляет собой совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить обучающийся в процессе обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы для обучающихся по дисциплине «Маркшейдерское дело» обращают внимание обучающегося 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*, сдаче теста зачета экзамена и выполнения курсовой работы.

Настоящие методические указания позволят обучающимся 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 по данному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Маркшейдерское дело» 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 тестированию;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к зачету и экзамену.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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 обучающегося.

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 обучающийся преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы обучающихся используется проверка расчетно-графических работ, опрос, тестирование. Форма промежуточной аттестации: ,экзамен.

Организация самостоятельной работы обучающегося

Самостоятельная работа обучающегося (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы обучающегося по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7 (РПД). Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы обучающихся, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, 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 названия,

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, обучающимся следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Тема 1. Введение.

Содержание маркшейдерского дела и его задачи на различных этапах освоения месторождения. Понятие термина «Маркшейдерское дело» и история его развития. Роль маркшейдерских работ и их значение в практической деятельности горных предприятий. Структура маркшейдерской службы в России. Государственный, ведомственный и производственный (линейный) маркшейдерский контроль. Организация маркшейдерских служб. Лицензия на производство маркшейдерских работ.

Тема 2. Маркшейдерская документация.

Общие сведения о правовом статусе и требованиях к маркшейдерской документации, ее ведении, хранении и архивации. Состав и структура полного комплекта маркшейдерской документации. Правоустанавливающая, разрешительная, организационно-распорядительная, горно-графическая и отчетная документация. План развития горных работ. Книга маркшейдерских указаний и ее контроль.

Тема 3. Маркшейдерско-геодезические приборы и оборудование.

Общие сведения о классификации и видах маркшейдерско-геодезических приборов и оборудования. Основы применения маркшейдерско-геодезических приборов, производство измерений.

Тема 4. Геометризация месторождений полезных ископаемых.

Сущность, задачи и методы геометризации месторождений полезных ископаемых. Теоретические основы геометризации месторождений полезных ископаемых. Методика геометризации месторождений. Форма и геометрические параметры залежи полезного ископаемого. Определение координат точек встречи скважин с поверхностью залежи. Законы построения гипсометрических и структурных графиков (планов).

Тема 5. Открытые горные работы.

Общие сведения о маркшейдерском сопровождении открытых горных работ. Организация маркшейдерской службы как структурного подразделения производственного контроля системы промышленной безопасности. Опорная и съемочная маркшейдерская сеть на карьерах и разрезах. Состав и характеристика основных видов и направлений маркшейдерских работ. Маркшейдерские съемки и замеры. Учет состояния и движения запасов на открытых горных работах.

Тема 6. Подземные горные работы.

Общие сведения о подземных съемках, закладки пунктов опорной и съемочной сети. Приборы и инструменты используемые при линейных и угловых измерениях в шахте. Горизонтальные и вертикальные соединительные съемки. Ориентирование подземной съемки через штольню, один вертикальный ствол, два вертикальных ствола и наклонный ствол. Передача высотной отметки с поверхности в шахту, на ориентируемый горизонт. Задание направления горным выработкам на прямолинейном и криволинейном направлениях. Съемка горных выработок. Процессы нивелирования в горных выработках.

Тема 7. Шахтное строительство.

Основные принципы проектирования шахт и карьеров. Общие сведения о маркшейдерском обеспечении строительства капитальных, подготовительных и нарезных горных выработок для подземных и открытых горных работ. Маркшейдерские работы по выносу проектов в натуру.

Тема 8. Геомеханика.

Общие сведения о геомеханических процессах на горных предприятиях. Понятие опасных зон на подземных и открытых горных работах. Маркшейдерский мониторинг горных отводов. Режимные маркшейдерские наблюдения за сдвижением горных пород и земной поверхности, а также за устойчивостью бортов карьеров и откосов отвалов. Маркшей-

дерское обеспечение промышленной и технической безопасности при ведении горных работ.

Перечень примерных вопросов для проведения самопроверки и подготовки к экзамену

1.Маркшейдерское дело и его задачи на различных этапах освоения.
2.Вертикальная соединительная съемка.
3.Вынос в натуру горизонтального угла (2 случая).
4.Задачи маркшейдера при строительстве шахт, сооружений и тоннелей.
5.Закрепление точки (репера) на заданной в проекте высотной отметки.
6.Классификация, составление и оформление графической маркшейдерской документации.
7.Краткая историческая справка о развитии маркшейдерского дела.
8.Маркшейдерская графическая документация. Требования к ней и ее виды.
9.Маркшейдерские опорные и съемочные сети на земной поверхности.
10.Маркшейдерские работы при проходке и креплении вертикальных шахтных стволов.
11.Маркшейдерские работы при строительстве тоннелей и выработок большого сечения.
12.Нивелирование подземных горных выработок геометрическим способом.
13.Перенесение в натуру горизонтального расстояния на неровной наклонной местности.
14.Перенесение в натуру горизонтального расстояния с плана на местность.
15.Перенесение в натуру линии под заданным уклоном.
16.Перенесение в натуру линий под заданным углом наклона.
17.Перенесение в натуру оси сооружения (три случая).
18.Перенесение точки по заданным ее координатам.
19.Роль маркшейдерских работ и их значение в практической деятельности горных инженеров.
20.Создание разбивочной сети на поверхности. Вертикальная планировка промплощадки.
21.Структура маркшейдерской службы в стране.
22.Топографические съемки поверхности промплощадки.
23.Геометрическое ориентирование шахт через один вертикальный ствол.
24.Горные теодолиты и приспособления для их установки и центрирования.
25.Измерение длин линий.
26.Измерение горизонтальных и вертикальных углов.
27.Классификация промышленных запасов по степени их готовности к добыче.
28.Классификация разведанных запасов полезного ископаемого.
29.Методы геометризации месторождений.
30.Методы построения предохранительных целиков под охраняемыми объектами.
31.Общие сведения о горизонтальных и соединительных подземных съемках.
32.Общие сведения о подземных маркшейдерских съемках.
33.Общие сведения о процессах сдвижения горных работ.
34.Ориентирование подземной съемки через штольню или наклонный шахтный ствол.
35.Основные сведения о разбивке зданий и сооружений.
36.Основные факторы, влияющие на характер процесса сдвижения горных пород.
37.Особенности процесса сдвижения горных пород и охрана сооружений при подземной разработке рудных месторождений.

38.Перенесение в натуру точки по координатам методом полярной засечки и прямоугольных координат.
39.Подсчет запасов полезных ископаемых.
40.Расчет объемов земляных работ при вертикальной планировке промплощадки.
41.Состав, виды и содержание маркшейдерской графической документации.
42.Сущность задачи и этапы геометризации месторождений полезных ископаемых.

КОМПЛЕКТ ПРИМЕРНЫХ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

Вариант 1		
№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Опорные сети на карьере по точности должны быть …	1.I – II классов 2.II – III классов 3.III - IV классов 4. IV класса, 1, 2 разряда 5.1, 2 разряда
2.	В измеренные расстояния в съемочных сетях вводят поправки…	1.за температуру 2.за компарирование 3.за температуру и компарирование 4.за наклон 5.за наклон, температуру и компарирование
3.	Для определения плановых координат точек применяется …	1.профилировка 2.нивелирование 3.полигонометрия 4.гироскопия 5.орентирование
4.	Натяжение рулетки в съемочных сетях осуществляется …	1.от руки 2.динамометром 3.специальным устройством 4.планиметром 5.отвесом
5.	Измерение углов производится способом …	1.шагов 2.приемов 3.деления 4.упражнений
6.	Горные выработки снимают…	1.гироскопическим способом 2.способом многоугольника 3.тахеометрическим способом 4.способом параллелей 5. способом повторений
7.	Нивелирование горных выработок проводится …	1.нивелированием строительным уровнем 2.барометрическим нивелированием 3.тригонометрическим нивелированием 4.геометрическим нивелированием 5.геометрическим и тригонометрическим
8.	Допустимая невязка технического нивелирования…	1.10 мм $\sqrt{L}$ 2. 20 мм $\sqrt{L}$ 3. 30 мм $\sqrt{L}$ 4. 40 мм $\sqrt{L}$ 5. 50 мм $\sqrt{L}$ где L длина хода в км
9.	Профиль откаточных путей строится по пикетам, рас-	1.2 м 2.100 м

	стояние между которыми составляет…	3.100или 300 м 4.20 или 30 м
10.	Задание направлений горным выработкам в горизонтальной плоскости фиксируется …	1.теодолитом 2.нивелиром 3.лазерным прибором 4.отвесами 5.лазерными приборами или отвесами
11.	Задание направлений горным выработкам в вертикальной плоскости фиксируется …	1.отвесами 2.боковыми реперами 3.лазерными указателями 4.теодолитом 5. отвесами или боковыми реперами или лазерными указателями
12.	Для задания направлений применяют …	1.1 отвес 2.2 отвеса 3.3 отвеса 4.4 отвеса 5.5 отвесов
13.	Подземные опорные сети состоят из…	1.полигонометрических ходов; 2.триангуляции; 3.трилатерации; 4.сетей II -го класса; 5.сетей I-го класса.
14.	Ориентирование подземных горных выработок производят…	1.геометрическим способом; 2. тригонометрическим способом; 3. способом круговых приемов; 4. полярным способом; 5. способом перпендикуляров.
15.	Измерение углов по 3-штативной системе…	1.повышает точность измерения углов; 2.не влияет на точность; 3.увеличивает производительность труда; 4.повышает точность и увеличивает производительность работ;
16.	Передачу Z в вертикальный ствол можно осуществить	1. Лазерной рулеткой 2. Тригонометрическим нивелированием 3. Геометрическим нивелированием 4. Прибором ДА2 и шахтной лентой
17.	Съемочные точки на карьере координируются методом …	1. Прямой засечки 2. Обратной засечки 3. Теодолитным ходом Всеми перечисленными способами
18.	Маркшейдерский теодолит должен иметь …	1. Специальную сетку нитей 2. Подсвечивающее устройство 3. Пылевлагозащиту 4. Оптический центрир 1+2+3
Вариант 2		
№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Поправка за провес рулетки…	1. вводится при измерении длин линий на весу; 2. определяется контрольным метром; 3. не учитывается; 4. вводится только в подземных сетях; 5.определяется на компараторе.
2.	При вычислении приращений координат используется значение…	1. горизонтального проложения; 2. наклонной длины; 3. наклона; 4. горизонтального угла; 5.вертикального угла.
3.	В измеренные длины в съемочных сетях вводят поправки за…	1. температуру; 2. температуру и наклон; 3. за наклон и провес; 4. за наклон, провес, температуру и компарирование; за наклон, температуру и компарирование.

4.	Соединительный треугольник должен быть…	1. вытянутым; 2. равносторонним; 3. прямоугольным; 4. вытянутым с длинной стороной между отвесами; прямоугольным с длинной стороной между отвесами.
5.	Грузы при проектировании помещают…	1.в воду; 2.на почву выработки; 3. в масло; 4. в масло или в воду с опилками; 5.в изолированный футляр.
6.	Соединительные треугольники решают по теореме …	1. синусов; 2. косинусов; 3. тангенсов; 4. синусов и тангенсов; 5.синусов и косинусов.
7.	Съемка горных выработок на карьерах выполняется способом…	1. перпендикуляров; 2. сечений; 3. тахеометрическим; 4.геометрическим; тригонометрическим.
8.	Примыкание к отвесам …	1. соединительным пятиугольником; 2. соединительным треугольником; 3. соединительной призмой; 4. гироскопическим способом; 5.через два ствола.
9.	Тахеометрическую съемку производят…	1. теодолитом; 2. угломером; 3. курвиметром; 4. рулеткой; 5. компасом.
10.	При ориентировании через два ствола опускается …	1. по два отвеса в каждом стволе; 2. по три отвеса в каждом стволе; 3. по одному отвесу в каждом стволе; 4. два отвеса в одном стволе и один в другом; 5. три отвеса в одном стволе и два в другом.
11.	Гироскопическое ориентирование сторон маркшейдерской опорной сети выполняется…	1. на любом расстоянии от ствола; 2. в околоствольных выработках; 3. в 2 км от ствола; 4. только при сбойке горных выработок; 5. при контрольных съемках.
12.	Задание направлений горным выработкам в горизонтальной плоскости производится …	1.теодолитом 2.нивелиром 3.шахтной лентой 4.рулеткой 5.светодальномером
13.	Превышение между точками можно вычислить…	1.по горизонтальному проложению и горизонтальному углу; 2. по наклонному расстоянию и горизонтальному углу; 3. по наклонному расстоянию и вертикальному углу; 4. по дирекционному углу наклонному расстоянию.
14.	Допустимая разность между измеренным расстоянием на поверхности и шахте в соединительном треугольнике составляет…	1. 1 мм; 2. 2 мм; 3. 3 мм; 4. 4 мм; 5. 10 мм.

СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

задание № 1 - «Геометризация и подсчет запасов участка месторождения полезного ископаемого».

Используя координаты разведочных скважин (X, Y) и отметки (Z) висячего и лежачего боков рудной залежи, а так же ее мощность, (см. таблицу исходных данных соответствующего варианта) построить гипсометрический план участка месторождения в изолиниях мощности. Подсчитать запасы рудной залежи, в пределах ее границ (контур изолинии 0-метра), методом горизонтальных сечений.

-

Таблица исходных данных для геометризации и подсчета запасов

№ скв	X, м	Y, м	Z		m, м
			вис. бок	леж. бок	
1	16745,000	26240,000	233,5	231,8	1,7
2	16758,000	26319,000	263,0	231,0	32,0
3	16764,000	26390,000	236,8	233,2	3,6
4	16668,000	26238,000	239,2	228,1	11,1
5	16704,000	26310,000	269,3	226,3	43,0
6	16720,000	26400,000	236,6	232,0	4,6
7	16638,000	26300,000	236,8	230,9	5,9
8	16650,000	26370,000	241,0	228,9	12,1

γ=3,2 т/м3

Последовательность выполнения задания:

1 - по данным таблицы исходных данных, строится фрагмент плана с нанесением разведочных скважин с указанием мощности залежи. Геометризация участка залежи полезного ископаемого проведена методом изолиний. Нулевой контур залежи определяется методом интерполирования по мощности пробуренных скважин. Выбрав высоту сечения изолиний, равную 5м, отображаем залежь в изолиниях мощности (см.Рисунок 1).

2 - подсчет запасов производится методом горизонтальных сечений, в качестве, которых выступают изолинии мощности залежи полезного ископаемого. Объем рудной залежи определяется суммой объемов блоков, ограниченных двумя смежными сечениями изо-

линий. Объем блока равен произведению половины суммы площадей смежных сечений, умноженных на высоту сечения изолиний, равную 5 м:

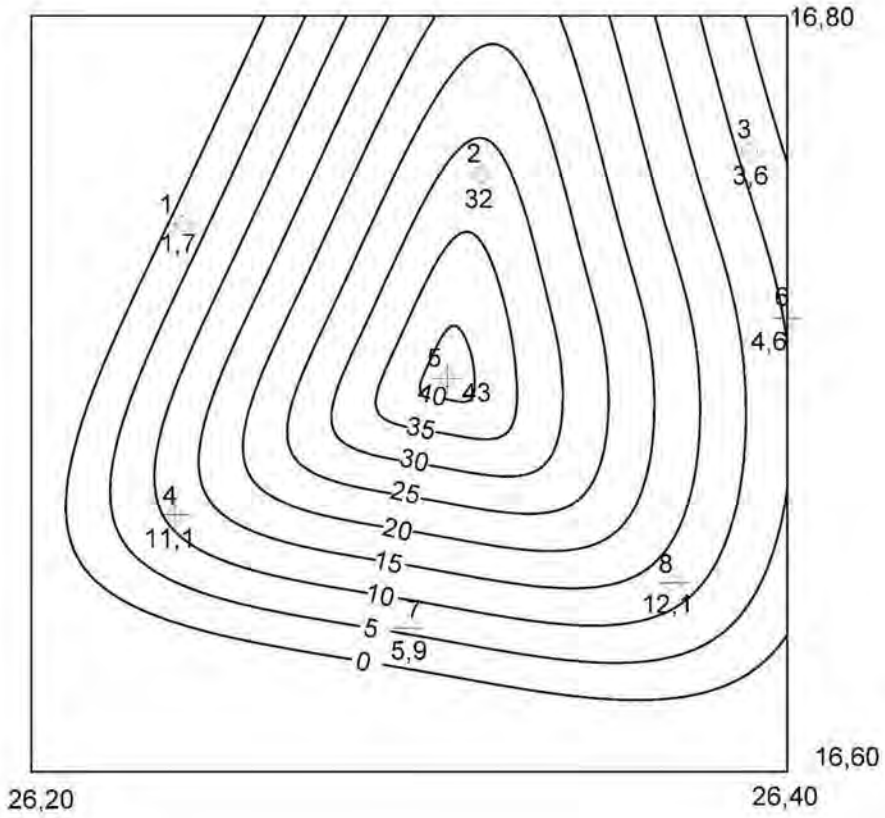


Рисунок1. План изолиний мощности залежи

Задание №2««Подготовка исходных данных для выноса центра и строительных осей горной выработки с проекта в натуру»

Произвести расчет разбивочных углов и расстояний от пунктов маркшейдерской опорной сети (I, II,) до точки выноса центра и строительных осей (С). В качестве исходных данных являются координаты этих точек (X, Y, Z) и дирекционный угол главной оси выработки (M-N)

Вычисление разбивочных углов ($\beta_{1?2?3}$) производится через дирекционные углы, соответствующих направлений при пункте I , II маркшейдерской опорной сети и точке С.

Вычисление горизонтальных проложений от пунктов I и II до выносимой точки С производятся через их приращения координат. Наклонные расстояния, для выноса точки на местность, получают путем введения поправки за разность высот точек, в горизонтальные проложения, соответствующих направлений. Графическая модель решения задания №2 приведена на рисунке 2.

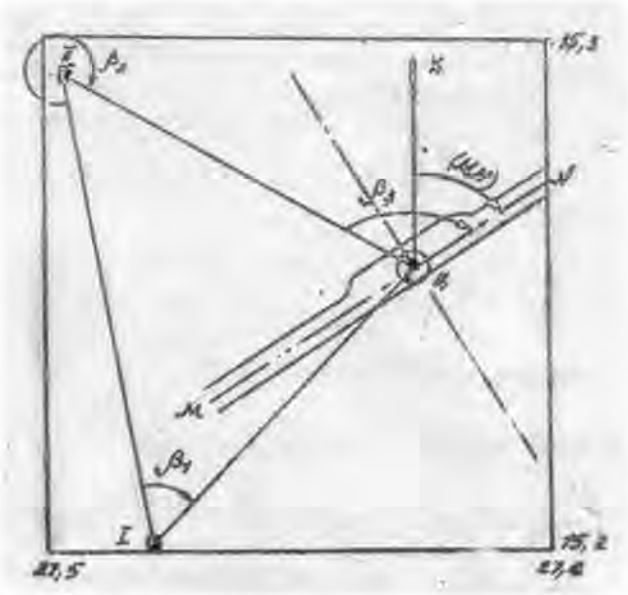


Рисунок 2. План разбивки центра ствола и строительных осей.

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.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубко Б.П. и др. Маркшейдерия. Часть 1, 2010. – 208 с.

2. Бадулин А.П. Маркшейдерия: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Геодезия и маркшейдерия» (раздел «Маркшейдерия») для студентов специальностей: «Шахтное строительство» (ШС) и «Взрывное дело» (ВД) направления 130400 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. – 45 с.



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

Ю. И. Лель, Н. В. Мартынов

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург
2019

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

Ю. И. Лель, Н. В. Мартынов

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

УДК 622.221
Л 43

Рецензент: *С. В. Исаков*, канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом УГГУ.

Лель Ю. И., Мартынов Н. В.

Л 43 ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Н. В. Мартынов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 33 с.

В учебно-методическом пособии дается содержание курсового проекта по дисциплине, порядок решения главных его задач и необходимый для расчетов минимум справочно-информационных материалов. Приводятся примеры графической части проекта и решения отдельных задач, требования к оформлению проекта.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Процессы открытых горных работ» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» направления 21.05.04 – «Горное дело».

УДК 622.221

© Лель Ю. И., Мартынов Н. В., 2019
© Уральский государственный горный университет, 2019

Введение

Целью курсового проектирования является закрепление и систематизация теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины «Процессы открытых горных работ», развитие навыков самостоятельного решения инженерных задач, использования технической литературы, справочных и нормативных материалов, достижений научно-технического прогресса и передового опыта.

Проект выполняется на основе раздела «Подготовка горных пород к выемке» дисциплины «Процессы открытых горных работ».

Тема курсового проекта: «Расчет параметров буровзрывных работ на карьере».

Для горнотехнических условий разработки в соответствии с заданием на проектирование решаются *следующие задачи*:

– обоснование и выбор вида бурения, модели бурового станка и диаметра долота;

– обоснование и выбор типа ВВ;

– расчет параметров буровзрывных работ: конструкции и сетки скважин, количества взрывных скважин в ряду и количества рядов на заданном блоке, ширины развала, выхода взорванной горной массы с 1 п. м скважины;

– обоснование схемы коммутации взрывной сети на блоке в соответствии с заданными средствами инициирования;

– расчет безопасных расстояний при ведении взрывных работ;

– расчет потребности во взрывчатых материалах;

– расчет производительности бурового станка и потребного количества смен на обуривание блока.

Основанием для выполнения проекта является задание на проектирование, выдаваемое руководителем индивидуально каждому студенту (прил. 1).

Проект состоит из расчетно-пояснительной и графической частей и оформляется строго по действующим ГОСТам.

Текстовая часть проекта оформляется в виде брошюрованной записки. Записка должна иметь следующее:

1. Оформленный по правилам титульный лист, выполняемый в туши или на принтере. Образец оформления титула дан в прил. 2.
2. Оригинал задания на проектирование (прилагается к записке между титульным и первым листом).
3. Оглавление с перечислением всех разделов записки и их постраничного размещения. Размещается после задания на проектирование.
4. Текст с расчетами, обоснованием, схемами.
5. Список использованной литературы.

Текст пишется на одной или двух сторонах листа нелинованной белой бумаги стандартных размеров (формат 297 × 210 мм) чернилами одного цвета

(кроме красного) или печатается на принтере. На листе оставляются поля: слева 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм и снизу – 25 мм.

Страницы нумеруются, номера ставятся внизу, по центру страницы.

Первым является лист с оглавлением.

Текст пишется аккуратно, без помарок и зачеркиваний. Изложение текста должно быть литературным, сжатым, грамотным. Не допускаются сокращения слов, за исключением общепринятых обозначений. Предложения строятся в безлично-именной форме.

Таблицы, рисунки и схемы, помещенные в записку, нумеруются и им даются наименования по содержанию. В тексте на них даются ссылки. Нумерацию имеют все формулы, разделы нумеруются и имеют те же заголовки, что и в приведенном далее тексте. Рисунки, таблицы, формулы нумеруются последовательно по разделам. Например, первый рисунок в разделе 1 имеет нумерацию 1.1, второй – 1.2 и т. д. Первая таблица раздела 2 имеет номер 2.1, вторая – 2.2 и т. д. Аналогично нумеруются формулы.

При аналитических расчетах сначала записывается формула с буквенными обозначениями параметров, ставится знак равенства, подставляются значения параметров и пишется результат вычислений. Ниже формулы дается расшифровка параметров и обоснование их значений (примеры смотри далее в тексте руководства).

Графическая часть представляется чертежами, выполненными на листах формата А4 (прил. 4, рис. П. 4.1, П. 4.2), в стандартном масштабе. Размеры на чертежах наносятся с точностью, принятой для измерения данного параметра.

1. Выбор вида бурения и диаметра долота

1. Для заданных горнотехнических условий выбирается диаметр скважины, как один из основополагающих параметров, определяющих эффективность и качество буровзрывных работ.

Поскольку четко выраженной зависимости для определения требуемого диаметра скважин от горнотехнических условий не существует, выбор диаметра осуществляется на основе технико-экономических расчетов вариантов. В данной работе не рассматриваются экономические, а только технические и технологические аспекты буровзрывных работ.

1.1. На первом этапе выбирается вид бурения: шнековый ($П_б \leq 8$), шарошечный ($16 \geq П_б \geq 8$), пневмоударный ($П_б \geq 16$) в зависимости от относительного показателя трудности бурения ($П_б$), который определяется по эмпирическому выражению

$$П_б = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\gamma. \qquad (1.1)$$

где $\sigma_{сж}$ и $\sigma_{сд}$ – пределы прочности породы при одноосном сжатии и сдвиге, МПа; γ – плотность породы, т/м^3.

Для более полного учета других факторов, влияющих (помимо $П_б$) на выбор способа бурения, следует ознакомиться с источниками [1, с. 74-103] и [4, с. 23-59].

1.2. После выбора способа бурения принимается для дальнейших расчетов диаметр долота (скважины) исходя из технологических параметров станков вращательного (прил. 3, табл. П. 3.1), шарошечного (прил. 3, табл. П. 3.2) или пневмоударного (прил. 3, табл. П. 3.3, П. 3.4) бурения. Выбор диаметра скважины – многоплановая технико-экономическая задача. Наибольшее влияние на выбор диаметра оказывает трещиноватость и крепость взрываемого массива. Современный опыт буровзрывных работ на карьерах показывает, что:

а) в крепких породах I–II категорий трещиноватости стремятся применить возможно больший диаметр скважины 250–350 мм;

б) в слабых и ниже средней крепости породах, не требующих большого удельного расхода ВВ, той же I–II категорий трещиноватости применение скважин 300 мм и более оказывается неэффективным;

в) типичным для пород II и III категорий трещиноватости являются диаметры скважин 200–250 мм;

г) в крупноблочных породах IV и V категорий с точки зрения качества дробления эффективны диаметры скважин 120–170 мм. Однако их применение ограничивается, как правило, малой и средней производительностью карьера по горной массе (низкий выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины).

1.3. Для предварительного выбора диаметра долота при шарошечном бурении можно использовать данные о соотношении оптимального усилия подачи, диаметра долота и показателя трудности бурения (прил. 3, табл. П. 3.5).

1.4. При выборе диаметра и марки шарошечного долота необходимо учитывать следующее. В зависимости от типа буримых пород наружные рабочие поверхности шарошек (вооружение) имеют зубья различной формы и размеров. Это отражается в обозначении долота следующими буквами:

М – для мягких пород;

МС – мягких пород с пропластками пород средней твердости;

МЗ – мягких абразивных пород;

МЗС – мягких абразивных пород с пропластками средней твердости;

С – пород средней твердости;

СТ – пород средней твердости с пропластками твердых;

СЗ – абразивных пород средней твердости;

Т – твердых пород;

ТЗ – твердых абразивных пород;

ТК – твердых пород с пропластками крепких;

К – крепких пород;

ОК – очень крепких пород.

Шарошки долот Т, СТ, МС и М имеют фрезерованные зубья, наплавленные твердым сплавом, и отличаются друг от друга количеством и размерами зубьев. Зубья шарошек МЗ, СЗ, ТКЗ, К и ОК выполнены в виде запрессованных в тело шарошек твердосплавных штырей с клиновидной (МЗ, СЗ и ТЗ – угол клина 90°) или сферической (К, ОК) рабочей поверхностью. Шарошки долот МЗС и ТК имеют чередующиеся фрезерованные и вставные зубья.

В зависимости от расположения и конструкции продувочных каналов шарошечные долота бывают с центральной (П) и боковой (ПГ) продувкой, а опоры шарошек могут быть с телом качения (В), на двух и более подшипниках скольжения (С) или содержать упорный подшипник скольжения (УПС).

В настоящее время большинство долот диаметром 200 мм и выше выполнено на опорах, имеющих следующую схему: роликовый подшипник – шариковый (замковый) подшипник – роликовый подшипник (Р–Ш–Р).

Марка долота 228 МЗ-ПГВ обозначает долото диаметром 228 мм с вооружением МЗ, с боковой продувкой опор (ПГ).

У долот с центральной продувкой подвод воздуха к забою осуществляется через центральное отверстие. Кроме того, в лапах и их цапфах выполняются специальные каналы, по которым до 20-25 % общего расхода воздуха поступает в опоры шарошек. Это способствует их охлаждению и предотвращает попадание в них частиц выбуренной породы.

2. Выбор типа взрывчатых веществ (ВВ)

Характеристики основных типов ВВ для открытых горных работ приведены в прил. 3, табл. П. 3.6. Тип ВВ выбирается с учетом обводненности и горнотехнических свойств массива, а также диаметра скважин. При малых диаметрах скважин и большой крепости пород целесообразно принимать ВВ с большими мощностными характеристиками. Также следует учитывать величину кислородного баланса.

Более полное представление о свойствах ВВ и области их применения можно получить по данным литературных источников [3, с. 228-250], [4, с. 83-121] и [11, с. 22-26].

3. Расчет параметров взрывных работ на блоке

Общие требования к проектированию взрывных работ изложены в прил. 5.

Для выбранного диаметра долота, типа ВВ и заданных горнотехнических условий проводятся проектные расчеты в следующей последовательности.

3.1. Определяют параметры скважины:

а) диаметр скважины ($d_с$, мм)

$$d_с = d_д\, k_{разб}, \qquad (3.1)$$

где $d_д$ – диаметр долота, мм; $k_{разб}$ – коэффициент разбуривания принимается в зависимости от крепости пород (f):

f	4	6	8-10	12-14	16
$k_{разб}$	1,05	1,04	1,037-1,031	1,030-1,021	1,02

б) длина перебура ($l_{пер}$, м)

$$l_{пер} = d_с\, k_{пер}, \qquad (3.2)$$

где $k_{пер}$ – коэффициент перебура принимается в зависимости от взрываемости пород (прил. 3, табл. П. 3.7).

в) длина скважин при вертикальном бурении ($l_с$, м)

$$l_с = h_{у} + l_{п}, \qquad (3.3)$$

где $h_у$ – высота уступа, м.

Примечание. В случае принятия после дальнейших расчетов наклонного бурения

$$l_с = \frac{h_{у} + l_{п}}{\sin\alpha}, \qquad (3.4)$$

где α – принятый угол наклона скважин к вертикали (обычно равен углу откоса рабочего уступа $\alpha_р$).

3.2. Определяется длина скважинного заряда ($l_{зар}$, м)

$$l_{зар} = l_с - l_{заб}, \qquad (3.5)$$

где $l_{заб}$ – длина забойки (м); принимается в зависимости от класса пород по взрываемости (прил. 3, табл. П. 3.8).

3.3. Определяется расчетный (проектный) расход принятого ВВ ($q_п$, кг/м^3)

$$q_{п} = q_{э} k_{ВВ} k_{д} k_{\alpha} \cdot \frac{\gamma}{2,6}, \qquad (3.6)$$

где $q_э$ – удельный расход эталонного ВВ (граммонит 79/21). Принимается в зависимости от трещиноватости, взрываемости, крепости и плотности пород по данным прил. 3, табл. П. 3.9; $k_{ВВ}$ – коэффициент работоспособности принятого ВВ (прил. 3, табл. П. 3.10); $k_д$ – коэффициент, учитывающий принятый диаметр скважин по сравнению с эталонным (прил. 3, табл. П. 3.11); k_α – коэффициент, учитывающий угол наклона скважины: при вертикальном бурении $k_\alpha = 1$, при наклонном – $k_\alpha = 0{,}93\ldots0{,}95$; γ – плотность породы, т/м^3.

3.4. Определяется величина преодолеваемой линии сопротивления по подошве уступа (W, м)

$$W = 0{,}9\sqrt{\frac{P}{q_п}}, \qquad (3.7)$$

где P – удельная вместимость скважины, кг/м;

$$P = 7{,}85 d_с^2 \Delta, \qquad (3.8)$$

где Δ – плотность заряда в скважине, кг/дм^3 (прил. 3, табл. П. 3.6); $d_с$ – диаметр скважины, дм.

3.5. Проверяется выполнение условия

$$W \geq W_{\min}, \tag{3.9}$$

где $W_{\min}$ – минимально необходимая величина линии сопротивления по подошве, определяемая из условия расположения бурового станка на безопасном расстоянии от верхней бровки уступа, м;

$$W_{\min} = h_{\text{ó}}\text{ctg}\alpha_{\text{p}} + \tilde{N}, \tag{3.10}$$

где α_{p} – рабочий угол откоса уступа, град.; C – безопасное расстояние скважины от верхней бровки уступа, м;

$$\tilde{N} = h_{\text{ó}}\left(\text{ctg}\alpha_{\text{ó}} - \text{ctg}\alpha_{\text{p}}\right) \geq 3\ \text{ì}\ ; \tag{3.11}$$

где α_{y} – устойчивый угол откоса уступа, град.

В случае, если $W < W_{\min}$, изменяются принятые ранее параметры: а) увеличивается диаметр скважины и, следовательно, ее удельная вместимость (P); б) выбирается более мощное ВВ с высокой плотностью заряжания; в) применяется наклонное бурение либо спаренные по первому ряду скважины.

После выполнения условия $W \geq W_{\min}$ значения W, P и $q_{\text{п}}$ принимаются в качестве проектных.

3.6. Определяются параметры сетки скважин.

3.6.1. Расстояние между скважинами в ряду (a, м)

$$a = \frac{Q_{\text{з}}}{q_{\text{п}} h_{\text{y}} W}, \tag{3.12}$$

где $Q_{\text{з}}$ – масса заряда в скважине, кг;

$$Q_{\text{з}} = P l_{\text{зар}}. \tag{3.13}$$

Полученное значение a проверяется по допустимому коэффициенту сближения скважин m

$$m = a/W. \tag{3.14}$$

В легковзрываемых породах m = 1,1…1,2; в средневзрываемых – m = = 1,0…1,1; в трудновзрываемых – m = 0,85…1,00.

3.6.2. Расстояние между рядами скважин (b, м)

$$b = \frac{Q_{\text{з}}}{q_{\text{п}} h_{\text{y}} a k_{\text{з}}}, \tag{3.15}$$

где $k_{\text{з}}$ – коэффициент увеличения удельного расхода ВВ во втором и последующих рядах скважин.

При наклонном бурении $k_{\text{з}}$ = 1,0; при вертикальном бурении в породах I-III категорий трещиноватости $k_{\text{з}}$ = 1,05…1,10; в породах IV-V категорий трещиноватости $k_{\text{з}}$ = 1,12…1,15.

3.7. По заданным размерам взрывного блока определяется необходимое количество скважин в ряду ($n_{\text{с}}$, шт.), количество рядов скважин ($n_{\text{р}}$, шт.) и в масштабе вычерчивается расположение взрывных скважин на уступе в плане и разрезе (прил. 4, рис. П. 4.3).

$$n_{\text{с}} = \frac{L_{\text{б}}}{a} + 1, \tag{3.16}$$

где $L_{\text{б}}$ – длина взрывного блока, м; a – расстояние между скважинами в ряду, м.

Количество рядов при заданной ширине взрывного блока (B, м)

$$n_{\text{р}} = \frac{B - W}{b} + 1, \tag{3.17}$$

где W – величина преодолеваемой линии сопротивления по подошве уступа, м; b – расстояние между рядами скважин, м.

3.7.1. Полученное число рядов скважин округляется до ближайшего большего целого и рассчитывается фактическая ширина взрывного блока ($B_{\text{ф}}$, м)

$$\hat{A}_{\text{б}} = W + \left(n_{\text{р}} - 1\right)\, b. \tag{3.18}$$

3.8. В соответствии с заданием конструируется и вычерчивается схема соединения зарядов при короткозамедленном взрывании (КЗВ). В качестве средств инициирования используется детонирующий шнуром или неэлектрические системы инициирования (НСИ) типа «Нонель», СИНВ и Эдилин. Особенности применения различных средств инициирования и различных схем соединения зарядов изложены в источнике [4, с. 240-257]. Характеристика промежуточных детонаторов (прессованных шашек) для взрывания детонирующим шнуром приведена в прил. 3, табл. П. 3.12. Примеры схемы коммутации и оформления чертежей приведены в прил. 4, рис. П. 4 4.

Интервал замедления (τ) определяется в зависимости от величины линии сопротивления по подошве (W, м) и взрываемости пород по соотношениям:

- для легковзрываемых пород $\tau = (5\ldots6)W$, мс;
- средневзрываемых пород $\tau = (3\ldots4)W$, мс;
- трудновзрываемых пород $\tau = (2{,}0\ldots2{,}5)W$, мс;
- весьма и исключительно трудновзрываемых пород $\tau = (1{,}5\ldots2{,}0)W$, мс.

Расчетное значение τ следует округлять до ближайшего из стандартных замедлений [1, с. 122-124].

Стандартное время замедления РП-8: 10, 20, 35, 50, 75, 100, 125 мс.

Стандартное время замедления РП-Н: 20, 35, 50 мс.

Стандартное время замедления РП-Д: 20, 30, 45, 60, 80, 100 мс.

Время замедления в системе «Нонель»: 0, 17, 25, 42, 67, 109, 176 мс.

Время замедления внутрискважинных замедлителей системы «Нонель» от 75 до 500 с интервалом через 25 мс.

3.9. Определяются следующие показатели взрывных работ:

3.9.1. Ширина развала от первого ряда скважин ($B'_{\text{р}}$, м)

$$B'_{\text{р}} = k_{\text{з}} k_{\text{в}} h_y \sqrt{q_{\text{п}}}\,, \tag{3.19}$$

где $k_{\text{з}}$ – коэффициент дальности отброса породы, зависящий от принятого интервала замедления (τ, мс) между скважинами в ряду:

Интервал замедления τ, мс	0	10	25	50	≥ 75
$k_з$	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80

$k_в$ – коэффициент, зависящий от взрываемости породы. Для легковзрываемых пород $k_в$ = 3,0…3,5; для средневзрываемых – $k_в$ = 2,5…3,0; для трудновзрываемых – $k_в$ = 2,0…2,5; $q_п$ – расчетный (проектный) расход ВВ, кг/м^3; h – высота уступа, м.

3.9.2. Фактическая ширина развала

$$B_р = B'_р + (n_р - 1)b. \tag{3.20}$$

Примечание. В практической деятельности величину ширины развала планируют с целью согласования различных задач: улучшения качества дробления (за счет создания «подпорной стенки»); погрузки развала за определенное количество проходов экскаватора при рациональной ширине заходки; обеспечения требуемой (особенно в стесненных условиях) ширины рабочей площадки и т. п.

3.9.3. Высота развала ($h_р$, м) при многорядном взрывании на свободный откос и соблюдении фактических и расчетных параметров W и $q_п$ согласно [1, с. 101-102] составляет: при $n_р$ = 2÷3 $h_р$ = (0,6÷1,0)$h_у$, при увеличении числа рядов скважин более трёх $h_р$ = (1,05÷1,30)$h_у$, при завышенном фактическом значении W, а также при взрывании на «подпорную стенку» высота развала может достигать $h_р$ = (1,15÷1,40)$h_у$.

При графическом изображении развала взорванной горной массы (прил. 4, рис. П. 4.5) следует соблюдать соотношение

$$\frac{S_б}{S_á} = \frac{S_б}{B_ô h_у} \approx k_р, \tag{3.21}$$

где $S_р$ – площадь поперечного сечения развала взорванной горной массы, м^2; $S_б$ – площадь поперечного сечения взрывного блока, м^2; $B_ф$ – фактическая ширина взрывного блока, м; $h_у$ – высота уступа, м; $k_р$ – средний по блоку коэффициент разрыхления взорванной горной массы: $k_р$ = 1,10÷1,20 для легковзрываемых пород; $k_р$ = 1,25÷1,45 – для средне- и трудновзрываемых пород; $k_р$ = 1,45÷1,60 – для весьма и исключительно трудновзрываемых пород.

3.9.4. Объем взрываемого блока ($V_б$, м^3)

$$V_б = L_б B_ф h_у, \tag{3.22}$$

где $L_б$ – длина взрывного блока, м; $B_ф$ – фактическая ширина взрывного блока, м.

3.9.5. Выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины ($q_{г.м}$, м^3/м)

$$q_{ã.\,i} = \frac{V_á}{\sum_1^n l_с}, \tag{3.23}$$

где $l_с$ – длина скважины, м; n – количество скважин на блоке.

$$n = n_р n_с, \tag{3.24}$$

где $n_р$ – количество рядов скважин; $n_с$ – количество скважин в ряду.

4. Расчет потребности во взрывчатых материалах

4.1. Необходимое количество ВВ в расчете на взрывной блок ($Q_б$, кг)

$$Q_б = \sum_1^n P l_{зар} = q_п V_б, \qquad (4.1)$$

где P – удельная вместимость скважины, кг/м; $l_{зар}$ – длина заряда, м; n – количество взрывных скважин на блоке; $q_п$ – расчетный (проектный) расход ВВ, кг/м^3; $V_б$ – объем взрывного блока, м^3.

4.2. Потребность в средствах инициирования рассчитывается в зависимости от применяемых средств и схемы инициирования.

4.2.1. Инициирование детонирующим шнуром (ДШ).

Общее количество ДШ ($L_{дш}$, м) на взрывной блок

$$L_{дш} = k_{зап}(L_м + L_{сек} + L_{скв}), \qquad (4.2)$$

где $L_м$, $L_{сек}$, $L_{скв}$ – суммарные длины, соответственно, магистрального, секционного и скважинного шнуров, м; $k_{зап} = 1{,}1 \div 1{,}2$ – коэффициент запаса.

При определении длины ДШ необходимо учитывать следующее:

а) при взрывании скважин глубиной более 15 м нитка ДШ дублируется (в соответствии с ЕПБ);

б) при заряжании ДШ должен выходить из скважины на длину 1,0÷1,5 м для соединения с секционным или магистральным ДШ;

в) длины $L_{сек}$ и $L_м$ рассчитываются по принятой схеме коммутации, которая вычерчивается в масштабе полностью либо фрагментарно;

г) в соответствии с принятой схемой коммутации зарядов определяется необходимое количество пиротехнических реле времени.

4.2.2. При инициировании с помощью ударно-волновой трубки (УВТ) необходимо учитывать следующее:

а) общая длина УВТ определяется в соответствии с принятой схемой коммутации сети с учетом требований к ДШ;

б) количество детонаторов и разъединителей на поверхности сети, а также внутрискважинных (донных) детонаторов определяется в зависимости от схемы взрывания.

5. Расчет безопасных расстояний при ведении взрывных работ

5.1. Расстояние, опасное для людей по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов ($R_р$, м), определяется по формуле

$$R_б = 1250\ \eta_{çàð}\sqrt{\frac{f d_ñ}{(1+\eta_{çàá})\grave{a}}}, \qquad (5.1)$$

где $\eta_{çàð} = \dfrac{l_{çàð}}{l_{çàá}}$ – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом; f – коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова; $d_с$ – диаметр скважины, м; $\eta_{заб}$ – коэффициент заполнения скважины забойкой;

при полной (проектной) забойке $\eta_{заб} = 1$, при взрывании без забойки – $\eta_{заб} = 0$; a – расстояние между скважинами в ряду, м.

Примечание. Для шпуровых и скважинных зарядов согласно ЕПБ $R_р \geq 300$ м.

5.2. Сейсмически безопасное расстояние ($R_с$, м)

$$R_с = k_г k_с \alpha \sqrt[3]{Q}, \qquad (5.2)$$

где $k_г$ – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения); $k_с$ – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки; α – коэффициент, зависящий от условий взрывания; Q – общая масса одновременно взрываемых зарядов, кг.

Значения коэффициента $k_г$

Скальные породы плотные, ненарушенные	5
Скальные породы, нарушенные, неглубокий слой мягких грунтов на скальном основании	8
Необводненные песчаные и глинистые грунты глубиной более 10 м	12
Почвенные обводненные грунты и грунты с высоким уровнем грунтовых вод	15
Водонасыщенные грунты	20

Примечание. В тех случаях, когда характеристика грунта не в полной мере соответствует приведенной выше или известна ориентировочно, следует для расчета принимать ближайшее большее значение коэффициента $k_г$.

Значения коэффициента $k_с$

Одиночные здания и сооружения производственного назначения с железобетонным или металлическим каркасом	1,0
Одиночные здания высотой не более 2-3-х этажей с кирпичными и подобными стенами	1,5
Небольшие жилые поселки	2,0

Значения коэффициента α

Камуфлетный взрыв и взрыв на рыхление	1,0
Взрыв на выброс	0,8
Взрыв полууглубленного заряда	2,0

Примечание. При размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах значение коэффициента α следует увеличить в 1,5–2,0 раза.

5.3. Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны (УВВ).

5.3.1. Для людей (R_{min}, м)

$$R_{min} = 15\sqrt[3]{Q}, \qquad (5.3)$$

где Q – общая масса одновременно взрываемых зарядов, кг.

5.3.2. Для зданий и сооружений ($R_в$, м)

$$R_в = k_{заб} k_м d_с \sqrt[3]{n}, \qquad (5.4)$$

где $k_{заб}$ – коэффициент забойки. Принимается в зависимости относительной длины забойки:

Относительная длина забойки (в диаметрах заряда).....	0	5	10	15
$k_{заб}$	3000	2000	600	400

$k_м$ – коэффициент метеоусловий: для зимы – $k_м = 3$, для остальных сезонов – $k_м = 2$; $d_с$ – диаметр скважины, м; n – число одновременно взрываемых скважин.

6. Расчет производительности и парка буровых станков

Расчет производительности буровых станков осуществляется в следующей последовательности.

6.1. Станки шнекового (вращательного) бурения.

6.1.1. Определяется теоретическая (механическая) скорость бурения ($v_м$, м/ч)

$$v_м = \frac{7{,}5 P_р n_в}{100 П_б^2 d_д^2}, \qquad (6.1)$$

где $P_р$ – расчетное осевое усилие подачи, кН; $n_в$ – расчетная частота вращения бурового става, $с^{-1}$; $d_д$ – диаметр долота, м; $П_б$ – относительный показатель трудности бурения пород.

Расчетное усилие подачи должно находится в пределах

$$P_{min} \le P_р \le P_{max}, \qquad (6.2)$$

где P_{min} – минимально необходимое усилие подачи для бурения заданных пород, кН; P_{max} – максимально возможное усилие подачи по техническим характеристикам выбранного типа станка, кН (прил. 3, табл. П. 3.1).

Минимально необходимое осевое усилие (P_{min}, кН) определяется по формуле В. В. Ржевского

$$P_{min} = 5 П_б F_з, \qquad (6.3)$$

где $F_з$ – площадь затупления резцов, $см^2$; $F_з$ принимается в зависимости от буримости пород в следующих пределах: при $П_б = 1 \div 2$ $F_з = 0{,}5 \div 1{,}0$ $см^2$; при $П_б = 3 \div 4$ $F_з = 1{,}5 \div 2{,}0$ $см^2$; при $П_б = 5 \div 7$ $F_з = 2{,}5 \div 3{,}0$ $см^2$.

Расчетное осевое усилие ($P_р$, кН) принимается равным или близким оптимальному $P_о$

$$P_р \approx P_о = p_{уд} d_д, \qquad (6.4)$$

где $p_{уд}$ – удельное в расчете на 1 см диаметра резца оптимальное осевое усилие для пород различной крепости по шкале М. М. Протодьяконова, кН/см (табл. 6.1); $d_д$ – диаметр долота, см.

Расчетная частота вращения бурового става ($n_в$, $с^{-1}$) принимается близкой или равной оптимальной при заданной крепости пород и согласуется с возможностями станка (прил. 3, табл. П. 3.1).

Таблица 6.1

Область оптимальных значений $p_{уд}$ и $n_в$ для станков СБР

Крепость пород f	Удельное оптимальное усилие подачи $p_{уд}$, кН/см	Оптимальная скорость вращения долота $n_в$, $с^{-1}$
1	0,5	4,5
2	1,7	3,4
3	2,6	2,5
4	3,7	1,9
5	4,8	1,4
6	5,8	1,0
7	6,7	0,7

Примечание. Например, при крепости пород f = 3, диаметре долота 160 мм, показателе по буримости $П_б$ = 4 минимально необходимое усилие составит P_{min} = 5·4·2= 40 кН, расчетное $P_р$ = 2,6·1,6 = 41,6 кН, максимально возможное для станка СБР-160А-24-65 кН. Принятый станок обеспечивает необходимые параметры бурения

6.1.2. Техническая в заданных условиях скорость бурения ($v_т$, м/ч) определяется с учетом понижающих коэффициентов

$$v_т = v_м k_о k_н k_т, \qquad (6.5)$$

где $k_о$ = 0,95÷0,98 – коэффициент, учитывающий обводненность массива; $k_н$ – коэффициент, учитывающий наклон скважин: при вертикальном бурении $k_н$ = 1,0; при наклонном – $k_н$ = 0,90÷0,92; $k_т$ – коэффициент, учитывающий трещиноватость пород: для I категории по трещиноватости $k_т$ = 0,90÷0,92; для II категории – $k_т$ = 0,92÷0,94; для III категории – $k_т$ = 0,95÷0,97; для IV категории $k_т$ = 0,98; для V категории $k_т$ = 1,0.

Примечание. В случае, если выбранный тип станка не обеспечивает требуемые параметры бурения, необходимо переходить на станки шарошечного бурения.

6.2. Станки шарошечного бурения.

6.2.1. Механическая скорость бурения ($v_м$, м/ч)

$$v_м = \frac{P_р n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \qquad (6.6)$$

где $P_р$ – расчетное осевое усилие, кН; $n_в$ – расчетное (оптимальное) значение частоты вращения бурового става, $мин^{-1}$. Оптимальное значение $n_в$ определяется по графику (прил. 3, рис. П. 3.1) в зависимости от $П_б$ и $d_д$ и принимается в расчетах не выше технических возможностей бурового станка (прил. 3, табл. П. 3.2).

Расчетное (оптимальное) значение осевого усилия ($P_р$, кН) определяется по формуле

$$P_р = k П_б d_д, \qquad (6.7)$$

где k – коэффициент, учитывающий буримость пород и соответствующий следующим значениям:

$П_б$	8	10	12	14	16	18
k	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825

Проверяется условие

$$P_{\min} \le P_{\text{р}} \le P_{\max}, \tag{6.8}$$

где $P_{\min}$ – минимальное осевое усилие, кН. Определяется из условия

$$P_{\min} = (0{,}6 \div 0{,}7) f d_{\text{д}}, \tag{6.9}$$

где f – крепость пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова; $d_{\text{д}}$ – диаметр долота, см; $P_{\max}$ – максимальное осевое усилие, кН. Соответствие $P_{\text{р}}$ и $P_{\max}$ проверяется по двум факторам: а) по техническим возможностям станка (прил. 3, табл. П. 3.2); б) по прочности шарошек, исходя из условия

$$P_{\max} = 0{,}55 d_{\text{д}}^2. \tag{6.10}$$

6.2.2. Техническая скорость бурения рассчитывается с учетом понижающих коэффициентов, аналогично шнековому бурению и проверяется по расходу воздуха на продувку скважины (производительности компрессора).

В зависимости от производительности компрессора скорость бурения определяется из выражения

$$v_{\text{á}} = \frac{4{,}62 Q_{\text{ê}} \gamma_{\text{â}} \mu}{d_{\text{ñ}}^2 \gamma}, \tag{6.11}$$

где $Q_{\text{к}}$ – производительность компрессора, м^3/с (прил. 3, табл. П. 3.2); $\gamma_{\text{в}}$ – плотность воздушной или воздушно-водяной смеси исходящего из скважины потока, кг/м^3. При воздушной продувке $\gamma_{\text{в}} \approx 1{,}3$ кг/м^3; при воздушно-водяной (при среднем расходе поды 0,05–0,08 л/с) $\gamma_{\text{в}} \approx 1{,}4 \div 1{,}5$ кг/м^3; μ – массовая доля частиц породы в потоке смеси ($\mu = 0{,}4 \div 0{,}6$); $d_{\text{с}}$ – диаметр скважины, м; γ – плотность буримых пород, т/м^3.

Если окажется, что расчетная техническая скорость бурения ($v_{\text{т}}$) выше, нежели допустимая по производительности компрессора ($v_{\text{б}}$), то скорость бурения пересчитывается за счет изменения режимов бурения: уменьшения осевого усилия (целесообразно в легко- и среднебуримых породах) либо снижения скорости бурения (в крепких породах). Окончательно принимается техническая скорость ($v_{\text{т}}$) и режимы бурения ($P_{\text{р}}$ и $n_{\text{в}}$).

Пример. Станком СБШ-250МНА-32 бурятся вертикальные скважины глубиной 18 м, диаметр долота 244,5 мм, плотность пород 2,5 т/м^3, крепость f = 12, показатель буримости $П_б$ = 14. Массив сухой, IV категории трещиноватости.

Максимальное осевое усилие согласно технической характеристике станка $P_{\max}$ = = 300 кН, по прочности шарошек $P_{\max} = 0{,}55 \cdot 24{,}45 = 330$ кН. Расчетное (оптимальное) осевое усилие $P_{\text{р}} = 0{,}75 \cdot 14 \cdot 24{,}45 = 257$ кН.

Оптимальная частота вращения долота по графику (прил. 3, рис. П. 3.1) $n_{\text{в}}$ = 140 мин$^{-1}$ соответствует техническим возможностям станка.

Механическая скорость бурения

$$v_{\text{м}} = \frac{257 \cdot 140^{0,8}}{12^{1,6} \cdot 24,4} = 13,8 \text{ м/ч}.$$

Техническая скорость бурения

$$v_{\text{т}} = 13,8 \cdot 0,97 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 13,1 \text{ м/ч}.$$

Предельно возможная скорость бурения по производительности компрессора ($Q_{\text{к}}$ = = 0,53 м^3/с)

$$v_{\text{б}} = \frac{4,62 \cdot 0,53 \cdot 1,5 \cdot 0,6}{0,244^2 \cdot 2,5} = 14,9 \text{ м/ч}.$$

Окончательно принимаем к расчету скорость бурения $v_{\text{т}}$ = 13,1 м/ч, а рациональные параметры режима бурения: $P_{\text{р}}$ = 257 кН, $n_{\text{в}}$ = 140 мин$^{-1}$.

6.3. Станки ударно-вращательного бурения.

6.3.1. Механическая скорость бурения ($v_{\text{м}}$, м/ч)

$$v_{\text{ì}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \omega n_{\text{ó}}}{k_1 \text{Ï}_{\text{á}} d_{\text{ê}}^2 k_{\text{ô}}}, \qquad (6.12)$$

где ω – работа единичного удара, Дж; $n_{\text{у}}$ – число ударов коронки в секунду, с$^{-1}$; $d_{\text{к}}$ – диаметр коронки, м; k_1 – коэффициент, учитывающий величину $\text{П}_{\text{б}}$ (при $\text{П}_{\text{б}}$ = 10÷14 k_1 = 1; при $\text{П}_{\text{б}}$ = 15÷17 k_1 = 1,05; при $\text{П}_{\text{б}}$ = 18÷25 k_1 = 1,1); $k_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий форму буровой коронки (при трехперых коронках, рекомендуемых для малотрещиноватых пород, $k_{\text{ф}}$ = 1,0; при крестовых, рекомендуемых для трещиноватых пород, $k_{\text{ф}}$ = 1,1).

6.3.2. Техническая скорость бурения с учетом понижающих коэффициентов ($v_{\text{т}}$, м/ч)

$$v_{\text{т}} = v_{\text{м}} k_{\text{о}} k_{\text{н}} k_{\text{т}}. \qquad (6.13)$$

Значения коэффициентов те же, что и в формуле (6.5).

Пример расчета. Породы обводненные, IV категории трещиноватости, показатель по буримости $\text{П}_{\text{б}}$ = 20, скважины вертикальные глубиной 15 м. Станок СБУ-125-24, пневмоударник П-125К (прил. 3, табл. П. 3.3, П. 3.4).

Энергия единичного удара 140 Дж, частота удара 21 с$^{-1}$. Коэффициент, учитывающий величину $\text{П}_{\text{б}}$, k_1 = 1,1; коэффициент, учитывающий форму буровой коронки (крестовую), $k_{\text{ф}}$ = 1,1.

Механическая скорость бурения

$$v_{\text{м}} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 140 \cdot 21}{1,1 \cdot 20 \cdot 0,125^2 \cdot 1,1} = 4,7 \text{ м/ч}.$$

Техническая скорость бурения

$$v_{\text{т}} = 4,7 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 4,5 \text{ м/ч}.$$

6.4. Сменная производительность станка ($A_{\text{см}}^{\text{б}}$, м/смену) определяется по формуле

$$A_{\text{см}}^{\text{б}} = \left[T_{\text{см}} - \left(T_{\text{пз}} + T_{\text{рег}}\right)\right] v_{\text{т}}, \qquad (6.14)$$

где $T_{\text{см}}$ – длительность смены, ч (принимается самостоятельно); $T_{\text{пз}}$ – время подготовительно-заключительных операций, ч. $T_{\text{пз}}$ = 0,5 ч; $T_{\text{рег}}$ – время регламентированных перерывов, ч. $T_{\text{рег}}$ = 0,3÷0,6 ч; $v_{\text{т}}$ – техническая скорость бурения, м/ч.

6.5. Годовая производительность станка ($A_г^б$, м/год)

$$A_г^б = A_{см}^б N_{см} N_{сут}, \quad (6.15)$$

где $N_{см}$, $N_{сут}$ – количество рабочих смен в сутки и количество рабочих дней в году, соответственно.

Примечание. Режим работы устанавливается самостоятельно и корректируется при необходимости.

6.6. Потребный парк буровых станков ($N_б$, шт.)

$$N_{á} = \frac{Q_{ã.\,ì}}{À_{ã}^{á} q_{ã.\,ì}}, \quad (6.16)$$

где $Q_{г.\,м}$ – годовая производительность по горной массе, м^3/год; $q_{г.\,м}$ – выход горной массы с 1 п. м скважины, м^3/м.

6.7. Необходимое количество рабочих смен на обуривание заданного блока ($N_{см}^б$)

$$N_{ñì}^{á} = \frac{v_{á}}{À_{ñì}^{á} q_{ã.\,ì}}, \quad (6.17)$$

где $V_б$ – объем взрывного блока, м^3.

7. Технологические показатели проекта

Исходные данные для проектирования и расчетные показатели буровзрывных работ в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Технологические показатели проекта

Показатели	Значения
Исходные условия	
Высота уступа $h_у$, м	
Угол откоса уступа, град:	
рабочий $\alpha_р$	
устойчивый $\alpha_у$	
Характеристика пород:	
сопротивление на сжатие $\sigma_{сж}$, Мпа	
сопротивление на сдвиг $\sigma_{сд}$, Мпа	
плотность γ, т/м^3	
класс взрываемости	
Характеристика массива:	
категория трещиноватости	
обводненность	
Размеры взрывного блока, м:	
длина $L_б$	
ширина B	
Схема короткозамедленного взрывания	
Схема инициирования	
Производительность карьера по горной массе $Q_{г.\,м}$, млн м^3/год	

Окончание таблицы 7.1

Показатели	Значения
Расчетные показатели взрывных работ	
Относительный показатель трудности бурения $П_б$	
Модель бурового станка	
Диаметр скважины $d_с$, мм	
Длина, м:	
скважины $l_с$	
перебура $l_{пер}$	
забойки $l_{заб}$	
скважинного заряда $l_{зар}$	
Принятое ВВ	
Проектный расход принятого ВВ $q_п$, кг/м^3	
Удельная вместимость скважины P, кг/м	
Величина линии сопротивления по подошве W, м	
Масса заряда в скважине $Q_з$, кг	
Расстояние между скважинами в ряду a, м	
Расстояние между рядами скважин b, м	
Количество рядов скважин $n_р$	
Количество скважин в ряду $n_с$	
Фактическая ширина взрывного блока $B_ф$, м	
Ширина развала от первого ряда скважин $B'_р$, м	
Фактическая ширина развала $B_р$, м	
Средний по блоку коэффициент рыхления взорванной горной массы $k_р$, м	
Объем взрывного блока $V_б$, м^3	
Выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины $q_{г.м}$, м^3/м	
Необходимое количество ВВ в расчете на взрывной блок $Q_б$, кг	
Общая длина ДШ (УВТ) на взрывной блок $L_{дш}$ ($L_{увт}$), м	
Необходимое количество пиротехнических реле времени $N_{рел}$, шт.	
Количество детонаторов и разъединителей на поверхности сети $N_д$, $N_{раз}$, шт.	
Количество внутрискважинных (донных) детонаторов $N_{дв}$, шт.	
Общая масса одновременно взрываемых зарядов Q, кг	
Безопасное расстояние для людей по разлету кусков породы $R_р$, м	
Сейсмически безопасное расстояние $R_с$, м	
Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны R_{min}, м	
Безопасное расстояние для зданий и сооружений $R_с$, м	
Расчетные показатели буровых работ	
Теоретическая (механическая) скорость бурения $v_м$, м/ч	
Техническая скорость бурения $v_т$, м/ч	
Сменная производительность бурового станка $A^б_{см}$, м/смену	
Годовая производительность бурового станка $A^б_г$, м/год	
Потребный парк буровых станков $N_б$, шт.	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Репин Н. Я.* Подготовка горных пород к выемке. Ч. 1: учебное пособие. – М.: Изд-во «Мир горной книги», 2009. – 188 с.; 2009. – 188 с.
2. *Корнилков М. В.* Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. – 202 с.
3. *Кутузов Б. Н.* Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом: учебник для вузов. – М.: Изд-во «Горная книга», 2007. – 471 с.
4. *Друкованый М. Ф., Кукиб Б. Н., Куц В. С.* Буровзрывные работы на карьерах: учебник для техникумов. – М.: Недра, 1990. – 367 с.
5. *Технология и безопасность взрывных работ* / «Развитие ресурсосберегающих технологий во взрывном деле»: Мат-лы науч.-техн. конф. IV Уральского горнопромышленного форума, 12-14 сентября 2011 г., г. Екатеринбург. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. – 305 с.
6. *Егупов А. А.* Использование энергии взрыва при разработке многолетнемерзлых россыпей. – М.: Недра, 1991. – 224 с.
7. *Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И.* Справочник по открытым горным работам. – М.: НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с.
8. *Нормативный справочник по буровзрывным работам* / Ф. А. Авдеев, В. Л. Барон, Н. В. Гуров, В. Х, Кантор. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1986. – 511 с.
9. *ГОСТ 55736-2013.* Оборудование горно-шахтное. Станки для бурения взрывных скважин на открытых горных работах.
10. *Стенин Ю. В., Панфилов Д. С.* Расчеты параметров процесса буровзрывной подготовки горных пород к выемке. Часть 1. Расчет параметров буровых работ: руководство по выполнению лабораторных работ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 45 с.
11. *Стенин Ю. В., Панфилов Д. С.* Расчеты параметров процесса буровзрывной подготовки горных пород к выемке. Часть 2. Расчет параметров взрывных работ при транспортной системе разработки: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 45 с.

Приложение 1

Бланк задания на выполнение курсового проекта

Уральский государственный горный университет

Кафедра РМОС

ЗАДАНИЕ
на курсовое проектирование

Группа _____ Номер задания _____

Тема проекта*: Расчет параметров буровзрывных работ на карьере*

Исходные условия:

Уступ: высота уступа $h_у$ = м;
угол откоса уступа: рабочий $\alpha_р$ = град;
устойчивый $\alpha_у$ = град.

Характеристика пород:
сопротивление пород на сжатие $\sigma_{сж}$ = МПа;
сопротивление пород на сдвиг $\sigma_{сд}$ = МПа;
плотность $\gamma_п$ = т/м^3
класс взрываемости[1] – ;
категория трещиноватости[2] – ;
обводненность[3] – .
Размеры взрывного блока: длина $L_б$ = м;
ширина B = м.
Схема короткозамедленного взрывания[4] –
Схема инициирования[5] –
Производительность карьера по горной массе $Q_{г.м}$ = млн т/год.

Примечания: [1] Класс взрываемости: I – легковзрываемые; II – средневзрываемые; III – трудновзрываемые; IV – весьма трудновзрываемые; V – исключительно трудновзрываемые.
[2] Категория трещиноватости: I – чрезвычайно трещиноватые; II – сильнотрещиноватые; III – среднетрещиноватые; IV – малотрещиноватые; V – практически монолитные.
[3] Обводненность: С – сухие скважины; О – обводненные скважины.
[4] Схема КЗВ: П – порядная; Д – диагональная.
[5] Схема инициирования: ДШ – детонирующий шнур; УВТ – ударно-волновая трубка.

Руководитель проекта _____ _____
(Ф. И. О.) (подпись)

Дата выдачи задания «____» _____20____ г.

Приложение 2

Образец оформления титульного листа пояснительной записки

15 мм



Минобрнауки РФ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Кафедра РМОС

25 мм

15 мм

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ
БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРЕ

Курсовой проект
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»

Пояснительная записка

Руководитель

доц., канд. техн. наук — Н. В. Мартынов
(должность, ученая степень)

Студент — П. И. Иванов

Группа: — ОГР-15

15 мм

Приложение 3

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица П. 3.1

Основные технологические параметры станков вращательного (шнекового) бурения

Параметры	Модель бурового станка			
	режущего типа		комбинированные	
	СБР-160А-24	СБР-160Б-32	2СБР-125-30	СБШК-200
Условный диаметр скважины, мм	160	160	115, 125	190, 215
Глубина бурения, м	24	32	30	50
Направление бурения скважины к вертикали, град.	0, 15, 30	0, 15, 30	0, 15, 30	0, 15, 30
Усилие подачи, кН	65	80	До 40	До 196
Частота вращения бурового става, $с^{-1}$	1,7; 2,3; 3,3	1,7; 2,3; 3,3	0–4,2	0,05–3,0
Длина штанги, мм	8390	8390	4200	12000
Масса станка, т	25	32	12	48,2

Таблица П. 3. 2

Основные технологические характеристики станков шарошечного бурения

Параметры	Модель бурового станка					
	3СБШ-200-60	4СБШ-200-40; 5СБШ-200-40	СБШ-250МНА-32 (СБШ-250МН)	СБШ-250-55	СБШ-320-36	СБШ-160-48
Диаметр скважины, мм	215; 244,5	215; 244,5	244,5; 269,9	244,5; 269,9	320	161
Глубина бурения, м	60	40	32	55	36	48
Направление бурения к вертикали, град.	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30
Усилие подачи, кН, не более	300	300	300	350	600	167
Частота вращения долота, $с^{-1}$	0–160	0–150	0–150	0–150	0–120	0–160
Подача компрессора, $м^3/с$	0,417	0,417	0,417	0,417	0,834	0,417
Масса станка, т	62	59	71,5	85	110	40

Таблица П. 3. 3

Основные технологические характеристики станков пневмоударного бурения

Параметры	Модель бурового станка				
	2СБУ-100-32 (СБУ-100Н-35)	3СБУ-100-32	СБУ-100-35; СБУ-100ГА-50	СБУ-125-24; СБУ-125А-32	СБУ-125У-52
Диаметр скважины, мм	100(125)	85, 100, 125	100, 125	125	125–160
Глубина бурения по вертикали, м	32 (35)	32	35,50	24,32	52
Угол наклона скважины, град.	0; 15; 30	Манипулятор	0; 15; 30	0; 15; 30	0–30
Штанга, мм:					
длина	950	950	950	2930	4250
диаметр	83	83	83	89	108
Частота вращения бурового става, $с^{-1}$	0,77	0,65–1,33	0,77	0,37; 0,75	0,41–1,5
Усилие подачи, кН, не более	1,0–6,0	До 25	1,0–6,0	4,5–20	До 50
Тип пневмоударника	П-105К; П-125К	П-105К	П-125К	П-125К	П-125К

Таблица П. 3. 4

Техническая характеристика пневмоударников бесклапанного типа

Параметры	Пневмоударник		
	П-105К	П-125К	П-160А
Номинальный диаметр бурения, мм	105	125	165
Номинальное давление воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5
Работа единичного удара, Дж	96	140	280
Частота ударов, $с^{-1}$	27	21	21
Расход сжатого воздуха, $м^3$/мин	5.5	7,5	12
Ударная мощность, кВт	2,5	2,8	7,9
Наружный диаметр пневмоударника, мм	92	112	142
Масса без долота, кг	20	31	56

Таблица П. 3.5

Соотношение оптимального усилия подачи, диаметра долота и показателя трудности бурения ($П_б$) для отечественных шарошечных станков (по Н. Я. Репину [1])

$П_б$	Диаметр долота, мм	Оптимальное усилие подачи, кН/см
8	215,0	9
10	244,5	11
12	244,5 – 269,9	13
14	269,9	18
16 и выше	320	22

Таблица П. 3.6

Технические характеристики ВВ для открытых горных работ

Наименование ВВ	Кислородный баланс, %	Теплота взрыва, кДж/кг	Объем газов взрыва, л/кг	Плотность, кг/дм^3	Скорость детонации, км/с	Условия применения
Граммонит 79/21	+0,02	4285	895	0,85	3,2-4,0	Сухие скважины
Гранулит АС-4	+0,41	4522	907	0,85-0,90	2,6-3,5	То же
Гранулит АС-8	+034	5191	847	0,87-0,95	3,0-3,6	–″–
Гранулит С-6М	-1,3	3852	980	1,0-1,05	2,5-3,0	–″–
Гранулит АС-4В	+0,35	4622	907	0,80-0,85	3,0-3,5	Непроточная вода до 4 ч
Гранулит АС-8В	-3,3	5233	850	0,80-0,85	2,5-3,6	То же
Гранулотол	-74,0	3642	1045	0,90	4,0-4,6	Заполненные водой скважины
Алюмотол	-76,2	5266	815	0,95	4,0-4,2	То же
Гранитол-1	-43,6	3770	820	0,90-0,95	–	В воде до 6 суток
Гранитол-7А	-52,0	4598	800	0,90-0,95		То же
Горячельющиеся ВВ						
ГЛТ-20	-3,8	3678	905	1,45-1,50	4,9-5,0	Для сухих и обводненных скважин
Карбатол Т-15	-9,6	3427	946	1,4-1,6	4,5-4,8	То же
Карбатол ГЛ-10В	21,4	5684	844	1,55-1,60	4,5-5,0	–″–
Акватол Т-20	-4,6	3176	937	1,25-1,34	4,0-4,5	–″–
Акватол Т-60	-0,4	3782	920	1,40-1,45	5,0-5,5	–″–
Акватол Т-80	0	3941	913	1,45-1,50	5,2-5,5	–″–
Эмульсионные ВВ (порэмиты)	-3,5			1,20-1,35	4,9-5,1	–″–

Таблица П. 3.7

Рекомендуемая длина перебура скважин в зависимости от категории породы по взрываемости (в диаметрах скважин)

Класс пород по взрываемости	Характеристика пород	Категория пород по взрываемости (по В. В. Ржевскому)	Длина перебура (в диаметрах скважин)
I	Легковзрываемые	1,0-5,0	6-8
II	Средневзрываемые	5,1-10,0	8-10
III	Трудновзрываемые	10,1-15,0	10-12
IV	Весьма трудновзрываемые	15,1-20,0	12-14
V	Исключительно трудно-взрываемые	20,1-25,0	14-16

Таблица П. 3.8

Рекомендуемая длина забойки
(по отношению к длине скважины)

Класс пород по взрываемости	Характеристика пород	Относительная длина забойки $l_{заб} / l_c$
I	Легковзрываемые	0,10-0,20
II	Средневзрываемые	0,18-0,25
III	Трудновзрываемые	0,23-0,30
IV	Весьма трудновзрываемые	0,25-0,35
V	Исключительно трудно-взрываемые	0,30-0,40

Таблица П. 3.9

Эталонный удельный расход ВВ ($q_э$)

Категория трещиноватости пород	Взрываемость пород	Плотность, т/м^3	Удельный расход ВВ при крепости пород f, кг/м^3			Средний размер куска (ожидаемый), см
			2-5	6-10	11-20	
I	Легковзрываемые	2,4-2,7	0,30	0,35	0,45	10-15
II	Средневзрываемые	2,5-2,7	0,40	0,50	0,60	16-20
III	Трудновзрываемые	2,6-2,8	0,65	0,75	0,90	21-25
IV	Весьма трудновзры-ваемые	2,6-2,9	0,85	1,00	1,20	26 30
V	Исключительно труд-новзрываемые	2,7-3,0	1,00	1,20	1,40	31-35

Таблица П. 3.10

Значение $k_{ВВ}$ для основных типов ВВ

Тип ВВ	$k_{ВВ}$	Тип ВВ	$k_{ВВ}$
Граммонит 79/21	1,00	Акватол Т-20	1,20
Граммонит 30/70	1,26	Акватол Т-60	1,13
Гранулит АС-4	0,98	Карбатол Т-15	1,42
Гранулит АС-8	0,89	Акватол Т-80	1,08
Гранулит С-6М	1,13	Порэмит	1,20
Гранулотол	1,20	Сибирит	1,20
Алюмотол	0,83	Игданит	1,13

Таблица П. 3.11

Коэффициент влияния диаметра скважин на величину удельного расхода ВВ ($k_д$) (по данным института «Гипроруда»)

Категория пород по трещиноватости	Значения $k_д$ при диаметре скважин, мм						
	125	160	200	243	320	350	400
I	0,93	0,95	0,98	1,00	1,05	1,07	1,10
II	1,03	1,05	1,07	1,13	1,15	1,17	1,20
III	1,08	1,10	1,13	1,16	1,20	1,23	1,25
IV	1,13	1,15	1,17	1,20	1,25	1,27	1,30
V	1,18	1,20	1,23	1,26	1,30	1,32	1,36

Таблица П. 3.12

Характеристика прессованных шашек для инициирования гранулированных и водосодержащих ВВ на открытых горных работах

Условное обозначение шашек	Взрывчатое вещество	Масса, г	Плотность, г/см^3	Скорость детонации, км/с	Форма и конструкция	Диаметр отверстия ДШ, мм	Число нитей ДШ для инициирования
ТП-200	Тротил	200	1,50-1,55	6,5-6,8	Параллелепипед с гнездом под КД или ЗД	7,5-8,2	2
ТП-400	То же	400	1,50-1,55	6,5-6,8	То же	7,5-8,2	2
ПТ-400Г	–″–	400	1,52-1,59	6,8-7,0	Цилиндр с осевым каналом	14,5	4
ТГ-500	Тротил/ гексоген	500	1,58-1,64	7,2-7,8	То же	14,5	4
ТГФ-850Э	То же	850	1,60	7,7-7,8	Литой цилиндр с осевым каналом и гнездом	14,5	4
ТС-500Л	Тротил	525	1,53	6,85	То же	14,5	4
ТС-1000Л	ТЭН	1000	1,53	6,85	–″–	14,5	4

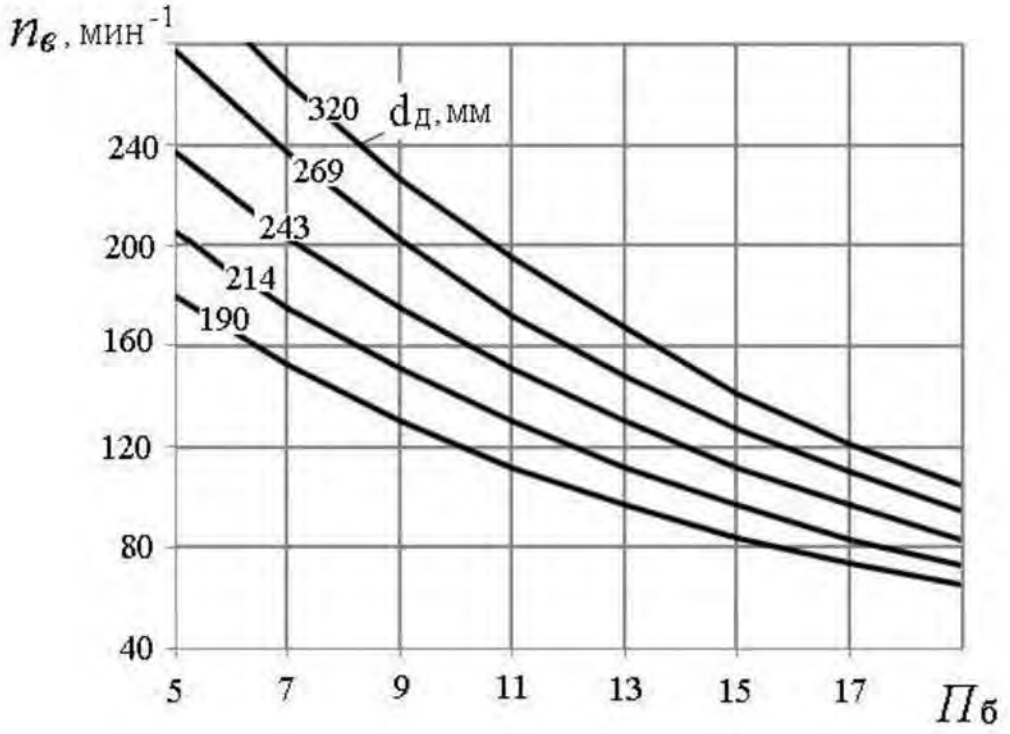


Рис. П. 3.1. Зависимость оптимальной скорости вращения $n_в$ бурового става станков СБШ от $П_б$ и $d_д$

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ
ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

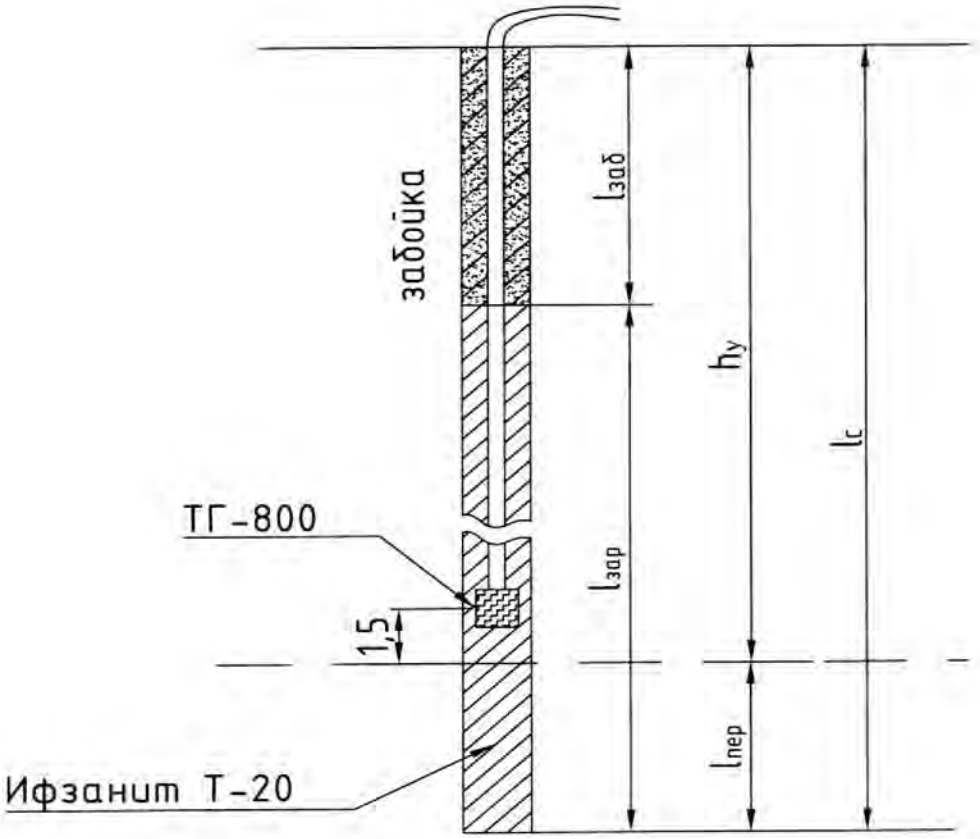


Рис. П. 4.1. Конструкция скважинного заряда

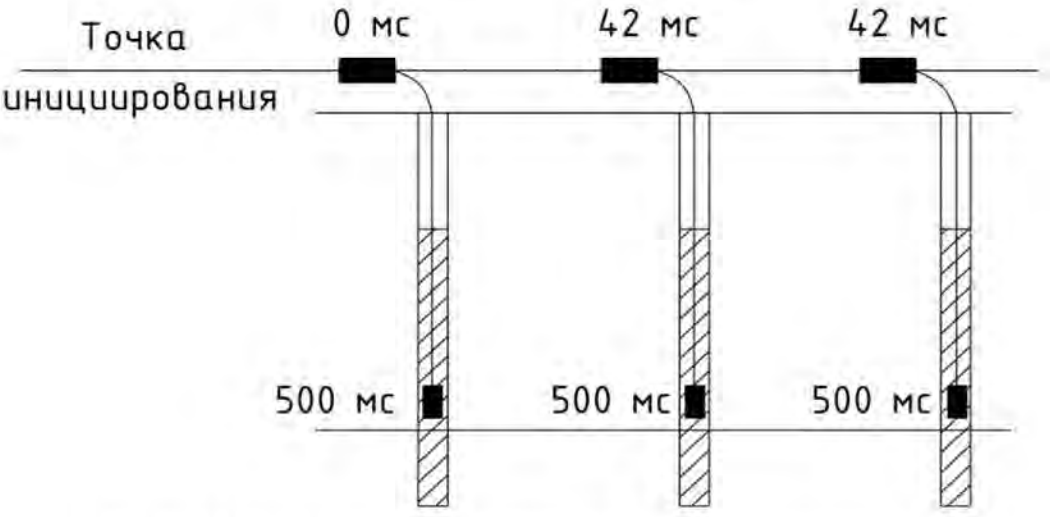


Рис. П. 4.2. Схема инициирования НСИ с внутрискважинным замедлением

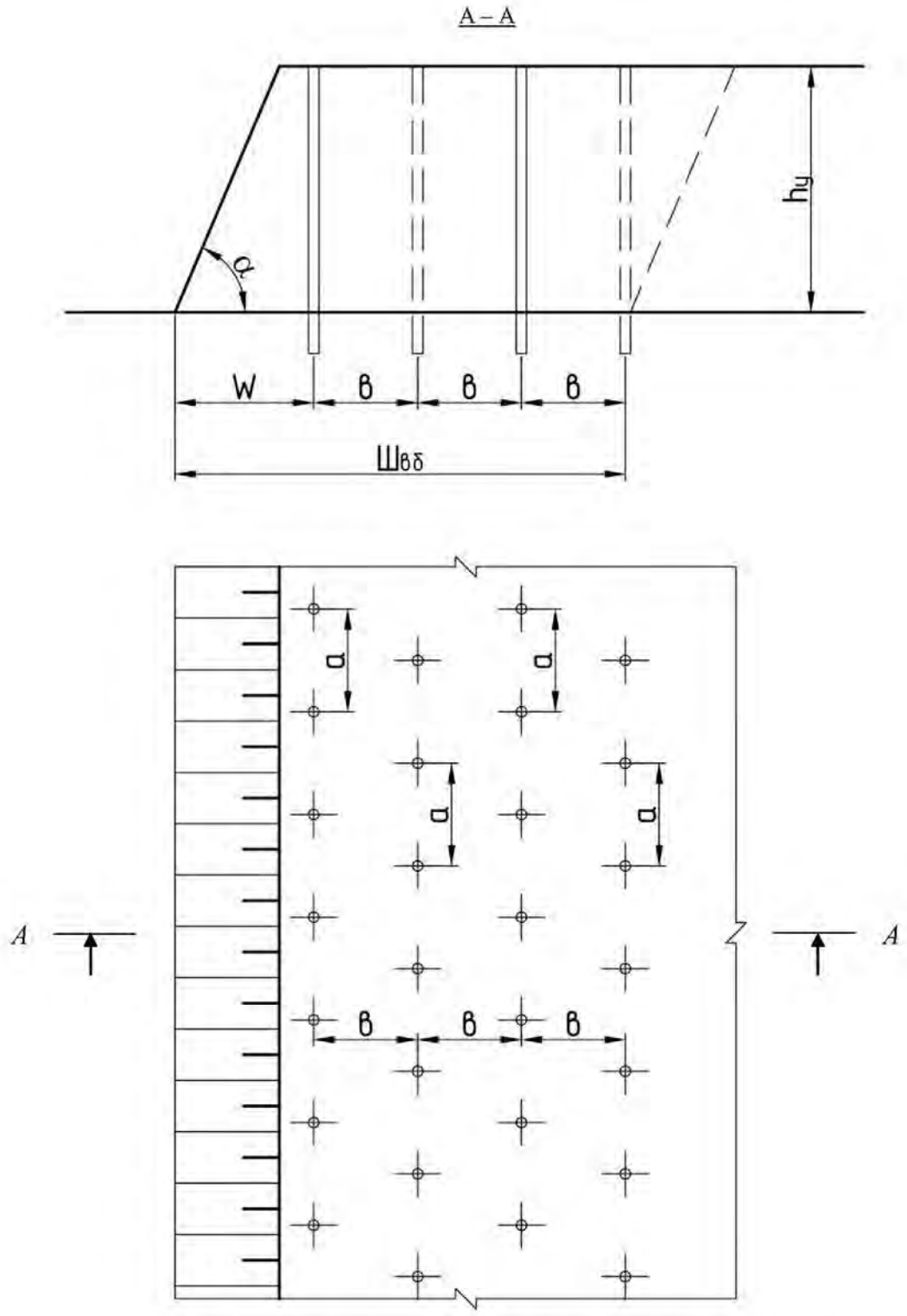
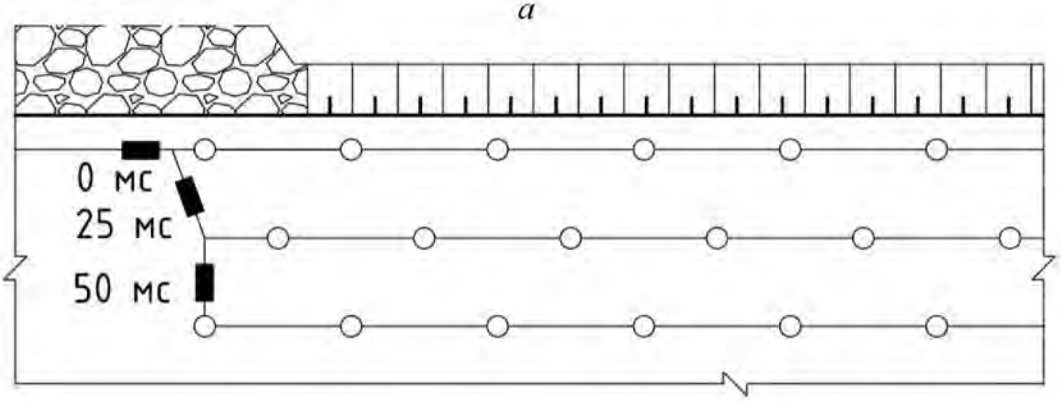


Рис. П. 4.3. Расположение взрывных скважин на блоке

а



б

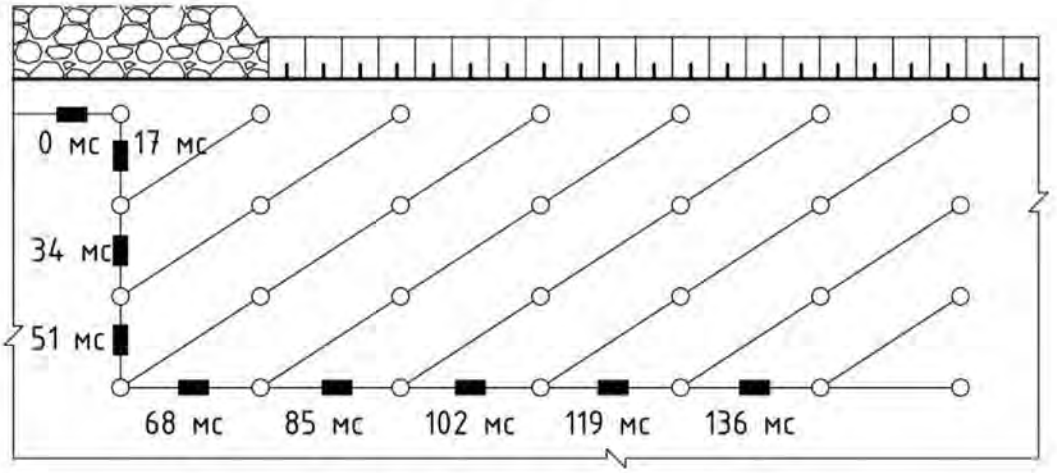


Рис. П. 4.4. Схема коммутации зарядов:
а – порядная схема взрывания; *б* – диагональная схема взрывания

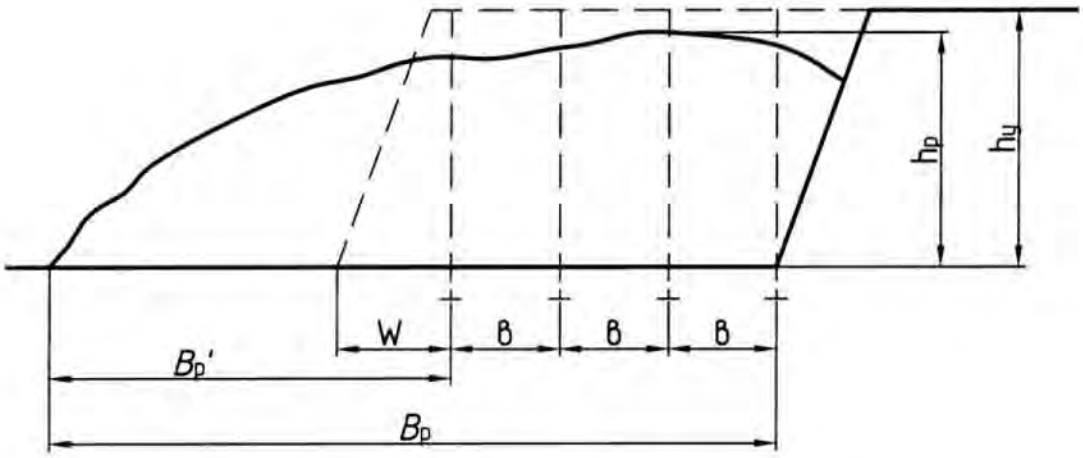


Рис. П. 4.5. Параметры развала взорванной горной массы

Приложение 5

Требования к проектированию взрывных работ

Проект взрывных работ в карьере для рыхления пород должен содержать технический расчет и схему расположения взрывных скважин, включающий:

- геологию и гидрогеологию блока;
- план взрываемого блока;
- поперечные профили через заряды;
- сведения о диаметре взрывных скважин, величине перебура, угле наклона скважины, объеме буровых работ, выходе взорванной горной массы с 1 п. м скважин, удельном расходе ВВ, сетке расположения скважин;
- конструкцию скважинных зарядов с указанием типа ВВ, промежуточных детонаторов, типа забойки и их расположение по длине скважины;
- схему монтажа взрывной сети с указанием величин интервалов замедления, количество ступеней замедления, типов, СИ, способа инициирования зарядов;
- расчет потребного количества ВМ;
- расчет безопасных расстояний.

К взрывным работам на карьерах предъявляются следующие требования:

- обеспечение требуемого качества рыхления, т. е. равномерности дробления, минимального выхода негабаритных кусков (не входящих в ковш экскаватора, транспортные сосуды, дробилку), допустимого размера среднего диаметра кусков;
- обеспечение заданной высоты и ширины развала;
- обеспечение минимального радиуса:
  - разлета кусков;
  - сейсмического воздействия;
  - воздействия ударно-воздушной волны;
- обеспечение минимального перемешивания полезного ископаемого и вскрышной породы;
- обеспечение проектных отметок уступов;
- обеспечение минимального заколообразования вглубь борта и уступов;
- обеспечение достаточного объема взорванных пород для бесперебойной и высокопроизводительной выемки и погрузки; высокой безопасности и экономичности и производительности горных работ.

Содержание

Введение 3

1. Выбор вида бурения и диаметра долота 4

2. Выбор типа взрывчатых веществ (ВВ)..... 6

3. Расчет параметров взрывных работ на блоке..... 6

4. Расчет потребности во взрывчатых материалах 11

5. Расчет безопасных расстояний при ведении взрывных работ 11

6. Расчет производительности и парка буровых станков 13

7. Технологические показатели проекта 17

Список использованной литературы..... 19

Приложение 1. Бланк задания на выполнение курсового проекта... 20

Приложение 2. Образец оформления титульного листа пояснительной записки 21

Приложение 3. Справочные материалы 22

Приложение 4. Примеры оформления графической части проекта..... 28

Приложение 5. Требования к проектированию взрывных работ 31

Учебное издание

Юрий Иванович ЛЕЛЬ
Николай Васильевич МАРТЫНОВ

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор изд-ва *Н. Л. Сайгина*
Компьютерная верстка *Г. И. Егоренковой*, *Н. Л. Сайгиной*

Подписано в печать 18.03.2019 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60 × 84 1/16.
Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 2,06. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 60 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Выемочно-погрузочные работы

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Екатеринбург

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Выемочно-погрузочные работы

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Издание УГГУ Екатеринбург

УДК 622.221
П84

Р е ц е н з е н т: *Н. В. Мартынов*, канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета
Уральского государственного горного университета.

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень источников.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Процессы открытых горных работ» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Выемочно-погрузочные работы» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Процессы открытых горных работ» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии выемочно-погрузочных работ в карьерах, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров и выбору выемочно-погрузочного оборудования карьеров;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональных параметров выемочно-погрузочного оборудования в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ, наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Практическая работа № 1

РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ЦИКЛА, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПАРКА БУЛЬДОЗЕРОВ

Цель работы: освоить методику расчета продолжительности рабочего цикла, производительности и парка бульдозеров при выемке и перемещении горных пород на карьерах.

Задачи работы:

1. Обоснование типа и параметров выемочной стружки, способа набора грунта бульдозером.
2. Расчет объема формируемой перед отвалом призмы волочения.
3. Расчет продолжительности элементов рабочего цикла бульдозера.
4. Расчет производительности и парка бульдозеров при выемке и перемещении горных пород.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 137-144; 2, с. 239-244] изучить основные технологические параметры бульдозеров, схемы выемки пород и методику расчета производительности.

Исходные условия

Общие условия:

- продолжительность рабочей смены бульдозера $T_{см} = 8$ ч;
- коэффициент использования сменного времени бульдозера $k_{и} = 0{,}75$.

В соответствии с вариантом (табл. 1.1) задаются:

- модель бульдозера;
- тип разрабатываемого грунта;
- длина транспортирования $L_{тр}$, м;
- уклон пути транспортирования i, %;
- сменный объем работ $V_{см}$, м^3;
- схема транспортирования грунта.

Основные параметры бульдозера, определяющие размеры выемочной стружки и объем призмы волочения (табл. 1.2):

- мощность двигателя $N_{дв}$, кВт;
- ширина отвала $l_{о}$, мм;
- высота отвала $h_{о}$, мм;
- максимальное заглубление отвала $h_{загл}$, мм;
- объем грунта в призме волочения V_{max}, м^3.

Порядок выполнения работы

1. В зависимости от характеристики разрабатываемого грунта в соответствии с табл. 1.3 обосновывается тип выемочной стружки, показатель заглубления отвала $k_{загл}$ и показатель m, характеризующий отношение ширины стружки к ширине отвала.

Таблица 1.1

Исходные данные к практической работе № 1

Номер задания	Модель бульдозера	Тип грунта*	Длина транспорти-рования $L_{тр}$, м	Уклон, %	Сменный объем работ $V_{см}$, м^3	Схема транспортирования
1	Б10 М.0000	Р	60	0	500	В нулевых отметках
2	Б-12ЕР	П	40	–5	600	По выемке
3	ДЭТ-250	С	50	–10	700	С отсыпкой валов
4	ДЭТ-320	Г	70	–15	900	Двумя бульдозерами
5	Т-800	РП	40	–20	900	Поэтапная
6	Б10 М.0000	РП	60	+10	450	– // –
7	Б-12ЕР	Г	70	0	550	Двумя бульдозерами
8	ДЭТ-250	С	80	–5	650	В нулевых отметках
9	ДЭТ-320	П	80	–10	700	По выемке
10	Т-800	Р	75	–15	750	Поэтапная
11	Б10 М.0000	П	60	0	800	По выемке
12	Б-12ЕР	Г	65	–20	850	– // –
13	ДЭТ-250	С	45	+5	900	С отсыпкой валов
14	ДЭТ-320	РП	50	+10	950	Поэтапная
15	Т-800	Р	90	0	950	В нулевых отметках
16	Б10 М.0000	Г	85	–5	560	По выемке
17	Б-12ЕР	С	65	–10	590	С отсыпкой валов
18	ДЭТ-250	П	45	–15	600	Двумя бульдозерами
19	ДЭТ-320	П	50	–20	670	Поэтапная
20	Т-800	РП	55	0	780	– // –
21	Б10 М.0000	РП	60	0	820	В нулевых отметках
22	Б-12ЕР	Г	65	+5	430	То же
23	ДЭТ-250	Р	70	+10	620	По выемке
24	ДЭТ-320	Р	75	+10	670	– // –
25	Т-800	П	80	0	730	С отсыпкой валов
26	Б10 М.0000	С	55	0	475	То же
27	Б-12ЕР	Г	40	–5	620	Двумя бульдозерами
28	ДЭТ-250	Р	45	–10	760	По выемке
29	ДЭТ-320	Р	50	–15	860	В нулевых отметках
30	Т-800	Г	55	0	920	То же

* Р – растительный; П – песок; С – супесь; Г – глина; РП – разрыхленный полускальный.

Таблица 1.2

Техническая характеристика бульдозеров ООО «ЧТЗ – Уралтрак»

Параметры	Модель бульдозера				
	Б10 М.0000	Б-12ЕР	ДЭТ-250	ДЭТ-320	Т-800
Тяговый класс, кН	100	150	250	250	750
Мощность двигателя $N_{дв}$, кВт	132	158	237	258	611
Тип трансмиссии	ГМТ	ЭМТ	ЭМТ	ЭМТ	ЭМТ
Ширина отвала $l_о$, мм	3420	3700	4250	4250	6000
Высота отвала $h_о$, мм	1310	1345	1850	1850	2000
Максимальное заглубление отвала $h_{загл}$, мм	480	520	370	500	800
Объем грунта в призме волочения V_{max} , м^3	4,30	4,75	10,5	10,5	16,2

Таблица 1.3

Параметры стружки и призмы волочения при разработке различных пород бульдозерами

Характеристика грунта	Параметры стружки			Параметры призмы волочения	
	тип	$k_{загл}$	m	$k_р$	β, град.
Растительный	Ленточная	1,00	1,00	1,00–1,10	30–35
Песок	Ленточная	1,00	1,00	1,00–1,10	30–35
Суглинок, супесь	Клиновидная	0,70–0,85	0,70–0,80	1,20	35–37
Глина	Гребенчатая	0,70–0,75	0,50–0,60	1,30	37–40
Разрыхленные скальные или полускальные породы	Гребенчатая	0,60–0,65	0,20–0,40	1,35–1,40	42–45

2. Рассчитывается максимальная толщина стружки $\delta_с$, м:

$$\delta_с = h_{загл}\, k_{загл}, \tag{1.1}$$

где $h_{загл}$ – максимальное заглубление отвала, м (см. табл. 1.2);

$k_{загл}$ – коэффициент заглубления, зависящий от характеристик грунта и типа стружки (см. табл. 1.3).

3. Рассчитывается ширины стружки $b_с$, м:

$$b_с = m\, l_о\,, \tag{1.2}$$

где $l_о$ – ширина отвала бульдозера, м (см. табл. 1.2);

m – эмпирический коэффициент, зависящий от характеристик разрабатываемого грунта (см. табл. 1.3).

4. Рассчитывается объем призмы волочения $V_{п.в}$, м^3:

$$V_{п.в} = 0{,}5 h_о^2 l_о \operatorname{ctg}\beta, \tag{1.3}$$

где $h_о$ – высота отвала бульдозера, м;

β – угол развала породы в призме волочения, град. (см. табл. 1.3).

5. Производится проверка. Расчетный объем породы в призме волочения должен удовлетворять условию

$$V_{п.в} \le V_{max}, \tag{1.4}$$

где V_{max} – максимальный (паспортный) объем грунта в призме волочения, м^3 (см. табл. 1.2).

Если условие не выполняется, то принимается

$$V_{п.в} = V_{max}. \tag{1.5}$$

6. Определяются составляющие рабочего пути бульдозера.

6.1. Расстояние набора породы $L_н$, м.

6.1.1. При ленточной стружке (рис. 1.1)

$$L_н \approx \frac{V_{п.в}}{k_р m l_о \delta_с} - \delta_с, \tag{1.6}$$

где $k_р$ – коэффициент разрыхления породы в призме волочения (см. табл. 1.3).

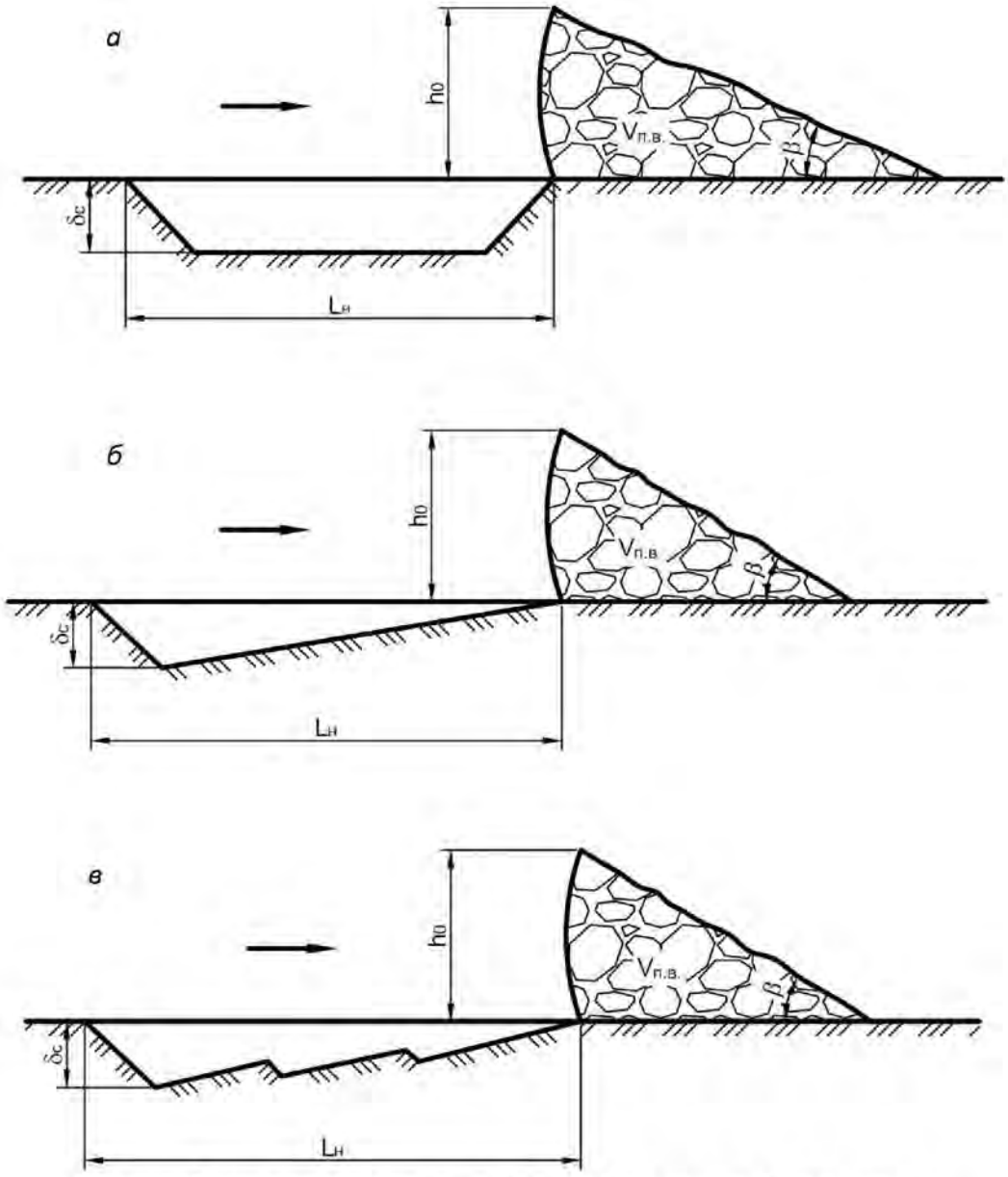


Рис. 1.1. Схема к расчету расстояния набора грунта бульдозером:
а – ленточная стружка; *б* – клиновидная стружка; *в* – гребенчатая стружка

6.1.2. При клиновидной стружке

$$L_{\text{н}} \approx \frac{2V_{\text{п.в}}}{k_{\text{р}} m l_{\text{о}} \delta_{\text{с}}}. \qquad (1.7)$$

6.1.3. При гребенчатой стружке

$$L_{\text{н}} \approx \frac{(2{,}3 \ldots 2{,}4)V_{\text{п.в}}}{k_{\text{р}} m l_{\text{о}} \delta_{\text{с}}}. \qquad (1.8)$$

6.2. Расстояние транспортирования породы $L_{\text{тр}}$, м (см. табл. 1.1).

6.3. Расстояние сброса грунта $L_{\text{о}}$, м:

$$L_{\text{о}} \approx (0{,}5 \ \ldots \ 0{,}8)\, L_{\text{н}}. \qquad (1.9)$$

6.4. Расстояние холостого хода бульдозера $L_х$, м:

$$L_х = L_н + L_{тр} + L_о \,. \tag{1.10}$$

7. Определяются скорости движения бульдозера по элементам цикла. Скорости (м/мин) принимаются по табл. 1.4 в зависимости от типа разрабатываемых пород и мощности двигателя бульдозера.

Таблица 1.4

Средние скорости движения бульдозеров

Разрабатываемые породы	Мощность бульдозера $N_{дв}$, кВт	Скорость движения бульдозера, м/мин		
		набор породы $v_н$	перемещение породы $v_{тр}$	холостой ход $v_х$
Растительный грунт, песок	130–220	30–33	42–54	66–75
	> 220	36	60	90
Суглинок, супесь, глина	130–220	21–24	30–36	54–60
	> 220	30	48	69
Разрыхленные скальные или полускальные породы	130–220	15–18	24–36	45–54
	> 220	24	42	66

8. Рассчитывается длительность операций рабочего цикла бульдозера.

8.1. Длительность набора (резания) грунта $t_н$, мин:

$$t_н = \frac{L_н}{v_н}. \tag{1.11}$$

8.2. Длительность перемещения грунта $t_п$, мин:

$$t_п = \frac{L_{тр} + L_о}{v_{тр}}. \tag{1.12}$$

8.3. Длительность холостого хода бульдозера $t_х$, мин:

$$t_х = \frac{L_х}{v_х}, \tag{1.13}$$

где $v_н$, $v_{тр}$, $v_х$ – скорости соответственно при наборе, перемещении породы и холостом ходе бульдозера, м/мин.

9. Рассчитывается длительность рабочего цикла бульдозера $T_ц$, мин:

$$T_ц = t_н + t_п + t_х + t_в \,, \tag{1.14}$$

где $t_в$ – время на переключение передач и развороты бульдозера, мин.

$t_в \approx$ (0,5 … 0,7 мин.).

10. Рассчитывается сменная производительность бульдозера в плотном теле $П_б$, м^3/смену:

$$П_б = \frac{60 T_{см} V_{пв}}{T_ц k_р} k_п k_i k_и, \tag{1.15}$$

где T – продолжительность рабочей смены, ч ($T_{см}$ = 8 ч);

$T_ц$ – длительность рабочего цикла бульдозера, мин.;

$k_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировании бульдозером:

$$k_{\text{п}} = k_{\text{тр}}(1 - 0{,}005L_{\text{тр}}); \quad (1.16)$$

$L_{\text{тр}}$ – расстояние транспортирования, м;

$k_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий влияние технологической схемы транспортирования на потери грунта. Значения коэффициента $k_{\text{тр}}$ приведены в табл. 1.5;

k_i – коэффициент, учитывающий влияние уклона трассы транспортирования на производительность бульдозера. Значения коэффициента k_i приведены в табл. 1.6;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени бульдозера ($k_{\text{и}} = 0{,}7\ldots0{,}8$).

11. Рассчитывается рабочий парк бульдозеров $N_{\text{р}}$, шт:

$$N_{\text{р}} = \frac{V_{\text{см}}}{\Pi_{\text{б}}}, \quad (1.17)$$

где $V_{\text{см}}$ – сменный объем бульдозерных работ, м^3 (см. табл. 1.1).

Таблица 1.5

Значения коэффициента $k_{\text{тр}}$

Схема транспортирования грунта	$k_{\text{тр}}$
В нулевых отметках	1,00
По выемке (траншее)	1,10–1,20
С отсыпкой валов	1,10–1,15
Двумя бульдозерами	1,30–1,40
Поэтапная	1,40–1,50

Таблица 1.6

Значения коэффициента k_i

Уклон участка транспортирования i, %	k_i
0	1,0
–5	1,4
–10	1,8
–15	2,2
–20	2,5
+5	0,8
+10	0,6

12. Рассчитывается списочный парк бульдозеров $N_{\text{с}}$, шт:

$$N_{\text{с}} = \frac{N_{\text{р}}}{k_{\text{т.г}}}, \quad (1.18)$$

где $k_{\text{т.г}}$ – коэффициент технической готовности бульдозерного парка ($k_{\text{т.г}} = 0{,}72\ldots0{,}75$).

13. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется схемой для расчета расстояния набора грунта (см. рисунок). Технологические параметры выемки горных пород бульдозерами сводятся в таблицу (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Технологические параметры выемки горных пород бульдозерами

Показатели	Значения
Исходные условия	
Тип разрабатываемого грунта	
Длина транспортирования $L_{тр}$, м	
Уклон пути транспортирования i, %	
Сменный объем работ $V_{см}$, м^3	
Схема транспортирования грунта	
Модель бульдозера	
Мощность двигателя бульдозера $N_{дв}$, кВт	
Ширина отвала $l_о$, мм	
Высота отвала $h_о$, мм	
Максимальное заглубление отвала $h_{загл}$, мм	
Объем грунта в призме волочения V_{max} , м^3	
Расчетные показатели	
Тип выемочной стружки	
Максимальная толщина стружки $\delta_с$, м	
Ширина стружки $b_с$, м	
Объем призмы волочения $V_{пв}$, м^3	
Расстояние набора породы $L_н$, м	
Расстояние сброса грунта $L_о$, м	
Расстояние холостого хода $L_х$, м	
Длительность рабочего цикла бульдозера $T_ц$, мин.	
Сменная производительность бульдозера $П_б$, м^3/смены	
Рабочий парк бульдозеров $N_р$, шт.	
Списочный парк бульдозеров $N_с$, шт.	

Контрольные вопросы

1. Назовите основные технологические параметры бульдозеров, применяемых на открытых горных работах.
2. Охарактеризуйте области применения бульдозеров на карьерах в качестве основного выемочно-транспортного и вспомогательного оборудования.
3. Какие сопротивления испытывает бульдозер в процессе работы? Каковы требования к тяговому усилию?
4. Какие типы стружек применяются при работе бульдозера в зависимости от характеристик разрабатываемого грунта?
5. Как рассчитывается максимальная толщина стружки, ширина стружки и объем призмы волочения?
6. Как рассчитывается продолжительность элементов рабочего цикла бульдозера?
7. Какие способы уменьшения потерь породы применяются при её перемещении бульдозерами?
8. Как определяется сменная производительность бульдозера? От каких факторов она зависит?

Практическая работа № 2

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЗАБОЕВ МЕХАНИЧЕСКИХ ЛОПАТ В СКАЛЬНЫХ ПОРОДАХ

Цель работы: освоить методику расчета параметров экскаваторных забоев, производительности и парка экскаваторов.

Задачи работы:

1. Обоснование типа и параметров экскаваторного забоя.
2. Обоснование параметров установки экскаватора в забое.
3. Расчет производительности и парка экскаваторов.
4. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 151-179; 2, с. 85-137; 3, с. 221-232] изучить основные технологические параметры карьерных механических лопат, технологию выемки и погрузки взорванных скальных и полускальных пород мехлопатами, методику расчета производительности мехлопат.

Исходные условия

Общие условия:

- погрузка пород в автотранспорт;
- взрывание многорядное на свободный откос;
- длина взрывного блока $L_{бл}$ = 200 м;
- работа карьера 6 дней в неделю, 3 смены по 8 ч;
- выемка пород: нечетные задания – валовая, четные – селективная;
- выход негабарита: нечетные задания $\gamma_{нг}$ = 5 %, четные – $\gamma_{нг}$ = 2 %.

В соответствии с вариантом (табл. 2.1) задаются:

- высота рабочего уступа $H_у$;
- ширина буровой заходки $B_з$;
- ширина развала пород $B_р$;
- максимальная высота развала $h_р^{max}$;
- средний размер куска в развале $d_{ср}$;
- коэффициент разрыхления пород в развале $k_р$;
- категория трещиноватости массива;
- сменный объем работ $V_{см}$;
- годовой объем работ $V_г$.

Основные рабочие параметры экскаватора, определяющие размеры экскаваторных забоев, приведены в табл. 2.2.

Основные параметры карьерных автосамосвалов приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.1

Исходные данные к практической работе № 2

Номер забоя	Оборудование: экскаватор ЭКГ-	Оборудование: автосамосвалы БелАЗ-	Высота уступа $H_у$, м	Ширина буровой заходки $B_з$, м	Показатели развала пород: $B_р$, м	Показатели развала пород: $h_р^{max}$, м	Показатели развала пород: $d_{ср}$, м	Показатели развала пород: $k_р$	Категория трещиноватости массива	Объем работ сменный / годовой, тыс. м³
1	5А	7540	10	20	42	10	0,50	1,25	II	6,0 / 4200
2						12				
3			12	24	50	12	0,45		III	
4						13				
5			15	30	56	14	0,35	1,30	IV	
6						16				
7			15	20	40	15	0,40		II	
8						16,5				
9	10	7548	12	18	32	11	0,60	1,30	IV	10,0 / 8700
10						12,2				
11			15	24	45	16,5	0,40	1,20	II	
12						18				
13			20	36	60	22	0,30	1,40	V	
14						18				
15	12	7555	15	32	52	13	0,70	1,30	III	20,0 / 17000
16						15,5				
17						17				
18			20	30	60	19	0,65	1,25	IV	
19						21,5				
20						22				
21	15	7549	15	32	48	13,5	0,20	1,30	V	30,0 / 22000
22						15				
23						16				
24			20	40	60	19	0,30	1,40	II	
25						22				
26						23				
27			25	36	55	22	0,50	1,35	I	
28						24				
29						25				
30						27				

Порядок выполнения работы

1. Обосновываются тип и параметры экскаваторного забоя.

1.1. Прогнозируется вид обрушения пород при копании в забое в зависимости от коэффициента разрыхления $k_р$ и среднего размера куска в развале $d_{ср}$ (табл. 2.4).

1.2. Обосновывается максимальная высота забоя ($h_з^{max}$) и способ выемки развала по высоте. Согласно «Правилам безопасности при проведении горных работ…» [4] при разработке пород с применением буровзрывных работ максимальная высота забоя $h_з^{max} \le 1{,}5H_{ч.max}$ при условии разделения развала по высоте на подуступы или разработке специальных мероприятий по безопасному обрушению козырьков и нависей.

Таблица 2.2

Параметры карьерных экскаваторов

Параметр	Модель экскаватора			
	ЭКГ-5А	ЭКГ-10	ЭКГ-12	ЭКГ-15
Вместимость ковша E, м^3 ….....	5,2	10	12	15
Радиусы черпания, м:				
на уровне стояния $R_{ч.у}$ …….	9,0	12,6	14,3	15,6
максимальный $R_{ч.\,max}$ ……..	14,5	18,4	21,0	22,6
Радиусы разгрузки, м:				
максимальный $R_{р.\,max}$ ……..	12,3	16,3	18,5	20,0
минимальный $R_{р.min}$ …….	7,3	9,8	11,5	12,0
Максимальная высота, м:				
черпания $H_{ч.\,max}$ ……..	10,3	13,5	15,0	16,4
разгрузки $H_{р.\,max}$ ……..	6,7	8,6	10,0	10,0
Высота напорного вала $h_{н.в}$, м…	6,5	8,5	9,4	10,3
Ширина хода $B_х$, м……..	5,2	7,0	8,3	9,5
Длина хода $L_х$, м…….....	6,1	8,2	11,5	13,1

Таблица 2.3

Параметры карьерных автосамосвалов

Параметр	Модель автосамосвала			
	БелАЗ-7540	БелАЗ-7548	БелАЗ-7555	БелАЗ-7549
Грузоподъемность $G_а$, т……	30	42	55	80
Наименьший радиус поворота R_{min}, м	8,7	10,2	9,0	11,0
Габариты (длина × ширина), м……..	7,1×4,36	8,1×4,40	8,9×5,2	10,3×5,4

Таблица 2.4

Типичные виды обрушения пород и параметры забоев

Взорванная горная масса	Состояние развала		Угол откоса забоя $\alpha_т$, град.	Характеристика вида обрушения	Отношение $m = h_з^{max}/H_{ч.max}$ при $d_{ср}$, см		
	$k_р$	$d_{ср}$, см			10-20	20-35	35-50
Сыпучая ……	1,35–1,50	< 30	40–55	Течение	2,50	2,10	1,50
Связно-сыпучая……..	1,15–1,35	20–40 и более	55–70	Несколькими волнами, течением	1,4–1,7	1,3–1,5	1,15–1,3
Связная ……	1,02–1,15	Любой	70–90	Одной волной	1,15	1,10	1,05

При выполнении практической работы максимальную высоту забоя рекомендуется принимать исходя из соотношения

$$h_з^{max} \le m\, H_{ч.max}, \qquad (2.1)$$

где m – соотношение между максимальной высотой черпания экскаватора, зависящее от характеристик взорванной горной массы, вида обрушения пород в забое и среднего размера куска в развале (см. табл. 2.4 [5]).

Во всех случаях при $h_{з}^{max} > 1{,}5H_{ч.max}$ необходимо специальное разрешение органов Ростехнадзора. Если $h_{р}^{max} > h_{з}^{max}$, то возможны следующие варианты отработки развала (рис. 2.1):

– при незначительном превышении $(h_{р}^{max} - h_{з}^{max}) \le 2..3$ м делают искусственное понижение развала (забоя) бульдозером;

– при 3 м < $(h_{р}^{max} - h_{з}^{max}) \le 2/3 h_{н.в}$ высота забоя понижается экскаватором, сбрасывающим породу вниз;

– при $(h_{р}^{max} - h_{з}^{max}) > 2/3 h_{н.в}$ развал убирается послойно. При этом высота каждого слоя $h_{з} \le H_{ч.max}$ ($h_{Н.В}$ – высота напорного вала экскаватора).

1.3.Принимаются углы откосов развала (рис. 2.1).

Угол откоса в торце забоя ($\alpha_{т}$) принимается в зависимости от вида обрушения пород (см. табл. 2.4).

Угол откоса во внешней части развала ($\alpha_{в.н}$) рекомендуется принимать в пределах 40–45°.

Угол откоса во внутренней части забоя $\alpha_{з}$

$$\alpha_{з} \approx (0{,}80 \div 0{,}85)\alpha_{т}. \qquad (2.2)$$

Угол откоса забоя в массиве в зависимости от физико-механических свойств пород $\alpha = 65…80°$.

Должно соблюдаться условие

$$\alpha > \alpha_{т} > \alpha_{з} > \alpha_{в.н}. \qquad (2.3)$$

1.4. В зависимости от ширины развала принимается тип экскаваторной заходки (табл. 2.5, рис. 2.2).

Таблица 2.5

Типы экскаваторных заходок

Тип заходки	Ширина развала $B_{р}$, м
Продольные ……..	До 20÷25
Поперечные ……	Более 30÷40

1.5. Определяется оптимальная и принятая ширина экскаваторной заходки.

Оптимальная ширина заходки при автотранспорте $A_{з.о}$, м:

$$A_{з.о} \approx (0{,}8 \div 1{,}2)R_{ч.у}. \qquad (2.4)$$

Принятая ширина заходки:

– при отработке развала продольными заходками

$$A_{з} = B_{р}/n_{з}, \qquad (2.5)$$

где $n_{з}$ – число проходов экскаватора по развалу (целое число);

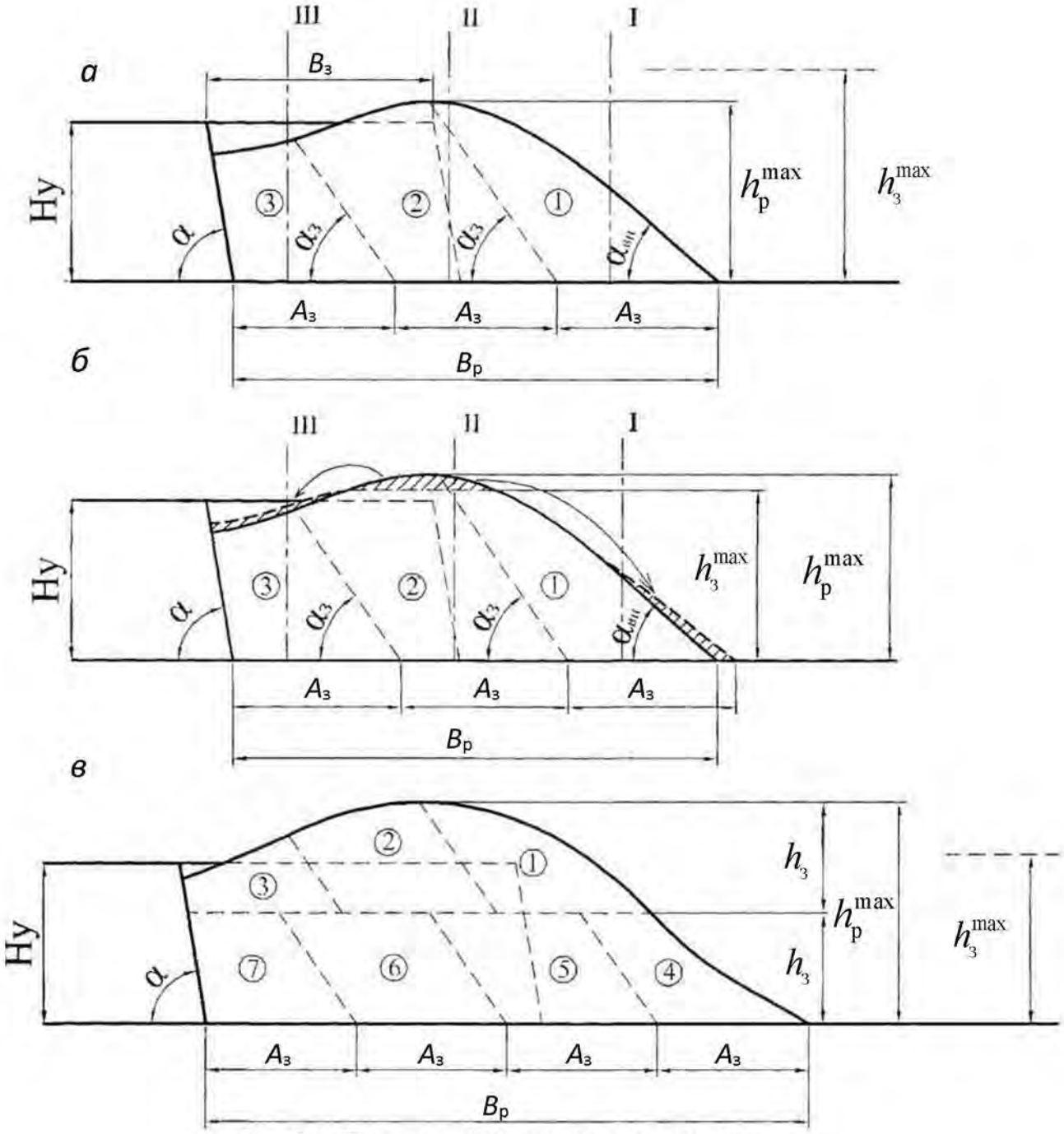


Рис. 2.1. Поперечный разрез развала горной массы:
а – разборка развала продольными заходками на полную высоту;
б – разборка развала продольными заходками с понижением высоты бульдозером (экскаватором);
в – послойная разборка развала продольными заходками

– при отработке развала поперечными заходками

$$A_з = L_{бл}/n_з \,. \qquad (2.6)$$

1.6.Определяются параметры копания.

1.6.1. Габаритный кусок $a_г$, м:

$$a_г \le 0{,}75\sqrt[3]{E}\,, \qquad (2.7)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

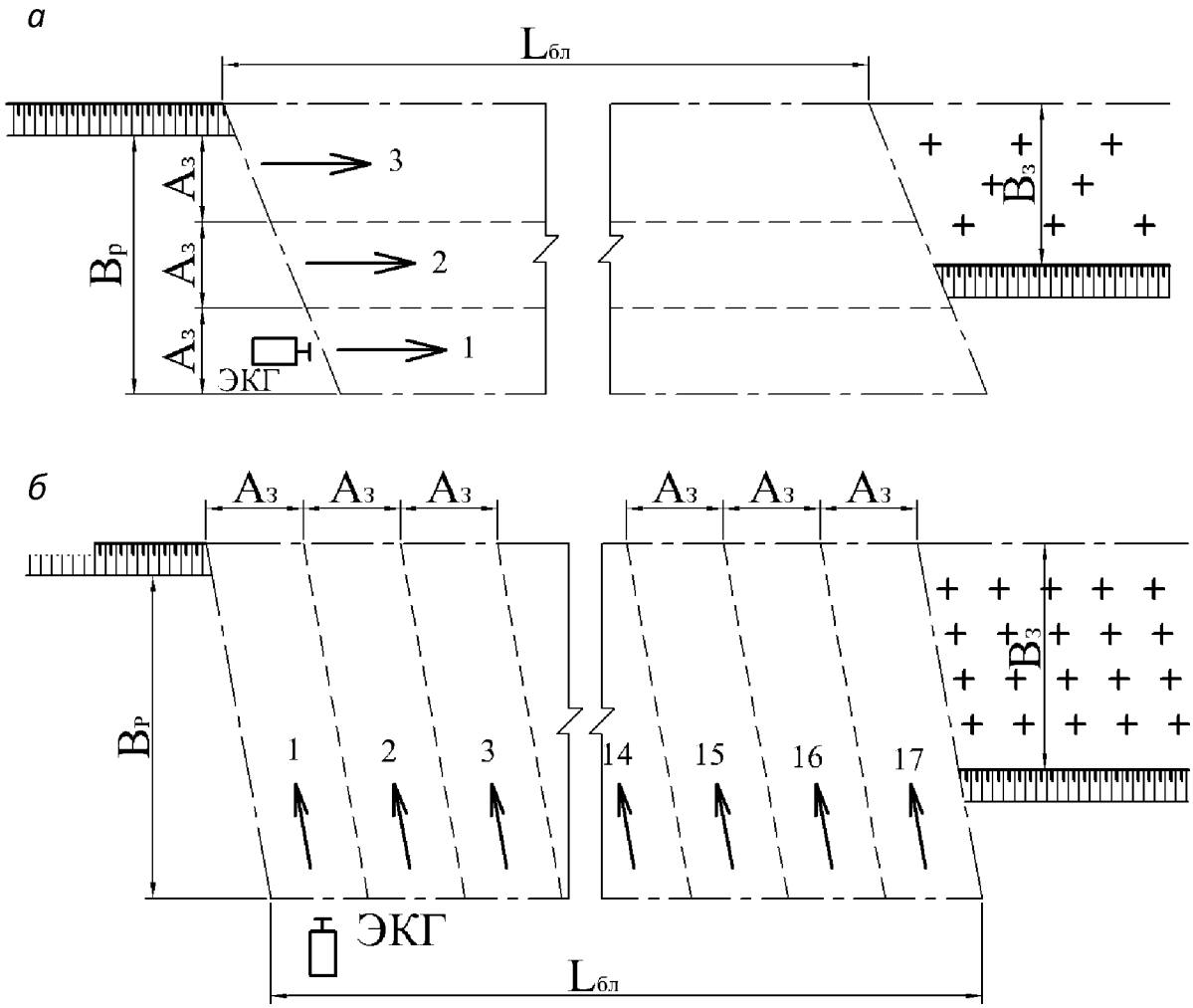


Рис. 2.2. Порядок разработки развала продольными (*а*) и поперечными (*б*) заходками

1.6.2. Диаметр среднего экскавируемого куска ($d^{э}_{ср}$, м) принимается по табл. 2.6 в зависимости от E и $d_{ср}$.

Таблица 2.6

Значения диаметра среднего экскавируемого куска горной массы $d^{э}_{ср}$, м

E, м^3	Значение $d^{э}_{ср}$ при $d_{ср}$, м				
	< 0,2	≤ 0,35	≤ 0,5	≤ 0,65	≤ 0,8
5	$d^{э}_{ср} = d_{ср}$	0,29	0,3	0,25	0,15
10		0,345	0,37	0,37	0,32
15		0,35	0,42	0,42	0,40

1.6.3. Толщина стружки (глубина копания) рассчитывается по формуле Ю. И. Белякова [5]

$$\delta_c \approx 2{,}6k_р^2 - 4{,}26k_р + 1{,}8, \qquad (2.8)$$

где δ_c – толщина стружки, м; $k_р$ – коэффициент разрыхления пород в развале.

1.6.4. Высота копания (высота стружки копания)

$$h_к \approx 13k_р^2 - 37{,}3k_р + 30{,}5, \qquad (2.9)$$

где $h_к$ – высота копания, м.

2. Обосновываются параметры установки экскаватора в забое.

2.1. Определяется место установки экскаватора со стороны забоя (рис. 2.3).

Расстояние от центра вращения экскаватора до нижней бровки развала (L, м) можно рассчитать по формуле

$$L = L_о + R_{ч.\,min}, \qquad (2.10)$$

где $L_о$ – максимальная ширина развала пород при обрушении забоя, м;

$R_{ч\,min}$ – минимальный радиус черпания, м.

$L_о$ определяется из следующих выражений:

при $k_р > 1{,}40$ $L_о \approx 0{,}2h_з + 0{,}6;$ (2.11)

при $k_р = 1{,}30 \div 1{,}40$ $L_о \approx 0{,}3h_з;$ (2.12)

при $k_р = 1{,}15 \div 1{,}30$ $L_о \approx 0{,}5h_з - 0{,}8,$ (2.13)

где $h_з$ – высота забоя, м.

Минимальный радиус черпания $R_{ч.\,min}$, м:

$$R_{ч.min} = 0{,}5L_х + 1{,}5h_{ковш} + 0{,}6, \qquad (2.14)$$

где $L_х$ – длина хода экскаватора, м;

$h_{ковш}$ – высота ковша экскаватора, м:

$$h_{ковш} \approx (1{,}25 \div 1{,}30)\sqrt[3]{E}, \qquad (2.15)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

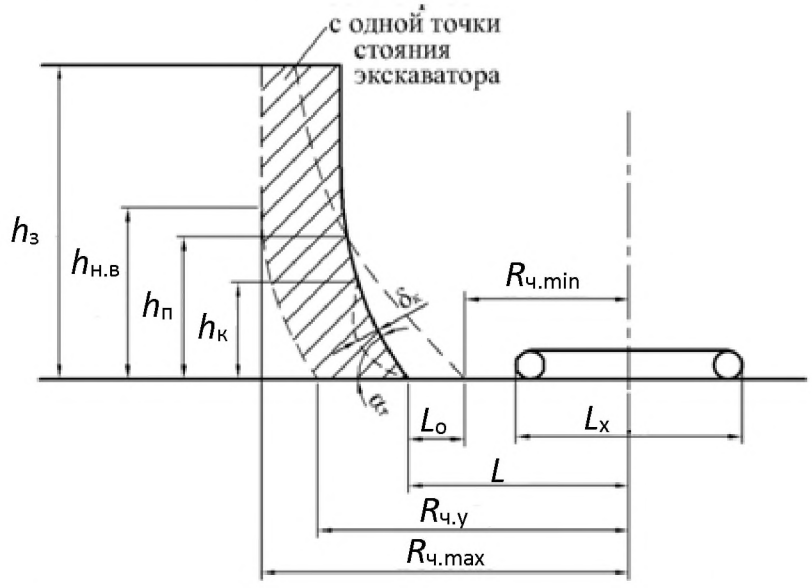


Рис. 2.3. Схема установки экскаватора со стороны забоя

Здесь $h_п$ – высота подработки забоя, м:

$$h_п \approx (0{,}2 \div 0{,}5)\ h_з\,. \qquad (2.16)$$

Должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} h_{\text{п}} \geq h_{\text{к}} \\ L < R_{\text{ч.у}} \end{cases}, \tag{2.17}$$

где $h_{\text{к}}$ – высота копания, м;

$R_{\text{ч. у}}$ – радиус черпания на уровне стояния, м.

При $L \geq R_{\text{ч. у}}$ необходимо выбрать экскаватор с бóльшими рабочими параметрами.

2.2.Определяется ширина внутренней и внешней частей заходки:

$$A_{\text{з}} = A_{\text{з}}^{\text{в}} + A_{\text{з}}^{\text{вн}}, \tag{2.18}$$

где $A_{\text{з}}^{\text{в}}$ – ширина внутренней части заходки, м;

$$A_{\text{з}}^{\text{в}} \approx 2/3 A_{\text{з}}; \tag{2.19}$$

$A_{\text{з}}^{\text{вн}}$ – ширина внешней части заходки, м;

$$A_{\text{з}}^{\text{вн}} \approx 1/3 A_{\text{з}}. \tag{2.20}$$

Осуществляется проверка ширины внутренней части заходки. Она должна удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{cases} A_{\text{з}}^{\text{в}} \geq 0{,}5 B_{\text{х}} + 1{,}5 h_{\text{ковш}} + 0{,}6; \\ A_{\text{з}}^{\text{в}} \leq R_{\text{ч.у}}, \end{cases} \tag{2.21}$$

где $B_{\text{х}}$ – ширина хода экскаватора, м;

$R_{\text{ч. у}}$ – радиус черпания на уровне стояния, м.

Если $A_{\text{з}}^{\text{в}}$ не удовлетворяет условию (2.21), то производится ее корректировка и пересчитывается $A_{\text{з}}^{\text{вн}}$.

2.3.Определяется место установки автосамосвала в забое.

Ширина зоны установки автосамосвала Ш, м:

$$\text{Ш} = R_{\text{р. max}} - R_{\text{р. min}}, \tag{2.22}$$

где $R_{\text{р. max}}$ – максимальный радиус разгрузки экскаватора, м;

$R_{\text{р. min}}$ – минимальный радиус разгрузки экскаватора, м.

Графически определяется средний угол поворота экскаватора от центра забоя до центра кузова автосамосвала β. При этом исходим из условий, что автосамосвал находится в зоне установки, продольная ось автосамосвала и ось стрелы экскаватора взаимно перпендикулярны, средний угол поворота экскаватора минимален (рис. 2.4, 2.5).

3. Рассчитывается производительность и парк экскаваторов.

3.1. Длительность элементов рабочего цикла экскаватора, с:

– черпания (по Н. Я. Репину [2]):

$$T_{\text{ч}} = \frac{194 (d_{\text{ср}}^{\text{э}})^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \tag{2.23}$$

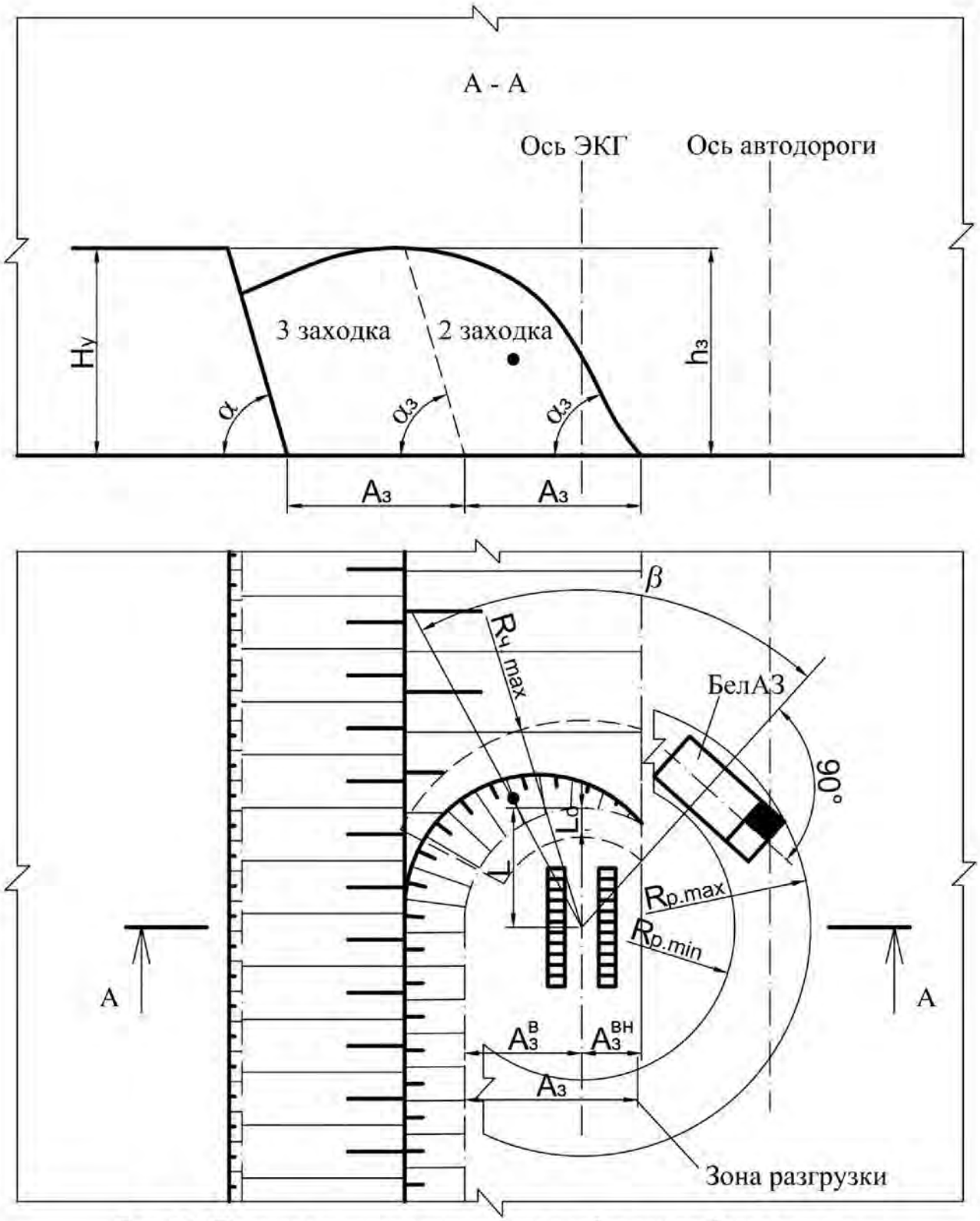


Рис. 2.4. Паспорт установки экскаватора в забое при разборке развала продольными заходками

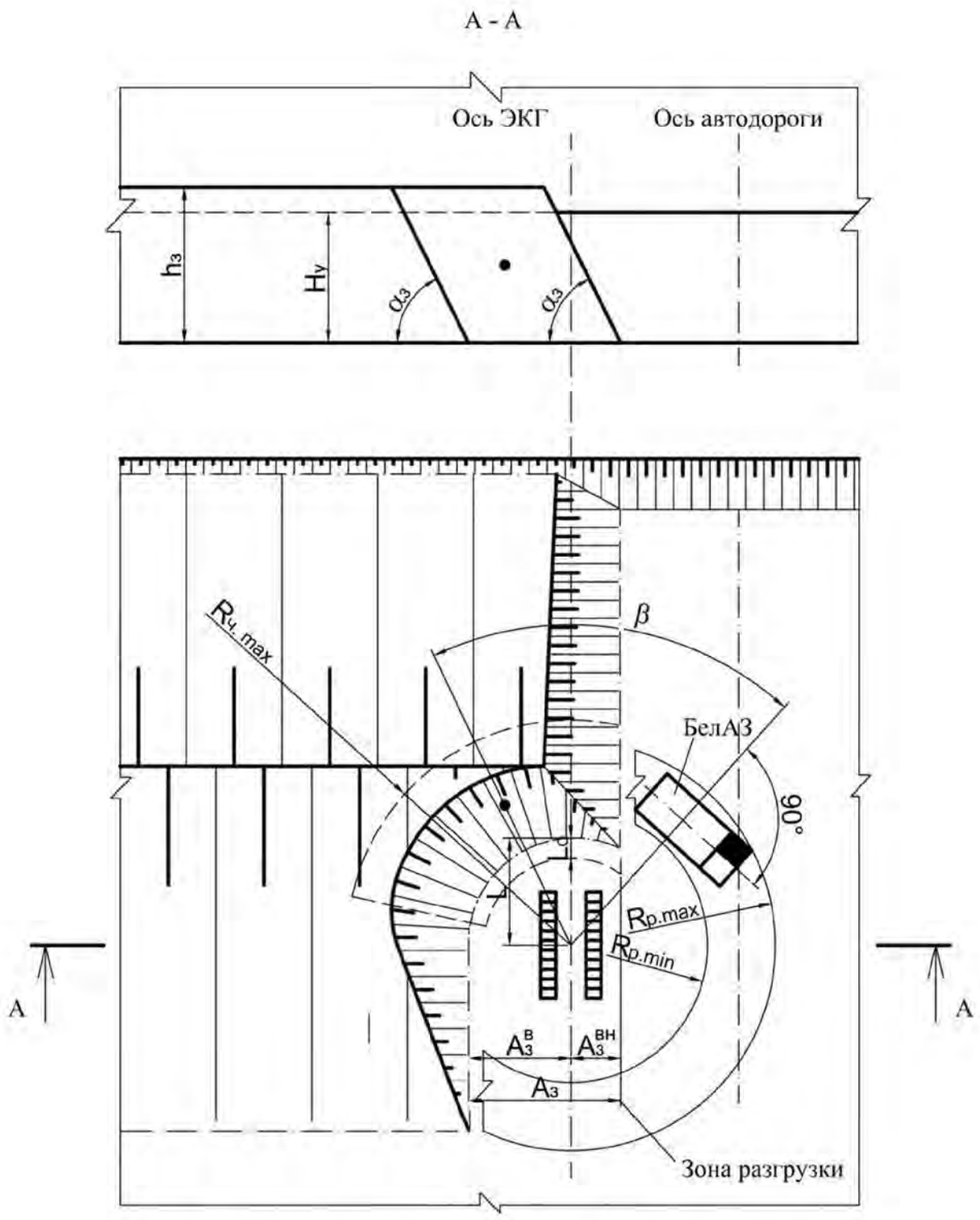


Рис. 2.5. Паспорт установки экскаватора в забое при разборке развала поперечными заходками

где $d_{ср}^{э}$ – диаметр среднего куска экскавируемой горной массы, м (табл. 2.6);

E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

– поворотов:

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \qquad (2.24)$$

где β – угол поворота экскаватора при разгрузке, град. Определяется графически (см. п. 2.3);

– разгрузки:

$T_р = 2 \div 3{,}5$ с (при изменении E от 2,5 до 20 м^3);

– цикла:

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р. \quad (2.25)$$

3.2. Техническая производительность экскаватора $Q_т$, м^3/ч:

$$Q_т = \frac{3600}{T_ц} E k_э, \quad (2.26)$$

где $T_ц$ – длительность цикла экскавации, с;

E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

$k_э$ – коэффициент экскавации. Для взорванной горной массы

$$k_э \approx 0{,}9 + 0{,}007(E - 1) - 1{,}1(d^э_{ср} - 0{,}1), \quad (2.27)$$

где $d^э_{ср}$ – диаметр среднего куска экскавируемой горной массы, м.

3.3. Сменная эксплуатационная производительность экскаватора $Q_{см}$, м^3/смену:

$$Q_{см} = Q_т T_{см} k_и k_{нг} k_{сл}, \quad (2.28)$$

где $Q_т$ – техническая производительность экскаватора, м^3/ч;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч;

$k_и$ – коэффициент использования сменного времени ($k_и = 0{,}75 \div 0{,}85$);

$k_{нг}$ – коэффициент , учитывающий влияние выхода негабарита на производительность экскаватора. При $\gamma_{нг} > 1{,}5$ %

$$k_{нг} \approx 1 - \frac{0{,}9\gamma_{нг}}{100}, \quad (2.29)$$

где $\gamma_{нг}$ – выход негабарита, %;

$k_{сл}$ – коэффициент, учитывающий сложность работ с забое.

При валовой выемке $k_{сл} = 1$, при раздельной (селективной) выемке с простой и сложной сортировкой $k_{сл} = 0{,}82 \div 0{,}85$.

3.4. Годовая производительность экскаватора $Q_г$, м^3/год:

$$Q_г = Q_{см} N_{см}, \quad (2.30)$$

где $N_{см}$ – число рабочих смен экскаватора в году, $N_{см} = 675 \div 680$.

3.5. Рабочий парк экскаваторов

$$N_р = V_{см} / Q_{см}. \quad (2.31)$$

Списочный парк машин

$$N_с = V_г / Q_г. \quad (2.32)$$

4. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Примеры паспортов экскаваторных забоев при разборке развала продольными и поперечными заходками представлены на рис. 2.4 и 2.5. Паспорта составляются в стандартных масштабах с указанием числовых значений определяющих параметров.

5. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом формата А3 или несколькими листами формата А4 и включает следующие чертежи:

1. Поперечный разрез развала горной массы, М 1:500. На чертеже показываются (см. рис. 2.1):

– высота уступа, ширина развала, ширина буровой заходки, максимальная высота развала, максимальная высота забоя, углы откосов во внешней части развала, во внутренней части забоя и в массиве;

– порядок разборки развала по высоте (на полную высоту, с понижением высоты развала, послойная разборка развала);

– при разборке развала продольными заходками указывается порядок отработки заходок, ширина заходки и положение оси экскаватора.

2. Порядок разработки развала (продольными или поперечными заходками), М 1:1000 (см. рис. 2.2).

3. Схема установки экскаватора в торце забоя, М 1:200, М 1:500 (см. рис. 2.3). На схеме указываются числовые значения определяющих параметров.

4. Паспорт установки экскаватора в забое (план и разрез), М 1:500. В паспорте указываются числовые значения определяющих параметров (см. рис. 2.4, 2.5).

5. Две таблицы, включающие технические параметры оборудования и технологические параметры (табл. 2.7 и 2.8).

Таблица 2.7

Технические параметры оборудования

Параметр	Значения
Модель экскаватора	
Вместимость ковша E, м^3	
Радиус черпания на уровне стояния $R_{ч.у}$, м	
Максимальный радиус черпания $R_{ч.\,max}$, м	
Радиусы разгрузки, м:	
максимальный $R_{р.\,max}$	
минимальный $R_{р.\,min}$	
Максимальная высота, м:	
черпания $H_{ч.\,max}$	
разгрузки $H_{р.\,max}$	
Высота напорного вала $h_{н.в}$, м	
Ширина хода экскаватора $B_х$, м	
Длина хода экскаватора $L_х$, м	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность $G_а$, т	
Длина автосамосвала $L_а$, м	
Ширина автосамосвала $B_а$, м	

Таблица 2.8

Технологические параметры

Параметр	Значения
Высота уступа $H_у$, м	
Максимальная ширина развала $B_р$, м	
Максимальная высота развала $h_р^{max}$, м	
Максимальная высота забоя $h_з^{max}$, м	
Ширина экскаваторной заходки $A_з$, м	
Тип экскаваторных заходок	
Диаметр среднего экскавируемого куска $d_{ср}^э$, м	
Угол откоса развала:	
в торце забоя $\alpha_т$, град.	
во внешней части забоя $\alpha_{вн}$, град.	
во внутренней части забоя $\alpha_з$, град.	
Вид обрушения пород в забое	
Максимальная ширина развала при обрушении забоя $L_о$, м	
Ширина зоны установки автосамосвала Ш, м	
Угол поворота экскаватора при погрузке β, град.	
Длительность цикла экскавации $T_ц$, с	
Техническая производительность экскаватора $Q_т$, м^3/ч	
Сменная производительность экскаватора $Q_{см}$, м^3/смену	
Годовая производительность экскаватора $Q_г$, м^3/год	
Рабочий парк экскаваторов $N_р$	
Списочный парк машин $N_с$	

Контрольные вопросы

1. Перечислите технологические и рабочие параметры механических лопат.
2. Как определяется и от каких факторов зависит относительный показатель трудности экскавации разрушенных пород?
3. Перечислите типы экскаваторных заходок и способы выемки и погрузки породы экскаваторами.
4. Чем отличается панель от заходки?
5. Типы обрушения пород в забое при экскавации мехлопатами. Какими факторами определяется тип обрушения?
6. Как определяется максимальная высота забоя и способ выемки развала по высоте мехлопатами?
7. Как определяется тип и ширина экскаваторной заходки?
8. Как определяются параметры установки экскаватора в забое?
9. Как определяется зона установки автосамосвала в забое?
10. Из каких элементов состоит рабочий цикл экскаватора?
11. Как определяется коэффициент экскавации и от каких факторов он зависит?
12. Как определяется техническая производительность экскаватора?
13. Как определяется эксплуатационная производительность экскаватора?

Практическая работа № 3

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЗАБОЕВ ДРАГЛАЙНОВ

Цель работы: освоить методику расчета параметров забоев шагающих экскаваторов-драглайнов при перевалке пород в выработанное пространство и производительности экскаваторов.

Задачи работы:

1. Обоснование параметров экскаваторного забоя и внутреннего отвала.
2. Расчет производительности экскаватора.
3. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 179-188; 2, с. 147-170; 3, с. 214-219] изучить технологические параметры экскаваторов-драглайнов, технологию выемки и перевалки пород в выработанное пространство, методику расчета производительности драглайнов.

Исходные условия

Общие условия:

- перевалка пород в выработанное пространство;
- режим работы экскаватора-драглайна с нижним черпанием: работа карьера 7 дней в неделю, 3 смены по 8 ч.

В соответствии с вариантом (табл. 3.1) задаются:

- модель экскаватора;
- относительный показатель трудности экскавации мягких пород $П_{э.м}$;
- коэффициент наполнения ковша экскаватора $k_н$;
- коэффициент разрыхления пород $k_р$;
- угол откоса рабочего уступа α, град;
- устойчивый угол откоса рабочего уступа $\alpha_у$, град;
- угол откоса отвала β, град.

Основные параметры экскаватора, определяющие размеры забоя (табл. 3.2):

- вместимость ковша E, м^3;
- максимальная глубина черпания $H_{ч.\,max}$, м;
- радиус черпания (радиус разгрузки) $R_ч$ ($R_р$), м;
- максимальная высота разгрузки $H_{р.\,max}$, м;
- диаметр опорной базы D, м;
- размеры башмака ($l_б \times b_б$), м.

Порядок выполнения работы

1. Определяется высота вскрышного уступа $H_у$, м.

Максимальное значение высоты вскрышного уступа должно соответствовать следующим условиям:

Таблица 3.1

Исходные данные к практической работе № 4

Номер задания	Модель экскаватора	Относительный показатель трудности экскавации $П_{э.м}$	$k_н$	$k_р$	α, град	$α_у$, град	β, град
1	ЭШ-14.75	3	1,00	1,10	45	35	30
2	ЭШ-20.90	4	0,90	1,15	46	36	31
3	ЭШ-15.100	5	0,80	1,20	47	37	32
4	ЭШ-25.90	6	0,90	1,20	48	38	33
5	ЭШ-20.100	7	0,80	1,10	49	39	34
6	ЭШ-15.110	4	1,00	1,15	50	40	35
7	ЭШ-40.100	5	1,00	1,20	50	41	36
8	ЭШ-30.110	6	0,90	1,25	49	41	36
9	ЭШ-25.120	7	0,80	1,10	48	40	36
10	ЭШ-65.100	8	0,70	1,15	47	39	36
11	ЭШ-40.130	5	1,00	1,20	46	38	35
12	ЭШ-100.100	6	0,90	1,25	45	35	31
13	ЭШ-100.125	7	0,80	1,10	45	35	31
14	ЭШ-14.75	8	0,70	1,15	46	35	30
15	ЭШ-20.90	9	0,75	1,20	47	36	32
16	ЭШ-15.100	6	0,80	1,00	48	37	32
17	ЭШ-25.90	7	0,85	1,10	49	38	33
18	ЭШ-20.100	8	0,90	1,15	50	40	35
19	ЭШ-15.110	9	0,95	1,20	45	36	32
20	ЭШ-40.100	10	1,00	1,25	46	37	33
21	ЭШ-30.110	3	0,75	1,00	47	38	34
22	ЭШ-25.120	4	0,80	1,15	48	40	35
23	ЭШ-65.100	5	0,85	1,15	49	41	36
24	ЭШ-40.130	6	0,90	1,00	50	42	37
25	ЭШ-100.100	7	0,95	1,10	45	41	36
26	ЭШ-100.125	5	1,00	1,15	46	41	36
27	ЭШ-14.75	6	1,00	1,15	47	42	37
28	ЭШ-20.90	7	0,90	1,20	48	42	37
29	ЭШ-15.100	8	0,80	1,25	49	43	37
30	ЭШ-25.90	9	0,85	1,00	50	45	40

Таблица 3.2

Основные технологические параметры драглайнов

Параметры	Модель экскаватора												
	ЭШ-14.75	ЭШ-20.90	ЭШ-15.100	ЭШ-25.90	ЭШ-20.100	ЭШ-15.110	ЭШ-40.100	ЭШ-30.110	ЭШ-25.120	ЭШ-65.100	ЭШ-40.130	ЭШ-100.100	ЭШ-100.125
Вместимость ковша E, м^3	14	20	15	25	20	15	40	30	25	65	40	100	100
Длина стрелы L_c, м	75	90	100	90	100	110	100	110	120	100	130	100	125
Угол наклона стрелы α_c, град.	32	32	32	32	34	34	32	32	32	32	32	32	35
Максимальная глубина черпания $H_{ч.\,max}$, м	38	42,5	46	47	46	50	47	53	57	46	60	47	52
Радиус черпания (радиус разгрузки) $R_ч$ ($R_р$), м	71,4	83,0	91,5	85,4	91,0	99,0	94,8	103,3	117,7	97,6	123,0	97,0	118,0
Максимальная высота разгрузки $H_{р.\,max}$, м	30,6	38,5	45,0	37,5	45,0	52,0	40,0	46,2	52,4	38,5	56,0	43,0	56,0
Диаметр опорной базы D, м	10,8	14,5	14,5	15,3	15,3	15,3	18,0	18,0	18,0	23,5	23,5	27,0	27,0
Размеры башмака ($l_б \times b_б$), м	11,6×1,9	13×2,5	13×2,5	14×2,9	14×2,9	14× 2,9	17,2×3,96	17,2×3,96	17,2×3,96	18× 3,9	18× 3,9	22,5×4,74	22,5×4,74

26

$$\begin{cases} H_{\text{у}} \le H_{\text{ч.max}}; \\ H_{\text{у}} \le \dfrac{R_{\text{ч.max}} - 0{,}5L_{\text{х}}}{\text{ctg}\alpha_{\text{з}} + \left(\text{ctg}\alpha_{\text{у}} - \text{ctg}\alpha\right)}, \end{cases} \quad (3.1)$$

где $H_{\text{ч. max}}$ – максимальная глубина черпания, м;

$R_{\text{ч. max}}$ – максимальный радиус черпания, м;

$$R_{\text{ч. max}} = (1{,}15 \div 1{,}20)\, R_{\text{ч}}; \quad (3.2)$$

$L_{\text{х}}$ – длина хода экскаватора, м;

$$L_{\text{х}} = D; \quad (3.3)$$

D – диаметр опорной базы экскаватора, м;

a – ширина призмы возможного обрушения, м;

α – угол откоса рабочего уступа, град;

$\alpha_{\text{у}}$ – устойчивый угол откоса уступа, град;

$\alpha_{\text{з}}$ – угол откоса забоя драглайна, град.

Угол откоса забоя изменяется от 25–30° (нижняя часть забоя) до 45-50° (верхняя часть забоя). Расчеты рекомендуется проводить по минимальному значению $\alpha_{\text{з}}$.

2. Определяется ширина призмы возможного обрушения a, м:

$$a = H_{\text{у}} (\text{ctg}\, \alpha_{\text{у}} - \text{ctg}\, \alpha); \quad (3.4)$$

3. Определяется ширина экскаваторной заходки $A_{\text{з}}$, м:

$$A_{\text{з}} = R_{\text{ч max}} \sin \omega, \quad (3.5)$$

где ω – угол поворота драглайна от своей оси, град.

Рекомендуется принимать $\omega_{\text{о}} = 25 \div 45°$.

4. Производится проверка параметров забоя экскаватора по условию

$$R_{\text{р}} \ge A_{\text{з}} + l_{\text{о}} + c, \quad (3.6)$$

где $R_{\text{р}}$ – радиус разгрузки, м;

$l_{\text{о}}$ – горизонтальное проложение откоса отвала, м;

$$l_{\text{о}} = \sqrt{H_{\text{у}} A_{\text{з}} k_{\text{р}} \text{ctg}\beta}, \quad (3.7)$$

c – ширина свободной полосы между нижними бровками уступа и отвала, м; ($c = 4 \div 6$ м).

При несоблюдении условия (3.6) производится уменьшение ширины экскаваторной заходки и (или) высоты отрабатываемого уступа.

5. Рассчитывается высота внутреннего отвала $H_{\text{о}}$, м:

$$H_{\text{о}} = \sqrt{H_{\text{у}} A_{\text{з}} k_{\text{р}} \text{tg}\beta}. \quad (3.8)$$

Производится проверка:

$$H_{\text{о}} \le H_{\text{р.max}}. \quad (3.9)$$

6. Рассчитывается техническая производительность драглайна $Q_{\text{т}}$, м^3/ч:

$$Q_{\text{т}} = \frac{3600 E k_{\text{н}}}{T_{\text{ц}} k_{\text{р}}}, \quad (3.10)$$

где $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{ч}} + t_{\text{пр}} + \Delta t\ , \qquad (3.11)$$

где $t_{\text{ч}}$ – продолжительность черпания, с;

$t_{\text{пр}}$ – продолжительность поворотов, с;

Δt – поправка на несовмещенность поворота с разгрузкой, с (Δt = 1,5÷2,5 с).

$$t_{\text{ч}} = t_{\text{ч.п}} \frac{\Pi_{\text{э.д}}}{\Pi_{\text{э.п}}}, \qquad (3.12)$$

где $t_{\text{ч.п}}$ – паспортная продолжительность черпания, с (табл. 3.3);

$\Pi_{\text{э.п}}$ – паспортный показатель трудности экскавации пород драглайнами (см. табл. 3.3);

$\Pi_{\text{э.д}}$ – действительный показатель трудности экскавации пород драглайном;

$$\Pi_{\text{э.д}} = \Pi_{\text{э.м}} k_{\text{в}} k_{\text{тр}}\ , \qquad (3.13)$$

где $\Pi_{\text{э.м}}$ – относительный показатель трудности экскавации пород (см. табл. 3.3);

$k_{\text{тр}}$ – коэффициент влияния типоразмера драглайна (см. табл. 3.3);

$k_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий вид выемочного оборудования (табл. 3.4).

Таблица 3.3

Показатели, характеризующие паспортную производительность драглайнов

Показатели	Вместимость ковша экскаватора E, м^3			
	4–6	10–15	20–30	50–100
Продолжительность черпания $t_{\text{ч.п}}$, с	15–18	18	20	20
Продолжительность поворота (угол поворота 135°) $t_{\text{пр.п}}$, с	30–42	42	45	45
Паспортный показатель трудности экскавации пород $\Pi_{\text{э.п}}$	3,0–3,5	4,0–4,5	4,8–5,2	5,5–6,0
Коэффициент влияния типоразмера драглайна $k_{\text{тр}}$	1,0	0,90–0,95	0,75–0,85	0,60–0,70

Таблица 3.4

Значения коэффициента $k_{\text{в}}$, учитывающего вид выемочного оборудования

Выемочное оборудование	$k_{\text{в}}$ при значениях $\Pi_{\text{э.м}}$			
	до 3	3–5	6–10	11–15
Драглайн	1,00	1,10	1,15	1,25

Продолжительность поворотов $t_{\text{пр}}$, с:

$$t_{\text{пр}} = \frac{2t_{\text{пр.п}}\ \varphi}{135}, \qquad (3.14)$$

где $t_{\text{пр.п}}$ – паспортная продолжительность поворота, с (см. табл. 3.3);

φ – средний угол поворота экскаватора от центра забоя до места разгрузки, град. (определяется графически по паспорту забоя).

7. Сменная производительность $Q_{\text{см}}$, м^3/смену:

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{т}}\ T_{\text{см}}\ k_{\text{и}}\ , \qquad (3.15)$$

где $T_{\text{см}}$ = 8 ч – продолжительность смены, ч;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени ($k_{\text{и}}$ = 0,80÷0,85).

8. Суточная производительность $Q_{сут}$, м^3/сутки:

$$Q_{сут} = Q_{см}\, n_{см}\,, \tag{3.16}$$

где $n_{см}$ – количество смен работы в сутки ($n_{см} = 3$).

9. Годовая производительность $Q_г$, м^3/год:

$$Q_г = Q_{сут}\, N_г\,, \tag{3.17}$$

где $N_г$ – количество дней работы экскаватора в году ($N_г = 240 \div 260$ дней).

10. Составление паспорта экскаваторного забоя.

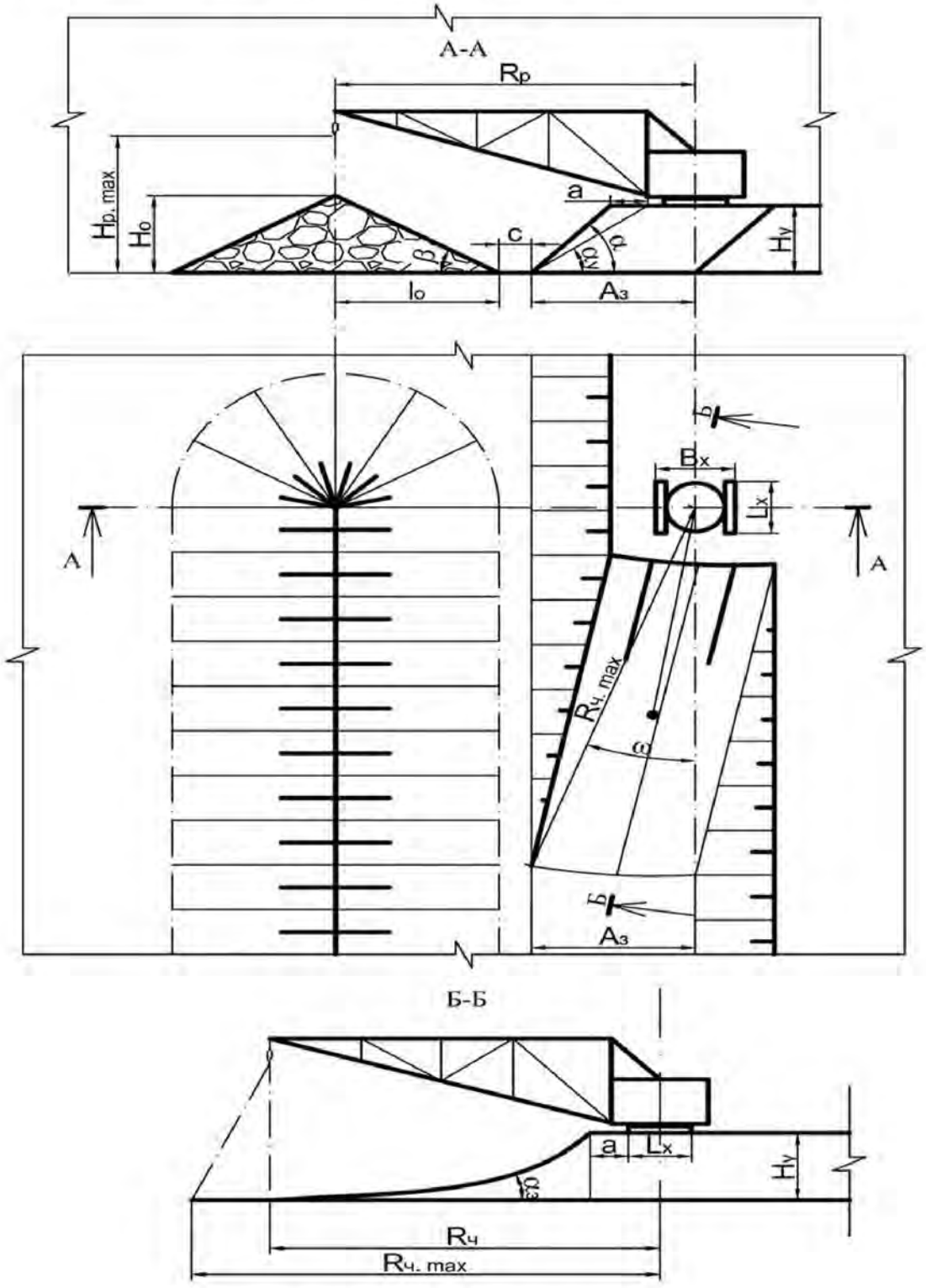


Рис. 3.1. Паспорт забоя драглайна

Пример паспорта забоя драглайна представлен на рис. 3.1. Паспорт составляется в стандартном масштабе с указанием числовых значений определяющих параметров.

7. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом формата А4 и включает:

1. Паспорт забоя драглайна. В паспорте указываются числовые значения определяющих параметров (см. рис. 3.1). Паспорт выполняется в стандартном масштабе и включает два разреза: по А–А и Б–Б.

2. Таблицу, включающую исходные условия и технологические параметры экскавации (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Технологические параметры экскавации

Показатель	Значения
Исходные условия	
Относительный показатель трудности экскавации пород $П_{э.м}$	
Коэффициент наполнения ковша экскаватора $k_н$	
Коэффициент разрыхления пород $k_р$	
Угол откоса рабочего уступа α, град	
Устойчивый угол откоса уступа $α_у$, град	
Угол откоса отвала β, град	
Модель экскаватора	
Вместимость ковша E, м^3	
Радиус черпания (разгрузки) ($R_ч$) ($R_р$), м	
Максимальная глубина черпания $H_{ч.max}$, м	
Максимальная высота разгрузки $H_{р.max}$, м	
Диаметр опорной базы D, м	
Размеры башмака ($l_б \times b_б$), м	
Расчетные показатели	
Высота уступа $H_у$, м	
Угол поворота экскаватора от своей оси ω, град	
Максимальный радиус черпания $H_{ч.max}$, м	
Ширина призмы возможного обрушения a, м	
Ширина экскаваторной заходки $A_з$, м	
Фактический радиус разгрузки $R_р$, м	
Высота отвала $H_о$, м	
Средний угол поворота экскаватора от центра забоя и места разгрузки φ, град	
Продолжительность цикла экскавации $T_ц$, с	
Техническая производительность драглайна $Q_т$, м^3/ч	
Сменная производительность драглайна $Q_{см}$, м^3/смену	
Годовая производительность $Q_г$, тыс. м^3/год	

Контрольные вопросы

1. Перечислите технологические и рабочие параметры экскаваторов-драглайнов.
2. Какие технологические схемы драглайнов используются при разработке горных пород?
3. Как определяется максимальная высота уступа при работе драглайна на перевалке пород в выработанное пространство?
4. Как определяется ширина экскаваторной заходки при работе драглайна на перевалке пород в выработанное пространство?
5. Как рассчитывается высота внутреннего отвала при работе драглайна?
6. Из каких элементов состоит рабочий цикл экскаватора-драглайна при перевалке пород в выработанное пространство? (при погрузке в средства транспорта?).
7. Как определяется действительный показатель трудности экскавации пород драглайном?
8. Как определяется техническая производительность драглайна?
9. Как определяются сменная, суточная и годовая производительности драглайна?

Практическая работа № 4

ВЫЕМКА ГОРНЫХ ПОРОД СКРЕПЕРАМИ

Цель работы: освоить методику расчета параметров скреперования, производительности и парка скреперов при выемке и перемещении горных пород на карьерах.

Задачи работы:

1. Расчет объема скреперных работ и выбор модели скрепера или скреперного комплекса, включающего тягач со скрепером и трактор-толкач.

2. Расчет параметров скреперования (параметров скреперного забоя и отвала).

3. Расчет составляющих рабочего цикла скрепера.

4. Расчет производительности скрепера (скреперного комплекса), парка скреперов и вспомогательных машин (толкачей).

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 130-137; 2, с. 229-236; 6, с. 31-35; 7, с. 5-80] изучить технологические параметры скреперов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, технологические схемы выемки пород скреперами, методику расчета производительности скреперов.

Исходные условия

Общие условия:

- скрепером производится выемка с поверхности при транспортировании пород во внешние отвалы, располагаемые на бортах выработки;
- выемка производится наклонными слоями сверху вниз.

В соответствии с вариантом (табл. 4.1) задаются:

- размеры выработки по поверхности, м ($H \times B \times L$);
- угол откоса бортов выработки α, град;
- тип и категория грунта по трудности разработки;
- плотность грунта γ, т/м^3;
- расстояние транспортирования $L_т$, км;
- срок отработки карьера T, лет.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитывается объем скреперных работ V, м^3:

$$V = H(L - H\text{ctg}\alpha)(B - H\text{ctg}\alpha), \qquad (4.1)$$

где H – глубина скреперной выработки, м;

L – длина выработки по поверхности, м;

B – ширина выработки по поверхности, м;

α – угол откоса борта выработки, град.

2. Рассчитывается годовой объем скреперных работ $V_г$, м^3:

$$V_{\text{г}} = V / T, \qquad (4.2)$$

где T – срок выполнения работ, лет.

Таблица 4.1

Исходные данные к практической работе № 4

Номер задания	Размер выработки, м ($H \times B \times L$)	Угол откоса бортов выработки α, град	Характеристика грунта			Расстояние транспортирования $L_{\text{т}}$, км	Режим скреперных работ (сутки× смены×часы)	Срок выполнения работы T, лет
			тип грунта	категория по трудности разработки	плотность γ, т/м^3			
1	10×350×500	45	Песок	I	1,2	0,5	180 x 2 x 8	1
2	10×350×600	45	– // –	I	1,4	1,2	180 x 2 x 8	2
3	20×200×800	45	– // –	I	1,5	1,8	180 x 2 x 8	2
4	20×400×800	45	– // –	I	1,5	1,5	180 x 3 x 8	2
5	10×350×1000	45	– // –	I	1,7	1,6	180 x 3 x 8	2,5
6	12×300×600	50	Суглинок	II	1,7	1,0	180 x 2 x 8	2
7	15×200×1000	50	– // –	II	1,8	2,0	180 x 2 x 8	2,5
8	15×300×800	50	– // –	II	1,9	1,5	180 x 3 x 8	2
9	12×200×800	50	– // –	II	1,9	1,8	180 x 2 x 8	1,5
10	10×100×400	50	– // –	II	1,8	1,5	180 x 1 x 8	1,0
11	10×200×500	55	Разрыхление полускал.	IV	1,9	2,0	250 x 1 x 8	1,5
12	12×200×800	55	То же	IV	1,9	1,5	250 x 2 x 8	1,0
13	18×300×700	55	– // –	IV	2,0	2,0	250 x 2 x 8	2
14	20×200×800	55	– // –	IV	1,8	1,5	250 x 2 x 8	3
15	10×300×500	50	Суглинок	II	1,8	1,0	180 x 2 x 8	1
16	15×200×700	50	Глина	III	1,9	2,5	180 x 3 x 8	1,5
17	15×400×900	60	Разрыхление полускал.	IV	2,1	0,8	250 x 3 x 8	2
18	12×150×500	60	То же	IV	2,2	1,5	250 x 1 x 8	1,5
19	12×400×800	60	– // –	IV	2,2	2,0	250 x 2 x 8	2
20	20×300×900	60	– // –	IV	2,1	1,0	250 x 3 x 8	3
21	15×200×500	60	Глина	III	1,9	2,5	250 x 2 x 8	1,5
22	10×300×600	60	Суглинок плотный	III	1,8	1,8	250 x 3 x 8	1
23	15×250×750	60	Глина	III	1,8	3,0	250 x 3 x 8	1,5
24	20×450×800	45	Песок	I	1,5	1,5	180 x 2 x 8	2
25	10×500×500	55	Разрыхление полускал.	IV	1,9	2,0	250 x 1 x 8	1,5
26	12×150×500	45	Песок	I	1,2	0,5	180 x 2 x 8	1
27	12×200×800	55	Разрыхление полускал.	IV	1,9	2,0	250 x 1 x 8	1,5
28	20×200×800	50	Суглинок плотный	III	1,9	2,5	180 x 3 x 8	1,5
29	20×300×900	45	Песок	I	1,5	1,5	180 x 3 x 8	2
30	15×200×1000	60	Разрыхление полускал.	IV	2,	1,5	250 x 1 x 8	1,5

3. Рассчитывается сменный объем скреперных работ $V_{\text{см}}$, м^3:

$$V_{\text{см}} = \frac{V_{\text{г}}}{N_{\text{д}} N_{\text{см}}}, \qquad (4.3)$$

где $N_{\text{д}}$ – число рабочих дней (суток) в году (см. табл. 4.1);

$N_{\text{см}}$ – число рабочих смен в сутки (см. табл. 4.1).

4. Производится выбор модели скрепера или скреперного комплекса, рассчитывается фактическая грузоподъемность выбранного скрепера.

4.1. Необходимая (требуемая) вместимость ковша скрепера ($E_т$, м^3) определяется по эмпирической формуле, учитывающей годовой объем скреперных работ в тыс. т и расстояние транспортирования [6]:

$$E_т = 8{,}43 + 4{,}96 \cdot 10^{-3} Q_г + 1{,}93 L_т, \quad (4.4)$$

где $Q_г$ – годовой объем скреперных работ, тыс. т;

$$Q_г = V_г \gamma \cdot 10^{-3}, \quad (4.5)$$

где γ – плотность пород (см. табл. 4.1), т/ м^3;

$L_т$ – расстояние транспортирования, км (см. табл. 4.1).

4.2. По величине $E_т$ в табл. 4.2 выбирается соответствующая модель скрепера с ковшом геометрической вместимости $E \geq E_т$.

4.3. Если разрабатываемый грунт представлен породами I или II категорий по трудности разработки и геометрическая вместимость ковша скрепера меньше 21 м^3 или породами III категории и геометрическая вместимость ковша меньше 16 м^3, то разработка ведется одиночным самоходным скрепером. Переходим к пункту 4.4.

Если грунт представлен породами I или II категорий и геометрическая вместимость ковша скрепера больше или равна 21 м^3, породами III категории и геометрическая вместимость ковша больше или равна 16 м^3 или породами IV категории по трудности разработки, то по табл. 4.3 выбирается мощность трактора-толкача, затем по выбранной мощности трактора-толкача принимается конкретная модель и параметры последнего (табл. 4.4).

Количество толкачей на один скрепер ($n_т$) определяется по формуле

$$n_т = \frac{N_т^т}{N_т^п}, \quad (4.6)$$

где $N_т^т$ – рекомендуемая мощность тракторов-толкачей, кВт (см. табл. 4.3);

$N_т^п$ – принятая мощность трактора-толкача, кВт (см. табл. 4.4).

Полученное по формуле (4.6) значение округляется до большего целого, если $N_т^т > N_т^п$ на 10 % и более. В противном случае округление выполняется до меньшего целого.

Таблица 4.2

Технические характеристики самоходных скреперов

Параметры	Д-357П	ДЗ-32	ДЗ-13Б	ДЗ-115	ДЗ-67	ДЗ-107-1	СС-38 (перспективная модель)
Геометрическая вместимость ковша E, м^3	9,0	10	16,2	16,2	25	25	38
Грузоподъемность G, т	16,4	16,0	30	30	50	50,4	80
Ширина резания $B_р$, м	2,82	2,9	3,41	3,02	3,6	3,8	4,0
Максимальное заглубление $h_{загл}$, м	0,15	0,3	0,3	0,35	0,25	0,4	0.4
Максимальная толщина отсыпки $h_{отс}$, м	0,4	0,5	0,5	0,50	0,55	0,60	0.6
Базовый тягач	МоАЗ-546П	МоАЗ-546	БелАЗ-7422	БелАЗ-531Б	Спец. шасси		
Мощность двигателя $N_{дв}$, кВт	158	158	265	2×256	400	2×405	2×538
Максимальная скорость движения v_{max}, км/ч	40	40	40	40	45	50	50

Таблица 4.3

Рациональное сочетание вместимости ковша скрепера и мощности толкача

Геометрическая вместимость ковша скрепера, м^3	Количество и мощность (кВт) толкачей при категории грунтов по трудности разработки		
	I–II	III	IV
10	–	–	1 × 306
16	–	1×306	1 ×410
21 – 25	1×306	1×410	1×522
30 и более	2×306; 1×574	(2÷3)×306; (1÷2)×574	3×306; 2×574

Таблица 4.4

Параметры тракторов-толкачей

Показатели	Модель трактора			
	Т-180	ДЭТ-250	ДЭТ-320	Т-800
Мощность двигателя $N_{дв}$, кВт	133	237	258	611

4.4. Определяется расчетная грузовместимость ковша выбранного скрепера $E_р$, м^3:

$$E_р = E\frac{k_н}{k_р}, \quad (4.7)$$

где E – геометрическая вместимость ковша скрепера, м^3 (см. табл. 4.2);

$k_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_р$ – коэффициенты разрыхления породы в ковше скрепера (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Значения коэффициентов наполнения ковша ($k_н$) и коэффициентов разрыхления породы в ковше ($k_р$) при различной геометрической вместимости ковша скрепера

Геометрическая вместимость ковша скрепера E, м^3	Значения коэффициентов	Тип грунта		
		песок	суглинки, глина	разрыхленные полускальные породы
6 – 10	$k_н$	0,95	1,00	1,00
	$k_р$	1,15	1,20	1,50
10 – 15 и более	$k_н$	1,00	1,15	1,15
	$k_р$	1,10	1,10	1,40

4.5. Определяется расчетная грузоподъемность скрепера ($G_р$, т) с учетом величины расчетной грузовместимости:

$$G_р = E_р\gamma, \quad (4.8)$$

где γ – плотность пород, т/м^3.

4.6. Фактическая грузоподъемность скрепера ($G_ф$, т) не должна превышать паспортную грузоподъемность (G), приведенную в табл. 4.2. Если $G_ф \le G$, то за фактическую грузоподъемность принимается расчетная грузоподъемность $G_ф = G_р$, а фактическая вместимость ковша $E_ф = E_р$. Если $G_р > G$, то за фактическую грузоподъемность принимается паспортная грузоподъемность $G_ф = G$, а фактическая вместимость ковша рассчитывается по формуле

$$E_ф = E/\gamma, \quad (4.9)$$

где E – паспортная геометрическая вместимость ковша скрепера, м^3.

5. Рассчитываются параметры технологии скреперования.

5.1. Определяются параметры скреперных забоев и уступов.

5.1.1. Длина скреперного забоя (минимальный путь резания) определяется из условия заполнения ковша скрепера на пути набора грунта. При отработке наклонного забоя на спуск минимальный путь резания (l_{min}, м) определяется по формуле

$$l_{\min} = \frac{E_{\text{ф}} k_{\text{п}}}{b_{\text{с}} \delta_{\text{с}} k_{\text{нс}}}, \qquad (4.10)$$

где $E_{\text{ф}}$ – фактическая вместимость ковша скрепера, м^3;

$b_{\text{с}}$ – ширина срезаемой ковшом стружки, м (принимается равной ширине резания $b_{\text{с}} = B_{\text{р}}$), (см. табл. 4.2);

$\delta_{\text{с}}$ – толщина стружки, м (принимается по табл. 4.6 с учетом максимальной величины заглубления $b_{\text{с}} \le h_{\text{загл}}$);

$k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери породы ($k_{\text{п}} = 1{,}15 \div 1{,}20$);

$k_{\text{нс}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность толщины стружки ($k_{\text{нс}} = 0{,}70 \div 0{,}75$).

Практически во избежание задержек в работе скреперного комплекса длину забоя рекомендуется принимать не менее двукратного минимального пути резания. По длине забоя стружка может убираться в 2, 3 или 4 приема. Тогда фактическая длина забоя $l_{\text{з}}$, м:

$$l_{\text{з}} = n_{\text{пр}} l_{\min}, \qquad (4.11)$$

где $n_{\text{пр}}$ – количество приемов.

Таблица 4.6

Рекомендуемая толщина стружки ($\delta_{\text{с}}$, м) при работе скреперов в разных условиях

Геометрическая вместимость ковша скрепера E, м^3	Тип грунта		
	песок	суглинок	глина, разрыхленные полускальные породы
10	0,30*/–	0,18/–	0,14/–
15	0,35/–	0,21/0,30	0,16/0,22
> 15	0,35/0,40	0,23/0,32	0,18/0,24

* В числителе – без толкача, в знаменателе – с толкачом.

5.1.2. Расчетная высота рабочего уступа $h_{\text{у}}$, м:

$$h_{\text{у}} = l_{\text{з}} \sin \alpha_{\text{з}}, \qquad (4.12)$$

где $\alpha_{\text{з}}$ – угол откоса забоя скрепера (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Уклоны участков трассы работы скрепера, град

Уклон забоя скрепера при движении под уклон $\alpha_{\text{з}}$			Уклон участка транспортирования $\alpha_{\text{т}}$				Уклон участка разгрузки $\alpha_{\text{р}}$
			порожнего		груженого		
песок, суглинки	глина	разрыхленные полускальные породы	подъем	спуск	подъем	спуск	
5–6	6–8	10–12	9–10	14–17	7–9	11–14	14–15

5.1.3. Фактическая высота уступа ($h'_{\text{у}}$) принимается такой, чтобы количество уступов в выработке было целым числом при высоте уступа меньше расчётной. Фактический угол откоса забоя $\alpha'_{\text{з}}$, град:

$$\alpha'_{\text{з}} = \arcsin \frac{h'_{\text{у}}}{l_{\text{з}}} \le \alpha_{\text{з}}, \tag{4.13}$$

где $\alpha_{\text{з}}$ – максимальное значение угла забоя скрепера, град (табл. 4.7).

5.1.4. Ширина полосы скреперования ($B_{\text{с}}$, м) зависит от применяемого оборудования, схемы выемки грунта и очередности производства работ. Для наиболее полного заполнения ковша оптимальной считается гребенчатая схема выемки. При этом между смежными проходами скрепера оставляются целики – гребни шириной от 0,5 до 1,5 м и высотой, равной толщине срезаемой стружки. Впоследствии гребни срабатываются грейдером, для эффективной работы которого необходимо минимум два смежных прохода скрепера по полосе скреперования:

$$B_{\text{с}} = n(b_{\text{с}} + b_{\text{г}}), \tag{4.14}$$

где $b_{\text{с}}$ – ширина срезаемой стружки (ширина прохода скрепера), м;

$b_{\text{г}}$ – ширина гребня между смежными проходами скрепера (0,5–1,5 м);

n – число смежных проходов скрепера (n = 2÷4).

5.2. Определяется ширина рабочей площадки ($B_{\text{р.п}}$, м). Рабочая площадка состоит из нескольких взаимозаменяемых полос: полосы рыхления ($B_{\text{р}}$), если разрабатываются породы III и IV категорий по трудности разработки, полосы скреперования ($B_{\text{с}}$) и транспортной полосы (T), если выезд и въезд в разрабатываемую выработку предусмотрен через рабочую площадку. При этом $B_{\text{р}} = B_{\text{с}} = T$.

$$B_{\text{р.п}} = B_{\text{т}} + B_{\text{с}} + T. \tag{4.15}$$

6. Рассчитываются параметры отсыпки отвалов.

6.1. Толщина отсыпки $\delta_{\text{о}}$, м:

$$\delta_{\text{о}} = \frac{E_{\text{ф}}}{b_{\text{с}} t_{\text{р}} v_{\text{р}}}, \tag{4.16}$$

где $E_{\text{ф}}$ – фактическая вместимость ковша скрепера, м^3;

$b_{\text{с}}$ –ширина срезаемой ковшом стружки, м;

$v_{\text{р}}$ – скорость движения скрепера, м/мин (табл. 4.8);

$t_{\text{р}}$ – длительность разгрузки скрепера, мин ($t_{\text{р}}$ = 0,25÷0,30 мин).

Расчетное значение толщины отсыпки не должно превышать максимального значения, приведенного в технической характеристике (см. табл. 4.2): $\delta_{\text{о}} \le h_{\text{отс.}}$

6.2. Длина участка разгрузки $l_{\text{р}}$, м:

$$l_{\text{р}} = \frac{E_{\text{ф}}}{\delta_{\text{о}} b_{\text{с}}}. \tag{4.17}$$

6.3. Высота отсыпаемого отвального уступа (яруса) $h_{\text{я}}$, м:

$$h_{\text{я}} = l_{\text{р}} \sin \alpha_{\text{р}}, \tag{4.18}$$

где $\alpha_{\text{р}}$ – угол наклона площадки разгрузки, град. (см. табл. 4.7).

6.4. Высота скреперного отвала ($H_о$, м) принимается в пределах $H_о$ = 8÷12 м.

6.5. Количество ярусов (слоев) отвала

$$n_я = H_о / h_я . \quad (4.19)$$

6.6. Длину отвала ($L_о$, м) принимаем равной длине скреперной выработки $L_о = L$.

6.7. Ширина отвала ($B_о$, м) определяется по формуле

$$B_о = \frac{V}{H_о L_о k_{р.о}}, \quad (4.20)$$

где V – объем скреперных работ, м^3;

$k_{р.о}$ – коэффициент разрыхления пород в отвале ($k_{р.о}$ = 1,10 ÷ 1,15).

7. Рассчитывается длительность рабочего цикла скрепера $T_ц$, мин:

$$T_ц = t_з + t_д^г + t_д^п + t_р + t_м, \quad (4.21)$$

где $t_з$ – продолжительность загрузки ковша скрепера, мин;

$t_д^г$, $t_д^п$ – соответственно время движения груженого и порожнего скрепера, мин;

$t_р$ – длительность разгрузки, мин;

$t_м$ – продолжительность маневровых, вспомогательных и планировочных операций, мин.

7.1. Продолжительность загрузки ковша скрепера:

$$t_з = l_{min} / v_з , \quad (4.22)$$

где l_{min} – минимальный путь резания, м;

$v_з$ – скорость движения скрепера при резании стружки, м/мин (табл. 4.8).

Таблица 4.8

Скорости движения скрепера в рабочем цикле, м/мин

Загрузка скрепера (резание) $v_з$	Разгрузка $v_р$	Движение с грузом $v_г$	Движение порожняком $v_п$
30–50	48–72	(0,4–0,5)v_{max}	(0,6–0,7)v_{max}

Примечание. v_{max} – максимальная скорость движения скрепера, м/мин (см. табл. 4.2).

7.2. Время движения груженого и порожнего скрепера определяется по формулам:

$$t_д^г = L_т / v_г ; \qquad t_д^п = L_т / v_п , \quad (4.23)$$

где $L_т$ – расстояние транспортирования, м;

$v_г$, $v_п$ – соответственно скорость движения груженого и порожнего скреперов, м/мин (см. табл. 4.8).

7.3. Длительность разгрузки $t_р$, мин:

$$t_р = \frac{l_р}{v_р} k_{раз} , \quad (4.24)$$

где $v_р$ – скорость движения скрепера при разгрузке, м/мин (см. табл. 4.8);

$k_{раз}$– коэффициент, учитывающий время на разравнивание разгруженной породы (при разгрузке под уклон $k_{раз}$ = 1,8÷2,0).

7.4. Продолжительность маневровых, вспомогательных и планировочных операций зависит от схемы движения и дальности транспортирования. Принимается $t_м$ = 1,5÷3,0 мин.

8. Рассчитывается сменная производительность и парк скреперов.

8.1. Сменная производительность скрепера $Q_{см}$, м^3/ смену:

$$Q_{см} = \frac{60 T_{см} E_ф k_и}{T_ц}, \quad (4.25)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч;

$k_и$ – коэффициент использования сменного времени. При одно– и двухсменном режиме $k_и$ = 0,80÷0,85; при трехсменном режиме $k_и$ = 0,70÷0,75.

8.2. Рабочий парк скреперов $N_р$, шт.:

$$N_р = \frac{V_{см}}{Q_{см}}, \quad (4.26)$$

где $V_{см}$ – сменный объем скреперных работ, м^3.

Списочный парк скреперов $N_с$, шт.:

$$N_с = \frac{N_р}{k_{т.г}}, \quad (4.27)$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности ($k_{т.г}$ = 0,65÷0,70).

8.3. Количество тракторов-толкачей при работе скреперов по породам, требующим их применения, рассчитывается по формуле

$$N_т = \frac{N_с T_ц^т}{T_ц}, \quad (4.28)$$

где $T_ц$ – длительность рабочего цикла скрепера, мин;

$T_ц^т$ – длительность цикла трактора-толкача, мин.

Длительность цикла трактора-толкача рассчитывается по формуле

$$T_ц^т \approx 1{,}4 t_з + 0{,}3, \quad (4.29)$$

где $t_з$ – продолжительность загрузки скрепера, мин.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним-двумя листами формата А3 (А4) и содержит следующие элементы: паспорт участка скреперования, включающий схему движения скрепера, план рабочей площадки с сечением (рис. 4.1, 4.2). Изображается отработка первого (верхнего) уступа скреперной выемки и отсыпка первого яруса скреперного отвала. Угол откоса отвального яруса принимается $\alpha_о \approx (0{,}70÷0{,}75)\alpha$, где α – угол откоса борта скреперной выемки, град. Ширина транспортного заезда на отвал принимается $B_т \approx (1{,}5÷2{,}0) b_с$, где $b_с$ – ширина прохода скрепера, м. Чертежи выполняются в стандартных масштабах.

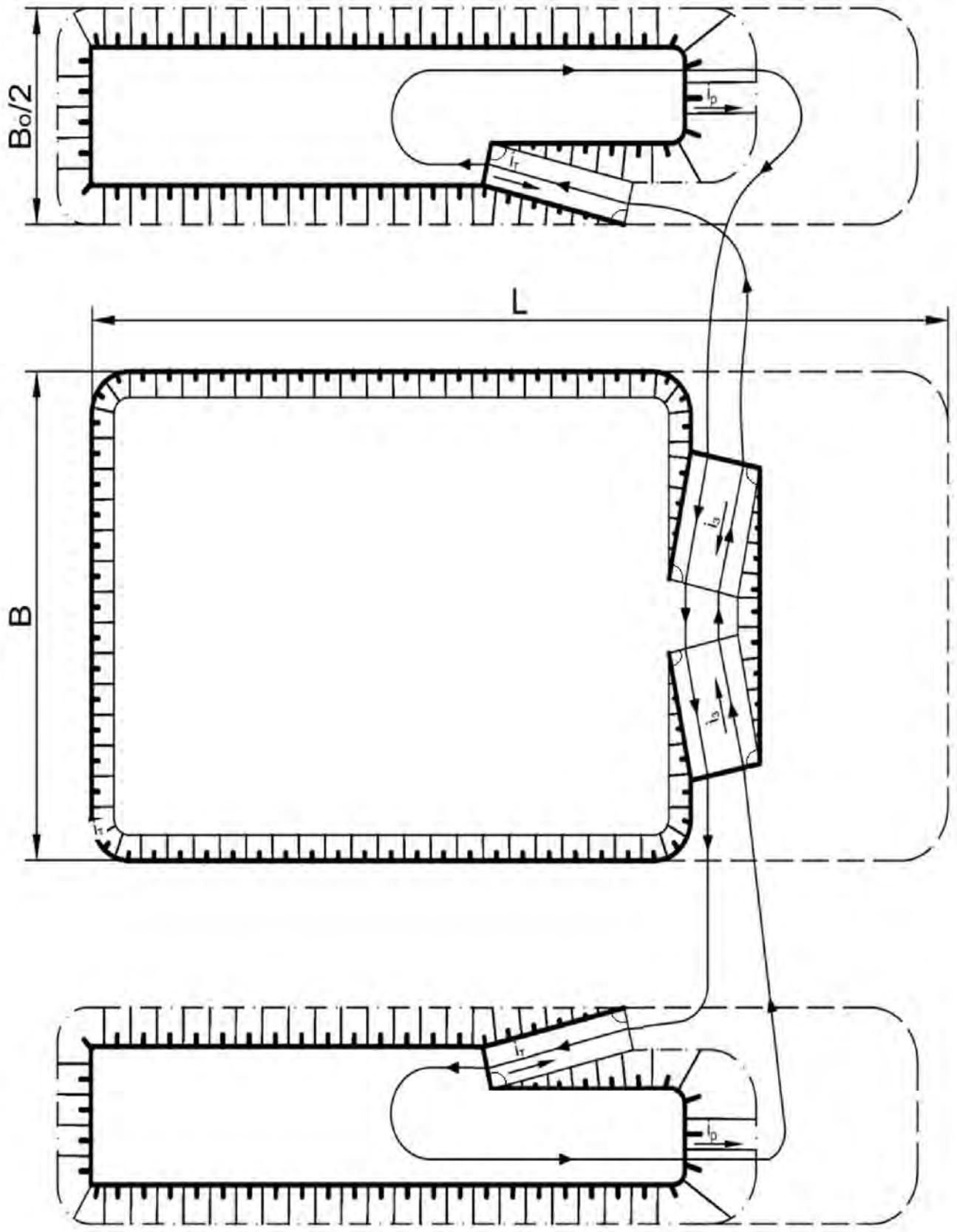


Рис. 4.1. Паспорт участка скреперования

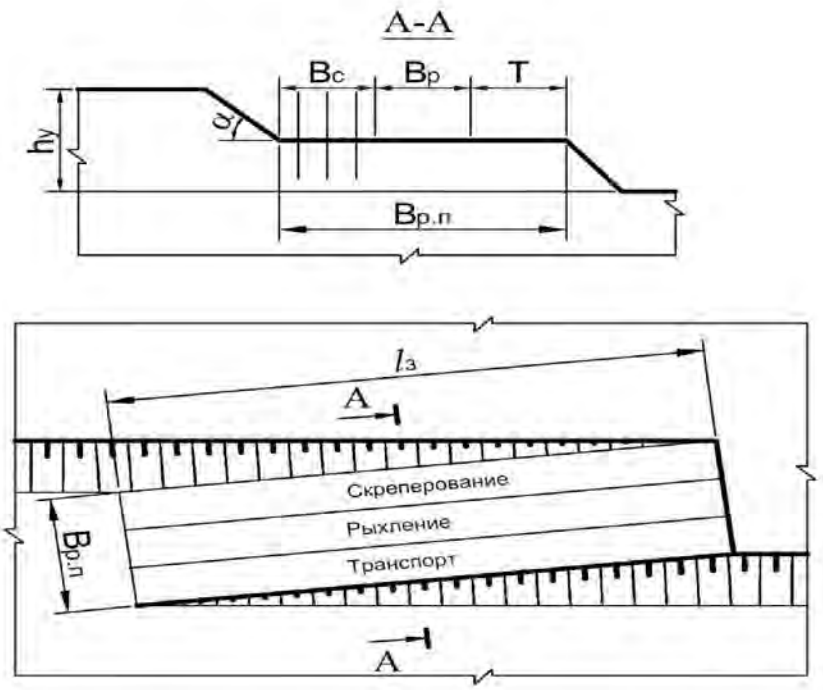


Рис. 4.2. План рабочей площадки

Технологические параметры выемки горных пород скреперами заносятся в таблицу (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Технологические параметры выемки горных пород скреперами

Показатели	Значения
1	2
Исходные условия	
Тип разрабатываемого грунта	
Категория по трудности разработки	
Плотность пород γ, т/м^3	
Размеры скреперной выработки, м:	
глубина H	
ширина B	
длина L	
Расстояние транспортирования $L_т$, км	
Срок выполнения работ T, лет	
Расчетные показатели	
Объем скреперных работ, м^3:	
годовой $V_г$	
сменный $V_{см}$	
Модель скрепера	
Расчетная вместимость ковша $E_р$, м^3	
Ширина стружки $b_с$, м	
Толщина стружки $\delta_с$, м	
Длина скреперного забоя, м:	
минимальная l_{min}	
фактическая $l_з$	

Окончание табл. 4.9

2	2
Высота рабочего уступа, м:	
расчетная $h_у$	
фактическая $h'_у$	
Количество рабочих уступов в выработке $n_у$	
Фактический угол откоса забоя $\alpha'_з$, град.	
Ширина полосы скреперования $B_с$, м	
Ширина рабочей площадки $B_{р.п}$, м	
Толщина отсыпки $\delta_о$, м	
Высота отвального яруса $h_я$, м	
Длительность рабочего цикла скрепера $T_ц$, мин	
Производительность скрепера $Q_{см}$, м^3/смену	
Рабочий парк скреперов $N_р$, шт.	
Списочный парк, шт.: скреперов $N_с$	
тракторов-толкачей $N_т$	

Контрольные вопросы

1. Назовите область рационального применения скреперов и работы, выполняемые скреперными комплексами.
2. Перечислите достоинства и недостатки скреперной технологии горных работ.
3. Назовите основные технологические параметры скреперов, применяемых на открытых горных работах.
4. Как классифицируются скреперы по способу соединения скреперного оборудования с тягачом? По способу загрузки ковша? По способу разгрузки? По системе управления рабочими органами? По типу трансмиссии?
5. Какие сопротивления испытывает скрепер в процессе работы? Каковы требования к тяговому усилию.
6. Какие факторы учитываются при выборе модели скреперов?
7. Как определяется длина скреперного забоя?
8. Как определяется толщина стружки при наборе ковша скрепера?
9. Из каких элементов складывается рабочий цикл скрепера? Как рассчитывается их продолжительность?
10. Как определяется ширина полосы скреперования и ширина рабочей площадки при скреперной технологии горных работ?
11. Как определяется высота уступа при скреперной выемке?
12. Как определяется сменная производительность скрепера?
13. Назовите типы забоев при скреперной выемке горных пород и возможные схемы движения скреперов.

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЫЕМКИ ГОРНЫХ ПОРОД РОТОРНЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

Цель работы: освоить методику расчета параметров забоя и производительности роторных экскаваторов.

Задачи работы:

1. Расчет параметров торцевого забоя роторного экскаватора при выемке пород горизонтальными или вертикальными стружками.
2. Расчет производительности роторного экскаватора.
3. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 199-214; 2, с. 173-187; 3, с. 198-204] изучить технологические и рабочие параметры роторных экскаваторов, параметры забоев и технологические схемы выемки пород роторными экскаваторами, методику расчета производительности роторных экскаваторов.

Исходные условия

В соответствии с вариантом (табл. 5.1) задаются:

– модель роторного экскаватора с соответствующей технической характеристикой (табл. 5.2);

– способ выемки пород в забое (горизонтальными или вертикальными стружками);

– угол откоса уступа, зависящий от плотностных свойств пород α, град;

– угол поворота стрелы в сторону уступа при отработке верхнего слоя $\varphi_в$, град;

– угол поворота стрелы в сторону выработанного пространства при отработке нижнего слоя $\varphi_н$, град;

– коэффициент влияния забоя $k_з$, ед;

– коэффициент экскавации $k_э$, ед.

Таблица 5.1

Исходные данные к практической работе № 5

Номер задания	Модель экскаватора	Способ выемки*	α, град	Угол поворота стрелки, град.		$k_з$	$k_э$
				$\varphi_в$	$\varphi_н$		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	ГС	60	90	30	0,90	0,74
2	2	ВС	42	75	45	0,80	0,76
3	3	ВС	42	80	40	0,75	0,80
4	4	ВС	46	85	35	0,75	0,74
5	5	ГС	45	90	30	0,65	0,78
6	6	ГС	54	75	40	0,80	0,70

Окончание табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
7	7	ГС	54	80	45	0,90	0,74
8	8	ВС	45	85	40	0,75	0,80
9	1	ВС	60	75	45	0,80	0,70
10	2	ВС	42	90	30	0,80	0,70
11	3	ГС	42	75	45	0,70	0,74
12	4	ВС	46	80	40	0,75	0,80
13	5	ВС	45	75	35	0,70	0,80
14	6	ВС	54	85	45	0,80	0,70
15	8	ВС	45	75	40	0,70	0,70
16	7	ГС	54	80	45	0,90	0,74
17	3	ВС	42	75	40	0,75	0,8
18	5	ГС	45	90	45	0,80	0,70
19	7	ГС	54	75	45	0,70	0,80
20	1	ГС	60	85	35	0,70	0,80
21	2	ГС	42	75	40	0,70	0.76
22	6	ВС	54	80	45	0,80	0,76
23	8	ВС	45	75	45	0,80	0,74
24	4	ВС	46	85	35	0,80	0,76
25	5	ГС	45	80	45	0,65	0,74
26	2	ГС	40	70	45	0,70	0,74
27	7	ВС	45	75	35	0,70	0,80
28	4	ГС	46	80	40	0,80	0,70
29	5	ГС	45	75	35	0,70	0,80
30	4	ВС	46	85	35	0,75	0,74

* ГС – горизонтальные стружки; ВС – вертикальные стружки.

Таблица 5.2

Основные технологические параметры роторных экскаваторов с невыдвижной стрелой

Параметры	ЭРП-2500	ЭРШР-5000	ЭРШРД-5000	ЭР-7000	ЭРП-6500	ЭРП-5250В с верхней погрузкой	ЭРП-5250 (ЭРП-5250Вс)	ЭР-5250
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер модели экскаватора	1	2	3	4	5	6	7	8
Теоретическая производительность по рыхлой массе $Q_{теор}$, м^3/ч	2500	5000	5000	5250	6500	5250	5250	5250
Диаметр ротора $d_р$, м	8,0	16,0	13,0	16,5	13,5	11,5	11,5	16,0
Число ковшей $n_к$	18	10	16	16	20	22	22	16
Частота ссыпок $n_с$, мин$^{-1}$	80-130	36-52	56-80	27-78	90-113	110-143	110-143	66-80

Окончание табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вместимость ковша $V_к$, л	560	2300	1500	2500	2200	900	900	2000
Длина стрелы $L_с$, м	27,0	63,3	57,0	42,7	56.0	40,0	40,0	42,5
Высота оси качения стрелы ротора c, м	11,75	20,5	20,5	19,5	20,5	26,0	16,0	16,0
Эксцентриситет оси качения стрелы ротора a, м	1,75	2,4	2,4	2,4	2,4	1,75	2,4	2,4
Угол наклона стрелы ротора при отработке верхнего слоя $\rho_в$, град	17,9	15,4	17,9	20,2	17,6		17,6	19,6
Угол наклона стрелы ротора при отработке слоя на уровне стояния экскаватора $\rho_у$, град	16,7	11,4	14,2	15,2	14,5		14,8	10,8
Максимальная высота отрабатываемого уступа выше уровня стояния экскаватора $H_к$, м	21,4	40,0	40,0	37,0	40,0	30,0	30	33
Тип ходового оборудования	Трехопорное многогусеничное	Шагающе-рельсовое						

Порядок выполнения работы

1. Определяется высота слоя, отрабатываемого за один проход роторного колеса, число слоев выемки и высота забоя роторного экскаватора.

1.1. Высота забоя роторного экскаватора, как правило, равна высоте уступа и назначается исходя из его устойчивости и параметров оборудования. При выемке пород вертикальными стружками высота уступа ($H_у$, м) определяется из выражения

$$H_у = L_с \sin \rho_в + c + h - 0{,}5d_р, \qquad (5.1)$$

где $L_с$ – длина роторной стрелы, м;

c – высота закрепления опорного шарнира стрелы (высота оси качения стрелы ротора), м;

$\rho_в$ – угол наклона стрелы ротора при отработке верхнего слоя, град. (см. табл. 5.2);

h – высота выемочного слоя, м;

$d_р$ – диаметр ротора, м.

1.2. Высота выемочного слоя (h, м) при выемке вертикальными стружками равна высоте стружки и определяется из выражения

$$h = (0{,}5 \div 0{,}7)d_р. \tag{5.2}$$

При этом нижняя граница соответствует минимальной производительности экскаватора, а верхняя – максимальной при обеспечении безопасно допустимого козырька при формировании стружки.

В расчетах рекомендуется принимать

$$h = 0{,}7d_р. \tag{5.3}$$

1.3. Количество слоев выемки по высоте забоя ($n_с$) при выемке вертикальными стружками определяется из выражения

$$n_с = H_у / h\ , \tag{5.4}$$

где $H_у$ – высота уступа, рассчитанная по формуле (5.1), м.

1.4. Если количество слоев выемки является дробным числом, то оно округляется до целого в меньшую сторону, а высота уступа, рассчитанная по формуле (5.1), корректируется:

$$H_у^к = hn_с\ , \tag{5.5}$$

где $H_у^к$ – откорректированная высота уступа, м.

1.5. Производится корректировка угла наклона стрелы при отработке верхнего слоя:

$$\rho_в^к = \arcsin\left(\frac{H_у^к - c - h + 0{,}5d_р}{L_с}\right), \tag{5.6}$$

где $\rho_в^к$ – откорректированное значение угла наклона стрелы при отработке верхнего слоя, град.

1.6. При выемке пород горизонтальными стружками высота уступа уменьшается на величину h и определяется из выражения

$$H_у = L_с \sin\rho_в + c - 0{,}5d_р. \tag{5.7}$$

1.7. При выемке горизонтальными стружками длина стружек ($l_с$, м) находится в пределах $l_с = (0{,}5 \div 0{,}7)d_р$.

В расчетах рекомендуется принимать:

$$l_с = 0{,}7d_р. \tag{5.8}$$

1.8. Высота выемочного слоя при выемке горизонтальными стружками равна примерно половине диаметра роторного колеса:

$$h \approx 0{,}5d_р. \tag{5.9}$$

1.9. Количество слоев выемки по высоте забоя и откорректированная высота уступа при выемке горизонтальными стружками определяется так же, как и при выемке вертикальными стружками (см. п.п. 1.3; 1.4).

1.10. Корректировка угла наклона стрелы при отработке верхнего слоя при выемке горизонтальными стружками производится по выражению

$$\rho_{в}^{к} = \arcsin\left(\frac{H_{у}^{к} - c + 0{,}5d_{р}}{L_{с}}\right), \qquad (5.10)$$

2. Угол откоса уступа (α, град) принимается в соответствии с заданием (см. табл. 5.1). По условию краткосрочной устойчивости угол откоса забоя ($\alpha_{з}$, град) может быть на 5–10 % больше угла откоса уступа.

3. Рассчитывается ширина заходки роторного экскаватора A, м:

– при выемке вертикальными стружками

$$A = \left(L_{с}\cos\rho_{в}^{к} + a\right)\sin\varphi_{в} + \left(L_{с}\cos\rho_{у} + a\right)\sin\varphi_{н} - \left(H_{у}^{к} - h\right)\operatorname{ctg}\alpha; \qquad (5.11)$$

– при выемке горизонтальными стружками

$$A = \left(L_{с}\cos\rho_{в}^{к} + a\right)\sin\varphi_{в} + \left(L_{с}\cos\rho_{у} + a\right)\sin\varphi_{н} - H_{у}^{к}\operatorname{ctg}\alpha. \qquad (5.12)$$

4. Рассчитывается производительность роторного экскаватора, работающего в комплексе с конвейерным транспортом.

4.1. Техническая производительность экскаватора $Q_{т}$, м^3/ч:

$$Q_{т} = Q_{теор}k_{э}k_{з}, \qquad (5.13)$$

где $Q_{теор}$ – теоретическая производительность экскаватора по рыхлой горной массе, м^3/ч (см. табл. 5.2);

$k_{э}$ – коэффициент экскавации (см. табл. 5.1);

$k_{з}$ – коэффициент влияния забоя (см. табл. 5.1).

Коэффициент $k_{з}$ учитывает потери времени на переход к отработке следующего забойного блока, новых стружек и слоев.

4.2.Сменная эксплуатационная производительность $Q_{см}$, м^3/смену:

$$Q_{см} = Q_{т}T_{см}k_{и}k_{у}k_{п}k_{т.г}k_{т}, \qquad (5.14)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч;

$k_{и}$ – коэффициент использования сменного времени ($k_{и} = 0{,}8$);

$k_{у}$ – коэффициент качества управления ($k_{у} = 0{,}92 \div 0{,}98$);

$k_{п}$ – коэффициент, учитывающий потери экскавируемого материала. Для роторных экскаваторов с гравитационным ротором ($k_{п} = 0{,}93 \div 0{,}97$);

$k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности экскаватора ($k_{тг} = 0{,}90 \div 0{,}95$);

$k_{т}$ – коэффициент, учитывающий простои экскаватора по транспортным условиям. При работе экскаватора в комплексе с конвейерным транспортом $k_{т} = 1{,}0$.

5. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Примеры паспортов экскаваторных забоев при выемке пород вертикальными и горизонтальными стружками представлены на рис. 5.1 и 5.2. Паспорта составляются в стандартных масштабах с указанием числовых значений определяющих параметров.

6. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты, графическую часть (паспорт экскаваторного забоя), а также таблицу, включающую исходные условия и расчетные показатели (табл. 5.3).

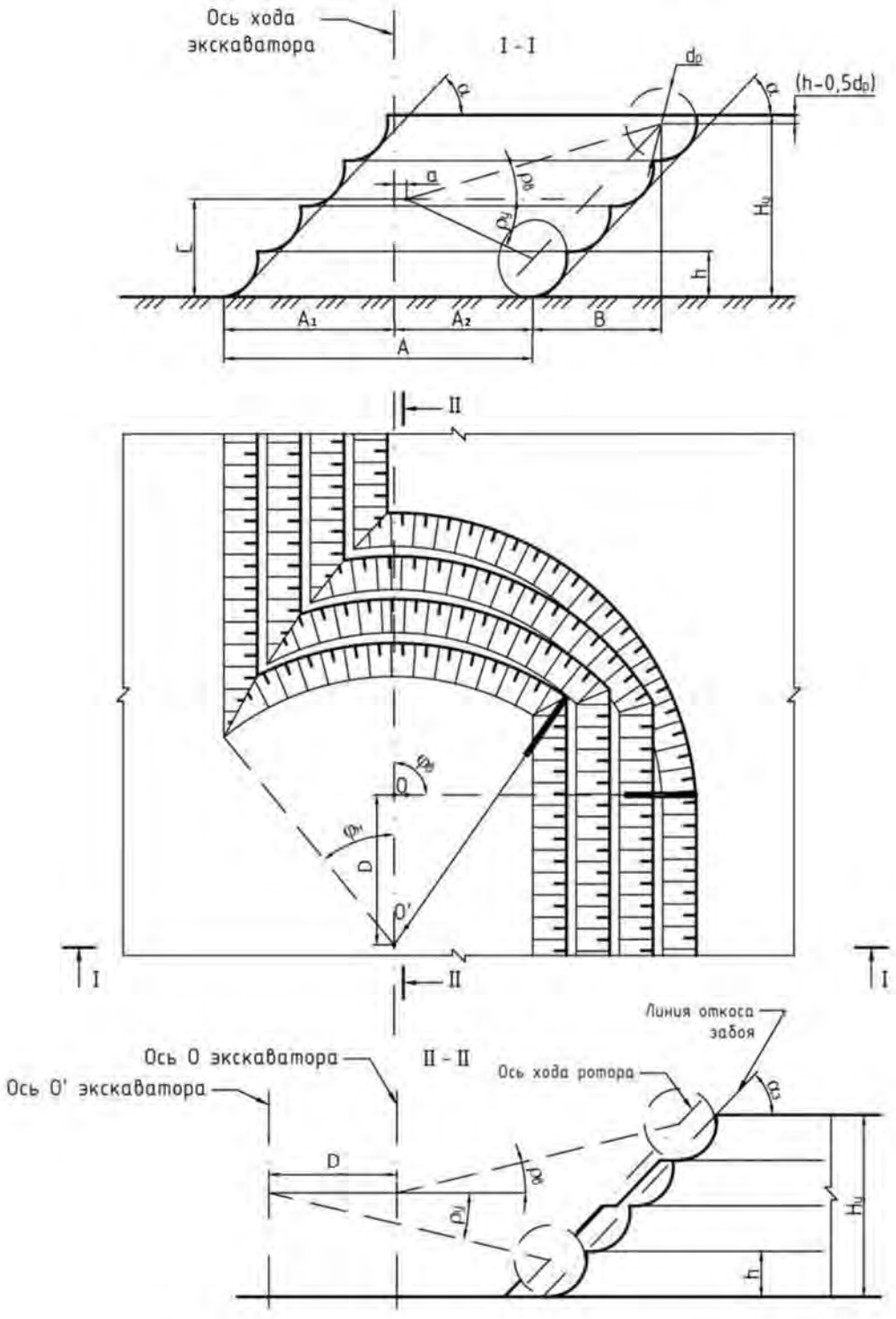


Рис. 5.1. Паспорт установки экскаватора в забое
при выемке пород вертикальными стружками:

$$A_1 = \left(L_c \cos\rho_в^к + a\right)\sin\varphi_в; \quad A_2 = \left(L_c \cos\rho_у + a\right)\sin\varphi_н - \left(H_у - h\right)\mathrm{ctg}\,\alpha;$$

$$B = \left(H_у - h\right)\mathrm{ctg}\,\alpha; \quad D = \left(H_у - h\right)\mathrm{ctg}\,\alpha_з$$

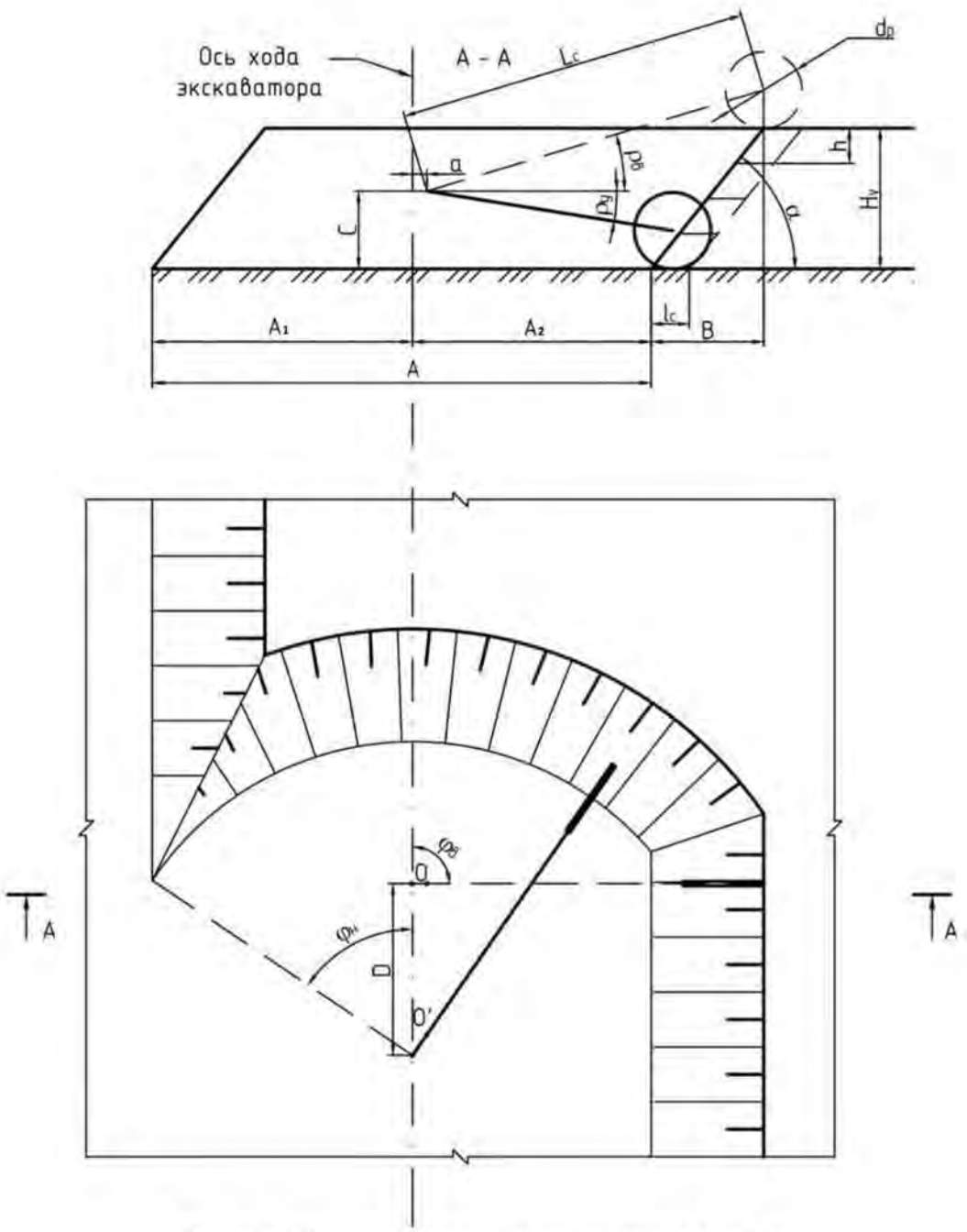


Рис. 5.2. Паспорт установки экскаватора в забое
при выемке пород горизонтальными стружками:

$$A_1 = \left(L_c \cos\rho_в^к + a\right)\sin\varphi_в; \quad A_2 = \left(L_c \cos\rho_у + a\right)\sin\varphi_н - H_у \operatorname{ctg}\alpha;$$

$$B = H_у \operatorname{ctg}\alpha; \quad D = \left(H_у - h\right)\operatorname{ctg}\alpha_з$$

Таблица 5.3

Технологические параметры выемки пород роторным экскаватором

Параметр	Значение
Исходные условия	
Модель экскаватора	
Способ выемки горных пород в забое	
Угол откоса уступа α, град	
Угол поворота стрелы в сторону уступа при отработке верхнего слоя $\varphi_в$, град	
Угол поворота стрелы в сторону выработанного пространства при отработке нижнего слоя $\varphi_н$, град	
Угол наклона стрелы ротора при отработке верхнего слоя $\rho_в$, град	
Угол наклона стрелы ротора при отработке слоя на уровне стояния экскаватора $\rho_в$, град	
Диаметр ротора $d_р$, м	
Число ковшей $n_к$	
Частота ссылок $n_с$, мин$^{-1}$	
Вместимость ковша $V_к$, м^3	
Длина стрелы $L_с$, м	
Высота оси качения стрелы ротора c, м	
Эксцентриситет от качения стрелы ротора a, м	
Теоретическая производительность по рыхлой массе $Q_{теор}$, м^3/ч	
Коэффициент влияния забоя $k_з$	
Коэффициент экскавации $k_э$	
Расчетные показатели	
Высота уступа $H_у$, м	
Высота выемочного слоя h, м	
Количество слоев выемки забоя $n_с$	
Откорректированная высота уступа $H_у^к$, м	
Откорректированное значение угла наклона стрелы при отработке верхнего слоя $\rho_в^к$, град	
Длина стружки $l_с$, м	
Угол откоса забоя $\alpha_з$, град.	
Ширина заходки A, м	
Техническая производительность экскаватора $Q_т$, м^3/ч	
Эксплуатационная производительность экскаватора $Q_{см}$, м^3/смена	

Контрольные вопросы

1. Перечислите технологические и рабочие параметры роторных экскаваторов.
2. Где применяются роторные экскаваторы? Приведите технологические схемы работы роторных экскаваторов.
3. Каковы удельные усилия копания у роторных экскаваторов?
4. Приведите схемы выемки пород в забое и области их применения.
5. Приведите классификацию роторных экскаваторов.

6. Как рассчитывается высота выемочного слоя при выемке вертикальными и горизонтальными стружками?
7. Как рассчитывается высота уступа роторного экскаватора?
8. Как рассчитывается и от каких факторов зависит ширина заходки роторного экскаватора?
9. Назовите интервалы значений углов наклона стрелы роторного экскаватора при отработке верхнего слоя и слоя на уровне стояния экскаватора.
10. Как рассчитывается техническая производительность роторных экскаваторов и от каких факторов она зависит?
11. Что учитывает коэффициент влияния забоя и какие значения он принимает?
12. Как рассчитывается эксплуатационная производительность роторных экскаваторов и какие факторы она учитывает?

Список использованной литературы

1. Ржевский В. В. Открытые горные работы: Производственные процессы: учебник. – 7-е изд. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 512 с. (Классика инженерной мысли: горное дело).
2. Репин Н. Я., Репин Л. Н. Выемочно-погрузочные работы: учеб. пособие. – М.: Горная книга, 2010. – 267 с., илл. (Процессы открытых горных работ).
3. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. - М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с., илл.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при проведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» Утв. приказом Ростехнадзора от 11.12.2013 № 599. – Екатеринбург: ИД «УралЮрИздат», 2014. – 212 с.
5. Беляков Ю. И. Выемочно-погрузочные работы на карьерах. – М.: Недра, 1987. – 268 с.
6. Трубецкой К. Н., Леонов Е. Р., Панкевич Ю. Б. Комплексы мобильного оборудования на открытых горных работах. – М.: Недра, 1990. – 255 с.
7. Скреперы: учеб. пособие / Ю. В. Стенин, Н. В. Мартынов, С. А. Арефьев, Е. А. Елькин; под ред. Ю. В. Стенина; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012 . – 80 с.

Содержание

Введение 3

Практическая работа № 1. Расчет рабочего цикла, производительности и парка бульдозеров 4

Практическая работа № 2. Расчет параметров забоев механических лопат в скальных породах 11

Практическая работа № 3. Расчет параметров забоев драглайнов... 24

Практическая работа № 4. Выемка горных пород скреперами..... 32

Практическая работа № 5. Расчет параметров выемки горных пород роторными экскаваторами 44

Список использованной литературы 52

Учебное издание

Юрий Иванович Лель
Юрий Владимирович Стенин
Дмитрий Андреевич Шлохин
Игорь Андреевич Глебов

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Выемочно-погрузочные работы

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Редактор изд-ва *Л. В. Устьянцева*

Подписано в печать 13.03.2019 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84$^{1}/_{16}$.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,3. Уч.-изд. л. 6,25. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Карьерный транспорт

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Екатеринбург

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Карьерный транспорт» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Процессы открытых горных работ» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии карьерного транспорта, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров и выбору карьерного транспорта;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональных параметров карьерного транспорта в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ, наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Практическая работа № 1

РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ЦИКЛА, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПАРКА АВТОСАМОСВАЛОВ

Цель работы: освоить методику расчета продолжительности транспортного цикла, производительности и парка автосамосвалов при перевозке горной массы по заданной трассе.

Задачи работы:

1. Расчет длительности погрузки автосамосвала.
2. Расчет скоростей и продолжительности движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях.
3. Расчет продолжительности транспортного цикла с учетом маневровых операций, операций разгрузки и технологических задержек.
4. Расчет сменной производительности автосамосвалов.
5. Расчет потребного парка автосамосвалов.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 308-323; 2, с. 15-51; 3, с. 157-182] изучить основные технологические параметры карьерных автосамосвалов, условия их эксплуатации и методику расчета производительности.

Исходные условия

Общие условия:

- продолжительность рабочей смены автосамосвала $T_{см} = 8$ ч;
- коэффициент использования сменного времени автосамосвала $k_и = 0{,}70 \div 0{,}75$;
- число смен работы карьера в сутки $n_к = 3$;
- число рабочих дней карьера в году $N_{дн} = 350$;

В соответствии с вариантом (табл. 1.1) задаются:

- годовой грузооборот карьера $A_к$, млн. т/год;
- модель автосамосвала;
- модель экскаватора;
- тип горных пород: рыхлые (I и II категории по ЕНВ) – нечетные варианты;

  скальные (III, IV и V категории по ЕНВ) – четные варианты;
- плотность пород в целике γ, т/м^3 (рыхлые $\gamma = 1{,}4 \div 1{,}8$ т/м^3; скальные $\gamma = 2{,}0 \div 3{,}5$ т/м^3, конкретное значение γ выбирается самостоятельно);
- параметры пяти участков трассы транспортирования, включающие:
  - тип дорожного покрытия;
  - расстояние транспортирования l, км;
  - уклон участка i, доли ед.

Таблица 1.1

Исходные данные к практической работе № 1

Номер задания	$A_к$, млн т	Модель		Участки														
				1			2			3			4			5		
		автосамосвала БелАЗ-	экскаватора ЭКГ-	тип покр.	i_1	l_1, км	тип покр.	i_2	l_2, км	тип покр.	i_3	l_3, км	тип покр.	i_4	l_4, км	тип покр.	i_5	l_5, км
1	6	7540D	5А	Забойные дороги (Б/П)	0	0,8	Щ	0,080	1,5	А/Б	-0,030	1,2	А/Б	0,010	0,5	Отвальные укатанные дороги (Б/П)	0,005	0,3
2	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	1,2	А/Б	-0,030	1,0	А/Б	0,010	0,6		0,005	0,4
3	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,030	0,8	А/Б	0,010	0,7		0,005	0,5
4	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	0,8	А/Б	-0,030	1,2	А/Б	0,010	0,3		0,005	0,3
5	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,030	1,0	А/Б	0,010	0,5		0,005	0,4
6	12	7547	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,5	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,005	0,5		0	0,3
7	12	7547	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,2	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,005	0,6		0	0,4
8	12	7547	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,0	Щ	-0,040	0,8	Щ	0,005	0,7		0	0,5
9	12	7555В	8И		0	0,6	А/Б	0,075	0,8	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,005	0,3		0	0,3
10	12	7555В	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,0	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,005	0,5		0	0,4
11	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,5	Щ	-0,035	1,2	Щ	0,005	0,5		0,007	0,3
12	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,2	Щ	-0,035	1,0	Щ	0,005	0,6		0,007	0,4
13	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,0	Щ	-0,035	0,8	Щ	0,005	0,7		0,007	0,5
14	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	0,8	Щ	-0,035	1,2	Щ	0,005	0,3		0,007	0,3
15	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,0	Щ	-0,035	1,0	Щ	0,005	0,5		0,007	0,4
16	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,5	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,020	0,5		0	0,3
17	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,2	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,020	0,6		0	0,4
18	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,0	Щ	-0,040	0,8	Щ	0,020	0,7		0	0,5
19	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	0,8	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,020	0,3		0	0,3
20	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,0	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,020	0,5		0	0,4
21	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,5	А/Б	-0,050	1,2	А/Б	0,015	0,5		0,006	0,3
22	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,2	А/Б	-0,050	1,0	А/Б	0,015	0,6		0,006	0,4
23	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,050	0,8	А/Б	0,015	0,7		0,006	0,5
24	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	0,8	А/Б	-0,050	1,2	А/Б	0,015	0,3		0,006	0,3
25	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,050	1,0	А/Б	0,015	0,5		0,006	0,4

Щ – щебеночное покрытие; А/Б – асфальтобетонное покрытие; Г– грунтовое покрытие; Б/П – временные автодороги без покрытия

Порядок выполнения работы

1. Рассчитывается длительность погрузки автосамосвала $t_{\text{п}}$, мин:

$$t_{\text{п}} = \frac{t_{\text{ц}}^{\text{э}}(n_{\text{ц}} - 0{,}5)}{60}, \qquad (1.1)$$

где $t_{\text{ц}}^{\text{э}}$ – продолжительность цикла экскавации, с (см. табл. 1.2); $n_{\text{ц}}$ – принятое количество ковшей (циклов) для загрузки автосамосвала.

Количество циклов экскавации для полной загрузки автосамосвала по грузоподъемности $n_{\text{г}}$ рассчитывается по формуле

$$n_{\text{г}} = \frac{q_{\text{а}} k_{\text{р}}}{E k_{\text{н}} \gamma}, \qquad (1.2)$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т; $k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора; γ – плотность пород в целике, т/м^3; $k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора.

Таблица 1.2

Продолжительность цикла экскавации

Вместимость ковша экскаватора E, м^3	Продолжительность цикла экскавации ($t_{\text{ц}}^{\text{э}}$, с) для пород	
	рыхлых	скальных
5	24	29
8	27	32
10	29	35
12	32	38
15	35	42

Значения $k_{\text{н}}$ и $k_{\text{р}}$ принимается по табл. 1.3 в зависимости от принятой γ и категории пород.

Таблица 1.3

Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)

Категория пород	Плотность пород в целике, γ т/м^3	$k_{\text{р}}$	$k_{\text{н}}$
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

Количество циклов для полной загрузки автосамосвала по вместимости кузова $n_{\text{е}}$ рассчитываются по формуле

$$n_{\text{е}} = \frac{V'_{\text{а}} \cdot 0{,}9}{Ek_{\text{н}}}, \tag{1.3}$$

где $V'_{\text{а}}$ – вместимость кузова автосамосвала «с шапкой», м^3 (см. табл. 1.4).

Затем сравниваются значение $n_{\text{г}}$, вычисленное по формуле (1.2), и $n_{\text{е}}$, вычисленное по формуле (1.3), выбирается меньшее и округляется до целого числа $n_{\text{ц}}$.

Масса груза в кузове автосамосвала $q_{\text{а}}^{\text{ф}}$, т

$$q_{\text{а}}^{\text{ф}} = \frac{Ek_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} n_{\text{ц}} \gamma. \tag{1.4}$$

Осуществляется проверка

$$q_{\text{а}}^{\text{ф}} \le q_{\text{а}}, \tag{1.5}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

Таблица 1.4

Параметры карьерных автосамосвалов

Модель автосамосвала	Параметры						
	$q_{\text{а}}$, т	$G_{\text{а}}$, т	$V_{\text{а}}$	$V'_{\text{а}}$, м^3	Nд, кВт	$\eta_{\text{т}}$	$R_{\min}$, м
БелАЗ-7540D	30	22,6	15,1; 24,7	19,2; 28,2	290	0,78	8,7
БелАЗ-7547	45	33,1	21,5; 28,5; 35,9	26,5; 33,9; 43,3	368	0,78	10,2
БелАЗ-7555В	55	40,5	22,7; 28,0	33,9; 37,3	522	0,78	9,0
БелАЗ-75570	90	74,0	37,7; 44,5	53,3; 60	783	0,78	11,0
БелАЗ-7513	136	108,6	45,5; 50,1; 55,0; 59,6; 103,8	71,2; 75,5; 80,0; 84,0; 134,8	1193	0,85	13,0
БелАЗ-75170	160	134,0	65,6	96,5	1491	0,85	14,0

Коэффициент использования грузоподъемности автосамосвала $k_{\text{г}}$

$$k_{\text{г}} = q_{\text{а}}^{\text{ф}} / q_{\text{а}}. \tag{1.6}$$

2. Рассчитываются скорости движения на участках трассы, продолжительности движения по каждому участку в грузовом и порожняковом направлениях и длительность транспортного цикла автосамосвала.

2.1. Изображается схема трассы движения автосамосвала, на которой указывается длина и уклон каждого участка, а также тип дорожного покрытия на участке. Пример схемы трассы движения представлен на рис. 1.1.

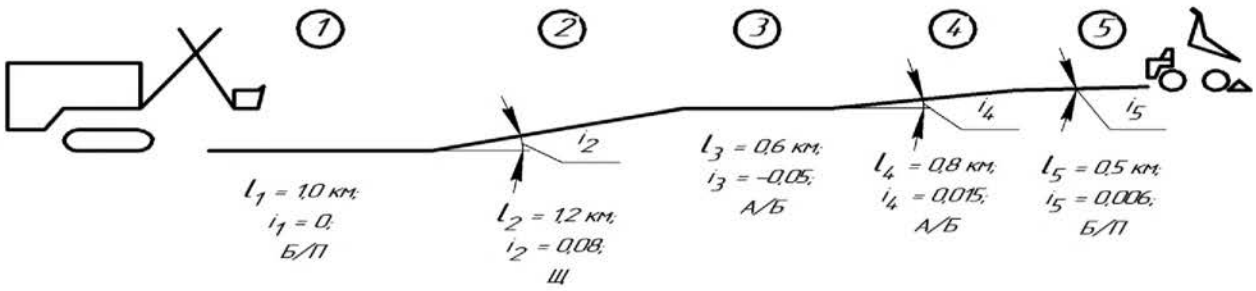


Рис. 1.1. Схема трассы движения (пример)

2.2. Производится расчет скоростей и продолжительности движения по каждому участку трассы. Заполняется табл. 1.5 «Расчет скоростей движения.

Таблица 1.5

Расчет скоростей движения

Показатель	Направление движения в участке											
	грузовое						порожняковое					
	1	2	3	4	5	итого	1	2	3	4	5	итого
Длина участка l, м												
Уклон i, доли ед.												
Коэффициент сопротивления качению ω_o, доли ед.												
Динамический фактор $D = \omega_o \pm i$												
Режим движения на участке (тяги – Т, торможения – Б, выбега – В)												
Коэффициент сцепления φ, доли ед.												
Скорость на участке v, км/ч:												
по расчету												
принятая												
Время движения на участке t:												
ч												
мин												

Примечание. Коэффициент φ указывается только для участков с движением машин в режиме торможения

2.2.1. Коэффициент основного сопротивления движению (сопротивления качению) груженых автосамосвалов принимается по экспериментальным данным из табл. 1.6 в зависимости от типа дорожного покрытия и грузоподъемности автосамосвалов.

Таблица 1.6

Коэффициенты сопротивления качению (основного сопротивления) груженых автосамосвалов $\left(\omega_o^г\right)$

Тип дорожного покрытия	Грузоподъемность автосамосвала, т			
	30	45-55	90	130-154
Забойные и отвальные дороги (Б/П)	0,035-0,043	0,039-0,046	0,041-0,049	0,043-0,051
Грунтовое (Г)	0,028-0,034	0,031-0,037	0,033-0,041	0,037-0,043
Щебеночное (Щ)	0,017-0,022	0,019-0,024	0,021-0,026	0,022-0,028
Асфальтобетонное (А/Б)	0,013-0,017	0,015-0,019	0,016-0,020	0,017-0,022

Величину коэффициента сопротивления движению порожних автосамосвалов $\omega_o^п$ (порожняковое направление движения) рекомендуется принимать

$$\omega_o^п \approx 1{,}2\omega_o^г. \tag{1.7}$$

Для каждого участка трассы находится динамический фактор

$$D = \omega_o \pm i, \tag{1.8}$$

где ω_o – коэффициент сопротивления движения груженых (порожних) автосамосвалов (см. табл. 1.6); i – уклон участка трассы в долях ед.

2.2.2. Определяется режим движения на каждом участке:

если $D > 0$ – режим тяги (Т);

если $D < 0$ – режим торможения (Б);

если $D = 0$ – режим выбега (В).

2.2.3. Рассчитывается скорость движения на каждом участке трассы.

При режиме тяги скорость на участке (v, км/ч) рассчитывается по формуле

$$v = \frac{0{,}367 N_д \eta_т}{(G_a + k_г q_a)(\omega_o \pm i)}, \tag{1.9}$$

где $N_д$ – мощность двигателя автосамосвала, кВт; $\eta_т$ – к.п.д. трансмиссии автосамосвала; G_a – собственная масса автосамосвала, т; q_a – грузоподъемность автосамосвала, т; $k_г$ – коэффициент использования грузоподъемности.

Величины $N_д$, $\eta_т$, G_a, q_a, V_a и V' принимаются из таблицы 1.4.

Для порожних автосамосвалов $k_г = 0$.

При режиме торможения (Б) скорость на участке рассчитывается по формуле

$$v = 32(\varphi + D)\left(2\sqrt{0{,}25 + \frac{L_и}{46{,}5(\varphi + D)}} - 1\right), \tag{1.10}$$

где v – скорость, км/ч; φ – коэффициент сцепления колес с дорогой; D – динамический фактор (принимается со своим знаком); $L_и$ – безопасный интервал между автосамосвалами, м.

Коэффициент сцепления принимать по табл. 1.7 в зависимости от типа покрытия.

Таблица 1.7

Значения коэффициента сцепления

Коэффициент сцепления (φ) для покрытия			
забойные и отвальные дороги (Б/П)	грунтовое (Г)	щебеночное (Щ)	асфальтобетонное (А/Б)
0,25-0,65	0,40-0,65	0,45-0,75	0,40-0,70

Безопасный интервал между автомобилями (тормозной путь)

$$L_и = 80 \div 120 \text{ м}.$$

При режиме наката (B) скорость принимается равной скорости на предыдущем участке трассы.

Ограничения скорости:

на внутрикарьерных дорогах – 35 км/ч,

на поверхности – 50 км/ч.

Принимаем:

участки 1-3 – внутри карьера;

участки 4-5 – на поверхности.

2.2.4. Рассчитывается время движения по каждому участку t_i ,ч:

$$t_i = l_i / v_i \text{ , ч.} \quad (1.11)$$

Время движения в мин

$$t_i = 60\, l_i / v_i \text{ , ч.} \quad (1.12)$$

где l_i – длина участка, км; v_i – скорость, км/ч.

2.3. Рассчитывается среднетехническая скорость движения $v_{\text{ср.т}}$, км/ч:

$$v_{\text{ср.т}} = 2\sum_{i=1}^{5} l_i \Big/ \left(t_{\text{д}}^{\text{г}} + t_{\text{д}}^{\text{п}}\right), \quad (1.13)$$

где $t_{\text{д}}^{\text{г}}$ и $t_{\text{д}}^{\text{п}}$ – суммарное время движения автосамосвала соответственно в грузовом и порожняковом направлении, ч.

2.4. Рассчитывается длительность транспортного цикла автосамосвала $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$, мин

$$T_{\text{ц}}^{\text{а}} = t_{\text{п}} + t_{\text{д}}^{\text{г}} + t_{\text{д}}^{\text{п}} + t_{\text{п}}^{\text{г}} + t_{\text{п}}^{\text{п}} + t_{\text{т.з}} + t_{\text{р}} + t_{\text{м.п}} + t_{\text{м.р}}, \quad (1.14)$$

где $t_{\text{п}}^{\text{г}}$ и $t_{\text{п}}^{\text{п}}$ – поправки на периоды неустановившегося движения соответственно в грузовом и порожняковом направлениях, м.

Принимаются:

$$t_{\text{п}}^{\text{г}} = n(0{,}3 \div 0{,}4); \quad (1.15)$$

$$t_{\text{п}}^{\text{п}} = n(0{,}2 \div 0{,}3), \quad (1.16)$$

где n – количество участков;

$t_{\text{м.п.}}$, $t_{\text{м.р}}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку автосамосвала, мин;

Принимаются:

при погрузке

$t_{\text{м.п}} \approx 0{,}053 R_{\min}$, мин. – для петлевого подъезда; (1.17)

$t_{\text{м.п}} \approx 0{,}058 R_{\min}$, мин. – для тупикового подъезда; (1.18)

при разгрузке

$$t_{\text{м.р}} \approx 0{,}063\, R_{\min}. \quad (1.19)$$

где $R_{\min}$ – минимальный конструктивный радиус поворота автосамосвала (см. табл. 1.4); $t_{\text{р}}$ – длительность разгрузки, м ($t_{\text{р}} \approx 1$ мин для всех моделей автосамосвалов); $t_{\text{т.з}}$ – длительность технологической задержек за рейс, мин ($t_{\text{т.з}} \approx 3{,}0 \div 3{,}5$ мин).

3. Рассчитывается сменная производительность автосамосвала $Q_{\text{см}}$, т/смену:

$$Q_{\text{см}} = \frac{60 T_{\text{см}}}{T_{\text{ц}}^{\text{а}}} k_{\text{и}} q_{\text{а}}^{\text{ф}}, \qquad (1.20)$$

где $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$ – продолжительность транспортного цикла, мин; $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени; $q_{\text{а}}^{\text{ф}}$ – масса груза в кузове автосамосвала, т.

4. Рассчитывается парк карьерных автосамосвалов.

4.1. Определяется расчетный сменный грузооборот карьера $\Gamma_{\text{р}}$, т/смену:

$$\Gamma_{\text{р}} = \frac{10^6 A_{\text{к}}}{N_{\text{дн}} n_{\text{к}}} k_{\text{нер}}, \qquad (1.21)$$

где $A_{\text{к}}$ – годовой грузооборот карьера, млн. т/год; $k_{\text{нер}}$ – коэффициент неравномерности ($k_{\text{нер}}$ = 1,15÷1,20); $N_{\text{дн}}$ – число рабочих дней карьера в году; $n_{\text{к}}$ – число смен работы карьера в сутки.

4.2. Линейный парк машин $N_{\text{л}}^{\text{а}}$, шт.

$$N_{\text{л}}^{\text{а}} = \Gamma_{\text{р}} / Q_{\text{см}}, \qquad (1.22)$$

где $\Gamma_{\text{р}}$ – расчетный грузооборот карьера, т/смену; $Q_{\text{см}}$ – сменная производительность автосамосвала, т/смену.

4.3. Рабочий парк машин $N_{\text{р}}^{\text{а}}$

$$N_{\text{р}}^{\text{а}} = \frac{n_{\text{к}}}{n_{\text{а}}} N_{\text{л}}^{\text{а}}, \qquad (1.23)$$

где $n_{\text{а}}$ – число смен работы автопарка в сутки ($n_{\text{а}}$ = 3 или $n_{\text{а}}$ = 2).

4.4. Рассчитывается списочный парк машин $N_{\text{с}}^{\text{а}}$, шт.:

$$N_{\text{с}}^{\text{а}} = \frac{N_{\text{р}}^{\text{а}}}{k_{\text{т.г}}}, \qquad (1.24)$$

где $k_{\text{к.г}}$ – коэффициент технической готовности, принимается по данным института Гипроруда в зависимости от грузоподъемности и суточного пробега автосамосвала (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Значения коэффициентов $k_{\text{т.г}}$

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значение $k_{\text{т.г}}$ при суточном пробеге $L_{\text{сут}}$, км						
	50	100	150	200	250	300	350
30 – 55	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
90	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
130 и >	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

Суточный пробег одной машины $L_{\text{сут}}$, км

$$L_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{см}} n_{\text{а}}}{q_{\text{а}}^{\text{ф}} \beta} L, \qquad (1.25)$$

где β – коэффициент использования пробега (β = 0,44÷0,48); L – расстояние транспортирования, км.

5. Годовой пробег автопарка $L_г$, тыс. км:

$$L_г = \frac{10^3 A_к}{q_а^ф \beta} L, \qquad (1.26)$$

где $A_к$ – годовой грузооборот карьера, млн. т; L – расстояние транспортирования, км.

6. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется схемой трассы движения автосамосвалов (см. рисунок). Исходные условия и расчетные показатели работы автотранспорта сводятся в таблицу (табл. 1.9).

Таблица 1.9

Расчетные показатели работы автотранспорта

Показатель	Значения
1	2
Исходные условия	
Годовой грузооборот карьера $A_к$, млн. т/год	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность автосамосвала $q_а$, т	
Вместимость кузова автосамосвала, м^3:	
геометрическая $V_а$	
с «шапкой» $V'_а$	
Вместимость ковша экскаватора E, м^3	
Тип горных пород	
Категория пород по ЕНВ	
Плотность пород в целике γ, т/м^3	
Продолжительность рабочей смены $T_{см}$,ч	
Коэффициент использования сменного времени $k_и$	
Число рабочих дней карьера в году $N_{ди}$	
Число смен работы карьера в сутки $n_к$	
Число смен работы автопарка в сутки $n_а$	
Расчетные показатели	
1. Показатели загрузки автосамосвала	
1.1. Продолжительность цикла экскавации $t_ц^э$, с	
1.2. Коэффициент наполнения ковша экскаватора $k_н$	
1.3. Коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора $k_р$	
1.4. Число загружаемых ковшей:	
по грузоподъемности $n_г$	
по вместимости кузова автосамосвала $n_е$	
1.5. Принято ковшей для расчета загрузки автосамосвала $n_ц$	

Окончание табл. 1.9

1	2
1.6. Масса груза в кузове автосамосвала $q_{\text{а}}^{\text{ф}}$, т	
1.7. Коэффициент использования грузоподъемности $k_{\text{г}}$	
2. Длительность элементов транспортного цикла	
2.1. Погрузка $t_{\text{п}}$, мин	
2.2. Движение с грузом $t_{\text{д}}^{\text{г}}$, мин	
2.3. Движение порожняком $t_{\text{д}}^{\text{п}}$, мин	
2.4. Поправки на периоды неустановившегося движения, мин:	
с грузом $t_{\text{п}}^{\text{г}}$	
порожняком $t_{\text{п}}^{\text{п}}$	
2.5. Технологические задержки $t_{\text{т.з}}$, мин	
2.6. Маневры при установке на погрузку $t_{\text{м.п}}$, мин	
2.7.2.7. Маневры при установке на разгрузку $t_{\text{м.р}}$, мин	
2.8. Продолжительность разгрузки $t_{\text{р}}$, мин	
2.9. Продолжительность транспортного цикла $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$, мин	
2.10. Среднетехническая скорость движения $v_{\text{ср.т}}$, км/ч	
3. Сменная производительность автосамосвала $Q_{\text{см}}$, т/смену	
4. Расчет парка автосамосвалов	
4.1. Расчетный сменный грузооборот карьера $Г_{\text{р}}$, т/смену	
4.2. Линейный парк машин $N_{\text{л}}^{\text{а}}$, шт.	
4.3. Рабочий парк машин $N_{\text{р}}^{\text{а}}$, шт.	
4.4. Коэффициент использования пробега β	
4.5. Суточный пробег одной машины $L_{\text{сут}}$, км	
4.6.Коэффициент технической готовности $k_{\text{т.г}}$	
4.7.Списочный парк автосамосвалов $N_{\text{с}}^{\text{а}}$, шт.	
4.8. Годовой пробег автопарка $L_{\text{г}}$, тыс. км	

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите предпочтительную область применения автомобильного транспорта как самостоятельного способа перемещения горной массы и как сборочного звена в комбинированных транспортных системах карьеров.
2. Перечислите достоинства и недостатки карьерного автомобильного транспорта.
3. Назовите основные технологические параметры карьерного автомобильного транспорта.
4. Каково рациональное соотношение между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора и от каких факторов оно зависит?
5. Как рассчитывается необходимое количество циклов экскавации для полной загрузки автосамосвала?
6. Из каких элементов состоит транспортный цикл автосамосвала?

7. Какими характеристиками оценивается технологическая трасса движения карьерных автосамосвалов?
8. От каких факторов зависит величина продольных уклонов карьерных автодорог? Каковы их значения для автосамосвалов с колёсной формулой 4×2?
9. Какими показателями оценивается качество дорожного покрытия в технологических расчетах карьерного автотранспорта?
10. Как определяется динамический фактор автосамосвала? Какие значения принимает динамический фактор при различных режимах движения?
11. Как рассчитывается скорость автосамосвала при различных режимах движения (тяговом, тормозном, режиме выбега)?
12. Как рассчитываются сменная производительность автосамосвала, рабочий и списочный парк?
13. От каких факторов зависит коэффициент технической готовности автосамосвала?
14. Как определяется коэффициент использования пробега?

Практическая работа № 2

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА

Цель работы: освоить методику расчета расхода дизельного топлива карьерными автосамосвалами и энергетической оценки карьерного автотранспорта.

Задачи работы:

1. Расчет расхода дизтоплива на отдельных элементах транспортного цикла.
2. Расчет расхода дизтоплива за рейс.
3. Расчет годового расхода дизтоплива по парку автосамосвалов.
4. Расчет удельного расхода дизтоплива на 1 т перевезенного груза и 1 ткм грузооборота.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [3, с. 129-135; 4, с. 164-171] изучить основные факторы, определяющие топливную экономичность карьерного автотранспорта, и методику расчета расхода дизельного топлива карьерными автосамосвалами.

Исходные условия

Исходные условия принимаются в соответствии с заданным вариантом из практической работы № 1 «Расчет продолжительности транспортного цикла, производительности и парка автосамосвалов». В качестве исходных данных используются также результаты расчетов, полученных в данной работе.

Дополнительные данные (табл. 2.1):

- удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя $g_н$, г/кВт·ч;
- удельный расход топлива на холостом ходу двигателя при погрузке и ожидании погрузки (полный холостой ход) $g_х$, л/ч;
- удельный расход топлива на холостом ходу двигателя в тормозном режиме порожних автосамосвалов $g_х^п$, л/ ч;
- удельный расход топлива на холостом ходу двигателя в тормозном режиме груженых автосамосвалов $g_х^г$, л/ ч;
- плотность дизельного топлива ρ, кг/л (ρ = 0,83 кг/л).

По данным экспериментальных исследований принимается:

$$g_х^п \approx (1{,}3 \div 1{,}5) g_х; \qquad (2.1)$$

$$g_х^г \approx (1{,}6 \div 1{,}8) g_х. \qquad (2.2)$$

Удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя ($g_н$, г/кВт·ч) является паспортной величиной, характеризующей фактический расход топлива для получения 1 кВт·ч полезной работы, и определяется из выражения

$$g_н = \frac{3600}{Q_{дт} \eta_e}, \qquad (2.3)$$

где $Q_{дт}$ – теплота сгорания дизельного топлива, кДж/г ($Q_{дт}$ = 43,5 кДж/г); η_e – эффективный к.п.д. двигателя.

Отсюда

$$\eta_e = \frac{3600}{g_н Q_{дт}} \cdot 100\ \%. \qquad (2.4)$$

Для дизельных двигателей, применяемых на автосамосвалах БелАЗ $g_н$ = 207÷247 г/кВт·ч, а η_e = 33,5÷40 %.

Таблица 2.1

Показатели расхода дизельного топлива карьерными автосамосвалами

Модель автосамосвала	Модель двигателя	Показатели расхода топлива	
		$g_н$, г/кВт·ч	$g_х$, л/ ч
БелАЗ-7540D (30 т)	BF8M1015 (Deutz)	247	4,7
БелАЗ-7547 (45 т)	ЯМЗ-240НМ2	224	7,6
БелАЗ-7555В (55 т)	КТТА-19с	209	9,2
БелАЗ-75570 (90 т)	QST30-c	207	12,7
БелАЗ-7513 (136 т)	QSK45-c	209	20,8
БелАЗ-75170 (160 т)	QSK 45-c	209	26,2

Порядок выполнения работы

1. По результатам расчетов, выполненных в практической работе № 1, заполняется таблица 2.2, в которую заносится длина участка (l, км), режим движения на участке, значение динамического фактора (D) и скорость движения на участке (v, км/ч).

2. Рассчитывается расход топлива груженых и порожних автосамосвалов при движении по горизонтальным участкам и на подъем в тяговом режиме (Т) при $D > 0$

$$Q_г(Q_п) = \frac{g_н(G_a + k_г q_a)(\omega_o + i)}{3{,}67 \cdot 10^2 \eta_т \rho} l, \qquad (2.5)$$

где $Q_г$, $Q_п$ – расход топлива на участке соответственно груженого или порожнего автосамосвала, л; $\eta_т$ – к.п.д. трансмиссии; G_a – собственная масса автосамосвала, т; $k_г$ – коэффициент использования грузоподъемности; q_a – грузоподъемность автосамосвала, т; ρ – плотность дизтоплива, кг/л; $g_н$ – удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя, г/кВт·ч; l – длина участка, км.

3. Рассчитывается расход дизельного топлива груженых и порожних автосамосвалов при движении на спуск в тяговом режиме (Т) при $D > 0$

Таблица 2.2

Показатели расхода дизтоплива на движение автосамосвалов

Участок	l, км	Показатели для направлений							
		с грузом				порожняком			
		D	режим движения	v, км/ч	$Q_г$, л	D	режим движения	v, км/ч	$Q_п$, л
1									
2									
3									
4									
5									
Всего									

$$Q_г(Q_п) = \max\begin{cases} \dfrac{g_н(G_а + k_г q_а)(\omega_о - i)}{3{,}67 \cdot 10^2 \eta_т \rho} l \\ \dfrac{g_х^г(g_х^п)}{v} l; \end{cases} \quad (2.6)$$

где $g_х^г$, $g_х^п$ – удельный расход топлива на холостом ходу двигателя в тормозном режиме соответственно груженых или порожних автосамосвалов, л/ч; v – скорость автосамосвала на участке, км/ч; l – длина участка, км.

4. Рассчитывается расход топлива при движении груженых или порожних автосамосвалов в тормозном режиме (Б) или режиме выбега (В) при $D < 0$

$$Q_г(Q_п) = \frac{g_х^г(g_х^п)}{v} l \ . \quad (2.7)$$

5. Рассчитывается расход топлива на движение

$$Q_д = \sum_{i=1}^{5} Q_{дi}^г + \sum_{i=1}^{5} Q_{дi}^п, \quad (2.8)$$

где $Q_{дi}^г$ – расход топлива груженого автосамосвала на i-ом участке трассы, л;

$Q_{дi}^п$ – расход топлива порожнего автосамосвала на i-ом участке трассы, л.

Полученные значения заносятся в табл. 2.2.

6. Рассчитывается расход топлива при погрузке автосамосвала и технологических задержках ($Q_п$, л)

$$Q_п = \frac{g_х(t_п + t_{т.з})}{60}, \quad (2.9)$$

где $g_х$ – удельный расход топлива на холостом ходу двигателя при погрузке и ожидании погрузки, л/ч; $t_п$, $t_{т.з}$ – продолжительность соответственно погрузки и технологических задержек, мин.

7. Рассчитывается расход топлива при разгрузке и на маневровых операциях

$$Q_i = \frac{g_н N_д k_{Ni} k_п}{1000\rho} \times \frac{t_i}{60}, \quad (2.10)$$

где Q_i – расход топлива на i-ом режиме, л; $N_д$ – мощность двигателя, кВт; k_{Ni} – коэффициент использования мощности двигателя на i-ом режиме (табл. 2.3); t_i – продолжительность работы на i-ом режиме, мин.; $k_п$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменение $g_н (k_п = 1{,}1 \div 1{,}2)$.

Таблица 2.3

Значения коэффициентов использования мощности двигателя (k_{Ni}) на различных режимах

Характеристика режима	k_{Ni}
Разгрузка	0,06–0,08
Маневры при установке на разгрузку	0,35–0,40
Маневры при установке на погрузку	0,10–0,12

Расход топлива при разгрузке $Q_р$, л

$$Q_р = \frac{g_н N_д k_{Ni} k_п t_р}{6 \cdot 10^4 \rho}. \quad (2.11)$$

где $t_р$ – продолжительность разгрузки автосамосвала, мин.

Расход топлива на маневровых операциях при установке на разгрузку $Q_{м.р}$, л

$$Q_{м.р} = \frac{g_н N_д k_{Ni} k_п t_{м.р}}{6 \cdot 10^4 \rho}, \quad (2.12)$$

где $t_{м.р}$ – продолжительность маневров при установке на разгрузку, мин.

Расход топлива на маневровых операциях при установке на погрузку $Q_{м.п}$, л

$$Q_{мп} = \frac{g_н N_д k_{Ni} k_п t_{м.п}}{6 \cdot 10^4 \rho}, \quad (2.13)$$

где $t_{м.п}$ – продолжительность маневров при установке на погрузку, мин.

8. Рассчитывается расход топлива за рейс $Q_ц$, л

$$Q_ц = Q_д + Q_п + Q_р + Q_{мп} + Q_{мр}. \quad (2.14)$$

9. Рассчитывается годовой расход топлива $Q_г$, т

$$Q_г = \frac{10^3 Q_ц \rho A_к k_д}{k_г q_а}, \quad (2.15)$$

где $Q_ц$ – расход топлива автосамосвалом за рейс, л; $A_к$ – годовой грузооборот карьера, млн. т; $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т; $k_г$ – коэффициент использования грузоподъемности; ρ – плотность топлива, кг/л; $k_д$ – коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива на нулевые пробеги и внутригаражные нужды ($k_д = 1{,}1 \div 1{,}2$).

10. Рассчитывается удельный расход топлива:

– на 1 т перевезенного груза $q_у$, г/т:

$$q_{\text{у}} = Q_{\text{г}} / A_{\text{к}}, \qquad (2.16)$$

где $Q_{\text{г}}$ – годовой расход топлива по парку автосамосвалов, т; $A_{\text{к}}$ – годовой грузооборот карьера, млн. т.

– на 1 ткм грузооборота $q_{\text{у}}$, г/ткм

$$q_{\text{у}} = Q_{\text{г}} / A_{\text{к}} L, \qquad (2.17)$$

где L – расстояние транспортирования, км.

11. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Исходные условия и расчетные показатели расхода топлива карьерными автосамосвалами сводятся в таблицу (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Расчетные показатели расхода топлива карьерными автосамосвалами

Показатели	Значения
1	2
Исходные условия	
Годовой грузооборот карьера $A_{\text{к}}$, млн. т/год	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность автосамосвала $g_{\text{а}}$, т	
Коэффициент использования грузоподъемности $k_{\text{г}}$	
Модель двигателя	
Мощность двигателя $N_{\text{д}}$, кВт	
Удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя $g_{\text{н}}$, г/кВт·ч	
Удельный расход топлива на холостом ходу двигателя (полный холостой ход) $g_{\text{х}}$, л/ч	
Коэффициент использования мощности двигателя при:	
разгрузке $k_N^{\text{р}}$	
маневрах при установке на погрузку $k_N^{\text{п}}$	
маневрах при установке на разгрузку $k_N^{\text{р}}$	
Плотность дизельного топлива ρ , кг/л	
Коэффициенты дополнительного расхода топлива на нулевые пробеги и внутрикарьерные нужды $k_{\text{д}}$	
Расчетные показатели	
Расход топлива на движение $Q_{\text{д}}$, л:	
в том числе в грузовом направлении $Q_{\text{д}}^{\text{г}}$	
в порожняковом направлении $Q_{\text{д}}^{\text{п}}$	
Расход топлива при погрузке и технологических задержках $Q_{\text{п}}$, л	
Расход топлива при разгрузке $Q_{\text{р}}$, л	
Расход топлива на маневровых операциях при погрузке $Q_{\text{м.п}}$, л	
Расход топлива на маневровых операциях при разгрузке $Q_{\text{м.р}}$, л	
Расход топлива за рейс $Q_{\text{ц}}$, л	
Годовой расход топлива по парку автосамосвалов $Q_{\text{г}}$, т	

Продолжение табл. 2.4

1	2
Удельный расход топлива:	
на 1 т перевезенного груза $q_у$, г/т	
на 1 ткм грузооборота $q_у$, г/ткм	

Контрольные вопросы и задания

1. Какие факторы определяют расход топлива карьерными автосамосвалами при движении в тяговом режиме на подъем и по горизонтальным автодорогам?
2. Как определяется расход топлива карьерными автосамосвалами при движении на спуск в тормозном режиме или режиме выбега?
3. Как рассчитывается расход топлива карьерными автосамосвалами при погрузке и в периоды технологических задержек?
4. Что показывает удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя, как он определяется и в каких единицах измеряется?
5. Как определяется эффективный к.п.д. дизельных двигателей карьерных автосамосвалов? Укажите примерные значения эффективного к.п.д. современных дизельных двигателей карьерных автосамосвалов.
6. Как рассчитывается расход топлива карьерными автосамосвалами при разгрузке и на маневровых операциях?
7. Назовите составляющие расхода топлива карьерными автосамосвалами за транспортный цикл.
8. Как определяется удельный расход топлива карьерными автосамосвалами на 1 т перевезенного груза и на единицу грузооборота?
9. В каком диапазоне изменяется удельный расход дизтоплива (г/ткм) современных карьерных автосамосвалов?
10. От каких факторов зависит топливная экономичность карьерных автосамосвалов? Назовите основные пути снижения удельного расхода топлива карьерными автосамосвалами.

Практическая работа № 3

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Цель работы: освоить методику расчета параметров ленточных конвейеров.
Задачи работы:

1. Выбор типа резинотросовой ленты исходя из характера транспортируемого материала (плотности и абразивности).
2. Определение необходимой ширины конвейерной ленты и скорости её движения.
3. Установление количества конвейерных ставов и перегрузочных узлов в расчетном звене конвейерной системы.
4. Определение возможной производительности расчетного звена конвейерной системы при последовательном соединении элементов.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 333-353; 2, с. 95-132; 5, с. 256-265; 6, с. 240-296] изучить основные технологические параметры ленточных конвейеров, условия и область их эксплуатации, а также методику расчета производительности.

Исходные условия

Общие условия:

- транспортирование горных пород ленточным конвейером с резинотросовой лентой;
- последовательное соединение элементов в расчетном звене конвейерной системы.

В соответствии с вариантом (табл. 3.1) задаются:

- наименование транспортируемых пород;
- насыпная плотность $\gamma_н$, т/м;
- абразивность пород (неабразивные, малоабразивные, абразивные, высокоабразивные);
- годовой объем пород в целике, перемещаемый расчетным звеном конвейерной системы $A_г$, тыс. м^3/год; ;
- содержание кусков максимального размера ($a_{max} \geq 450$ мм) μ, %;
- назначение расчетного звена конвейерной системы (забойный, сборочный, подъёмный, магистральный);
- длина расчетного звена $L_з$, м;
- угол наклона расчетного звена α, град;
- угол наклона боковых роликов роликоопоры грузовой ветви конвейера β, град;
- режим работы конвейера.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчетов к работе № 3

«Расчет параметров ленточных конвейеров и определение их производительности»

№ задания	Характеристика пород			Объём перемещаемых пород $A_г$ тыс. $м^3$/год	μ, %	Параметры расчетного звена				Режим работы конвейера, (сутки × смены × часы)
	наименование	$\gamma_н$, т/$м^3$	абразивность *			назначение	$L_з$, м	α, град	β, град	
1	Апатит (полускальная порода)	1,9	А	1700	17	Сборочный	400	17	40	180×2×8
2		1,9	А	2700	16	Магистральный	2500	0	40	180×2×8
3		1,9	А	3500	17	Подъёмный	1500	16	40	180×3×8
4	Вскрышные скальные породы	2,6	В	4100	17	Забойный	800	0	35	180×2×8
5		2,6	В	6700	18	Забойный	600	0	35	180×2×8
6		2,6	В	1000	17	Магистральный	3000	0	35	180×2×8
7	Песок сухой (рыхлая порода)	1,5	М	10800	0	Подъёмный	1000	15	30	180×2×8
8		1,5	М	7600	0	Забойный	400	0	30	180×1×8
9		1,5	М	13800	0	Сборочный	400	0	30	250×1×8
10	Уголь каменный	0,8	М	14700	13	Сборочный	600	0	35	250×2×8
11		0,8	М	11200	10	Забойный	600	0	35	250×2×8
12		0,8	М	8700	16	Магистральный	2000	0	35	250×2×8
13	Глина сырая	1,8	Н	2800	14	Подъёмный	1000	15	30	180×3×8
14		1,8	Н	6000	16	Забойный	600	0	30	250×2×8
15		1,8	Н	2600	17	Сборочный	600	0	30	250 ×1×8
16	Соль каменная	1,5	М	3200	9	Забойный	500	0	35	250×2×8
17		1,5	М	4500	9	Сборочный	500	0	35	250×2×8
18		1,5	М	5200	12	Подъёмный	1000	17	35	250×2×8
19	Известняк	1,6	А	2200	16	Забойный	600	0	40	250×3×8
20		1,6	А	3500	16	Сборочный	400	0	40	180×2×8
21		1,6	А	1700	14	Подъёмный	800	18	40	250×1×8
22	Галька влажная	2,0	М	3000	0	Сборочный	300	0	40	250×1×8
23		2,0	М	2800	0	Подъёмный	800	16	40	250×2×8
24		2,0	М	1800	0	Магистральный	2000	0	40	250×2×8
25		2,0	М	4800	0	Забойный	600	0	40	250×2×8

* Н – неабразивные; М – малоабразивные; А – абразивные; В – высокоабразивные

Порядок выполнения работы

1. В зависимости от характеристик транспортируемых пород (плотности и абразивности) по табл. 3.2 выбирается тип конвейерной ленты.

Таблица 3.2

Условия применения резинотросовых лент (РТЛ)

Тип ленты	Расчетная прочность ленты, Н/мм	Характеристика транспортируемых горных пород
РТЛ-1500	1500	Неабразивные
РТЛ-2500	2500	Малоабразивные
РТЛ-3150, РТЛ-4000	3150, 4000	Абразивные
РТЛ-5000, РТЛ-6000	5000, 6000	Высокоабразивные

2. Определяется необходимая ширина конвейерной ленты и скорость её движения.

2.1. Рассчитывается необходимая часовая производительность конвейера по разрыхленной горной массе $Q_{ч}$, м^3/ч:

$$Q_{ч} = \frac{A_{г} k_{н}}{n_{р} n_{см} T_{см}} k_{р}, \qquad (3.1)$$

где $A_{г}$ – годовой объем пород в целике, перемещаемый расчетным звеном конвейерной системы, м^3/год; $k_{н}$ – коэффициент неравномерности работы карьера ($k_{н}$=1,15…1,25); $n_{р}$ – число рабочих дней в году; $n_{см}$ – количество смен в сутки; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; $k_{р}$ – коэффициент разрыхления породы на ленте конвейера ($k_{р}$ = 1,1…1,2 для рыхлых пород; $k_{р}$ = 1,2…1,3 для полускальных пород; $k_{р}$ = 1,3…1,5 для скальных пород).

2.2. По часовой производительности конвейера рассчитывается необходимая ширина конвейерной ленты $B_{л}$, м:

$$B_{л} = 1{,}1\left(\sqrt{\frac{Q_{ч}}{C_{п} v k_{у}}} + 0{,}05\right), \qquad (3.2)$$

где $C_{п}$ – коэффициент производительности конвейера, зависящий от формы поперечного сечения груза на ленте (коэффициент наполнения лотка конвейера) (табл. 3.3, 3.4); v – скорость движения ленты, м/с (принимается по данным табл. 3.5 в зависимости от физико-механических свойств пород и требуемой производительности конвейера; $k_{у}$ – коэффициент, учитывающий необходимость снижения высоты породы на ленте при угле наклона конвейера $\alpha \geq 12°$ (табл. 3.6).

Таблица 3.3

Значения коэффициента $C_{п}$ на ленте с трехроликовой опорой

Угол породы на ленте φ, град	Значение коэффициента $C_{п}$ при угле наклона боковых роликов β, град			
	20	30	35	45
10	390	475	510	560
15	470	550	580	625
20	550	625	650	690

Таблица 3.4

Значения угла откоса породы на движущейся ленте

Горная порода	Угол откоса породы на ленте φ, град	Наибольший угол наклона конвейера α, град
Апатит	10	24
Галька влажная	15	18
Глина сырая	15—20	18—26
Известняк	15	16—18
Песок сухой	15	16—20
Песок влажный	18—20	20—25
Порода вскрышная скальная	15—20	17
Соль каменная	15—20	18—23
Уголь каменный	18—20	18

Таблица 3.5

Скорость движения конвейерной ленты

Производительность конвейера $Q_ч$, м^3 /ч	Скорость ленты (v, м/с) при транспортировании пород	
	рыхлых	полускальных и скальных
400—750	2,0—3,0	1,5—2,5
1000—2200	3,0—4,0	2,0—3,0
2500—5000	3,0—5,0	2,5-4,0
6000—8500	4,0—7,0	2,5—4,5

Таблица 3.6

Значения коэффициента k_y в зависимости от угла наклона конвейера

Угол наклона конвейера α, град	0	12	14	18
k_y	1	0,98	0,96	0,92

2.3. Производится проверка ширины ленты по кусковатости транспортируемой горной массы:

- при содержании в транспортируемой массе кусков максимального размера μ < 15 %

$$B_л \geq (2{,}3 - 2{,}5)a_{max}; \quad (3.3)$$

- при содержании кусков μ >15 %

$$B_л \geq (3{,}3 - 4{,}0)a_{max}, \quad (3.4)$$

где $B_л$ – ширина конвейерной ленты, м; a_{max} – размер максимального куска, м ($a_{max} = 0{,}40 \ldots 0{,}45$ м).

Из значений ширины конвейерной ленты $B_л$, полученных в пунктах 2.2 и 2.3, выбирается большее и округляется до стандартного значения (табл. 3.7).

2.4. Производится окончательный выбор типа ленты по табл. 3.7 и приводится её техническая характеристика.

Таблица 3.7

Техническая характеристика резинотросовых лент

Параметр	Тип ленты РТЛ					
	-1500У	-2500	-3150	-4000	-5000	-6000
Расчетная прочность ленты, Н/мм	1500	2500	3150	4000	5000	6000
Диаметр троса, мм	6	7,5	8,25	10,6	10,6	12,9
Шаг троса в ленте, мм	15±1,5	14±1,5	14±1,5	20±1,5	17±1,5	18±1,5
Расчетная толщина наружных резиновых обкладок, мм	8	10	10	10	10	14; 16 с рабочей стороны; 8 – с нерабочей
Общая толщина ленты, мм	22	26	29	31	31	35; 37
Расчетная масса 1 м^2 ленты, кг	33	43	49	55	58	70; 72
Расстояние от центра крайнего троса до борта ленты, мм	25	25	25	30	30	30
Ширина ленты, мм	1000±20 1200±20 1600±20 1800±20 2000±20	1000±20 1200±20 1600±20 1800±20 2000±20	– 1200±20 1600±20 1800±20 2000±20	– – 1600±20 1800±20 2000±20	– – 1600±20 1800±20 2000±20	– – 1800±14 2000±14 2500±15

3. В соответствии с принятой шириной конвейерной ленты, скорости её движения, угла наклона конвейера и видом перемещаемой горной массы определяется расчетная производительность конвейера $Q_р$, м^3/ч:

$$Q_р = 3600 F v\, k_а\,, \qquad (3.5)$$

где F– площадь поперечного сечения материала на ленте, м^2; v – скорость ленты, м/с; $k_а$ – поправочный коэффициент, учитывающий снижение площади поперечного сечения материала на ленте наклонного конвейера ввиду обратного осыпания груза (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Значение коэффициента $k_а$

Угол наклона конвейера а, град	0 –10	12	16	18	20	24
$k_а$	1,00	0,98	0,95	0,93	0,92	0,90

При трехроликовой опоре площадь поперечного сечения материала на ленте (F, м^2) определяется из следующих выражений (рис. 3.1):

$$F = F_1 + F_2; \qquad (3.6)$$

$$F_1 = \frac{(a + 2b_1 \cos\beta)^2}{4} \operatorname{tg}\varphi; \quad (3.7)$$

$$F_2 = ab_1 \sin\beta + b_1^2 \sin\beta \cos\beta, \quad (3.8)$$

где a – длина среднего ролика, м; b – длина бокового ролика, м; β – угол наклона боковых роликов, град; b_1 – часть длины бокового ролика, занятая грузом, м; φ – угол откоса породы на ленте, град.

$$a = b. \quad (3.9)$$

$$b_1 \approx b - (0{,}05 \div 0{,}10). \quad (3.10)$$

Параметры роликов конвейерных лент приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Параметры роликов конвейерных лент

Ширина ленты $B_л$, мм	800; 1000	1200;1600	1800; 2000
Длина ролика b, мм	300–350	425–500	550–700

4. В соответствии с расчетной производительностью конвейера, назначением расчетного звена и принятой шириной конвейерной ленты выбирается тип конвейера и приводится его техническая характеристика (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Техническая характеристика ленточных конвейеров для открытых горных работ

Конвейер	Ширина ленты $B_л$, мм	Скорость ленты v, м/с	Производительность по разрыхленной горной массе $Q_р$, м^3/ч	Длина става $L_с$, м
КЛ-600	1000	2,60	600	250; 400; 600
КЛ-800	1200	2,58	800	250; 400; 500; 800
КЛКЗ-1,2	1200	3,56	1500	250; 400; 500; 800
КЛКО-1,2	1200	3,56	1500	250; 400; 500; 750
КЛКМ-1,2	1200	3,56	1500	250; 400; 500; 800
КЛКЗ-1,6	1600	3,56	4000	400; 800
КЛКЗ-1,8	1800	4,35	5000	400; 800
КЛКО-1,8	1800	4,35	5000	700
КЛН-2,0	2000	3,15	4000	450
КЛМ-2,0	2000	3,15	4000	1750
КЛО-2,0	2000	3,15	4000	1900

Примечание: В моделях КЛ-600 и КЛ-800 КЛ – конвейер ленточный универсальный; 600, 800 – часовая производительность в м^3/ч; в моделях КЛКЗ, КЛКО, КДКМ, КЛК – карьерный ленточный конвейер, цифры 1,2; 1,6; 1,8; 2,0 указывают ширину ленты в м; буквы З, О, М означают забойный, отвальный, магистральный; в моделях КЛН, КЛМ, КЛО – конвейер ленточный, буквы Н, М, О означают наклонный, магистральный отвальный

5. Определяется количество конвейерных ставов и количество перегрузочных узлов в расчетном звене конвейерной системы. Количество ставов $n_с$, шт.:

$$n_с = L_з / L_с, \quad (3.11)$$

где $L_з$ –длина расчетного звена, м; $L_с$ – длина става, м (принимается по табл. 3.10).

В технической характеристике приведены максимальные значения длины става, которую можно уменьшить с учетом длины расчетного звена конвейерной линии.

Полученное значение количества ставов округляется до ближайшего большего целого числа, которое принимается за расчетное число ставов $n_{ср}$. Уточняется длина става $L_{ср}$, м:

$$L_{ср} = L_з / n_{ср}, \quad (3.12)$$

где $L_{ср}$ – расчетная длина става, м; $L_з$ – длина расчетного звена конвейерной линии, м; $n_{ср}$ – расчетное число ставов.

Число перегрузочных узлов системы $n_п$, шт.

$$n_п = n_{ср}. \quad (3.13)$$

6. Определяется возможная годовая производительность расчетного звена конвейерной системы $Q_г$, м^3/год:

$$Q_г = Q_р T_{пл} k_г, \quad (3.14)$$

где $Q_р$ – расчетная производительность конвейера, м^3/ч; $T_{пл}$ – планируемое время работы конвейеров в году, ч; $k_г$ – коэффициент готовности системы конвейеров (расчетного звена) к работе.

$$T_{пл} = T_к k_и , \quad (3.15)$$

где $T_к$ – календарное время работы в году, ч (определяется в соответствии с режимом работы конвейерной системы); $k_и$ – коэффициент использования во времени ($k_и$ = 0,80÷0,90).

Коэффициент готовности $k_г$:

$$k_г = k_{г1} k_{г2} \ldots k_{г\,(n-1)} k_{гn} , \quad (3.16)$$

где $k_{г1}$ … $k_{гn}$ – коэффициенты готовности каждого из соединенных последовательно элементов системы (табл. 3.11); n – количество элементов системы

$$n = n_{ср} + n_п. \quad (3.17)$$

Таблица 3.11

Коэффициенты готовности конвейерной системы

Элементы системы	$k_г$
Ленточные конвейеры при транспортировке рыхлых и скальных пород	0,96–0,97
Перегрузочный пункт	0,96–0,99

7. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом формата А4, включающим схему к расчету площади поперечного сечения материала на ленте (рис. 3.1) и схему расчетного звена конвейерного транспорта (рис. 3.2). Чертежи выполняются в стандартных масштабах, на схемах указываются числовые значения параметров.

Исходные условия и технологические параметры конвейерной системы сводятся в таблицу (табл. 3.12).

Таблица 3.12

Технологические параметры конвейерной системы

Показатели	Значения
Исходные условия	
Годовой объем пород в целике, перемещенный расчетным звеном конвейерной системы $A_г$, тыс. м^3/год	
Наименование транспортируемых пород	
Насыпная плотность $\gamma_н$, т/м^3	
Абразивность	
Содержание кусков максимального размера μ, %	
Назначение расчетного звена системы	
Длина расчетного звена $L_з$, м	
Угол наклона расчетного звена α, град	
Угол наклона боковых роликов β, град	
Режим работы конвейера (сутки×смены×часы)	
Расчетные показатели	
Тип конвейера	
Тип конвейерной ленты	
Ширина ленты $B_д$, мм	
Скорость движения конвейерной ленты v, м/с	
Тип опоры	
Площадь поперечного сечения материала на ленте F, м^2	
Расчетная длина става $L_{ср}$, м	
Рас четное число ставов $n_{ср}$	
Коэффициент готовности системы $k_г$	
Расчетная производительность:	
часовая $Q_р$, м^3/ч	
годовая $Q_г$, м^3/год	

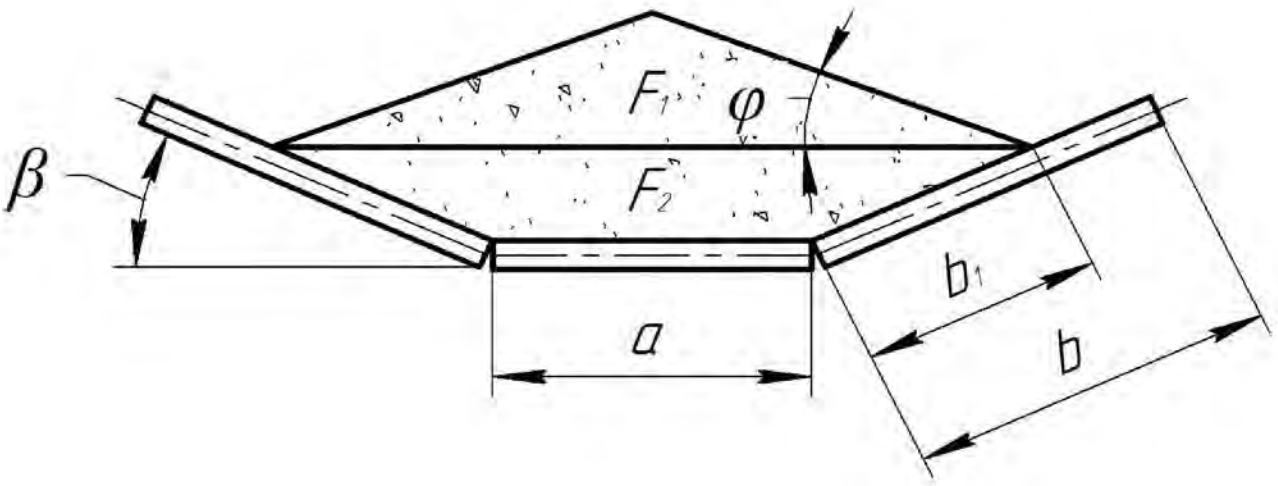


Рис. 3.1. Схема к расчету площади поперечного сечения материала на конвейерной ленте

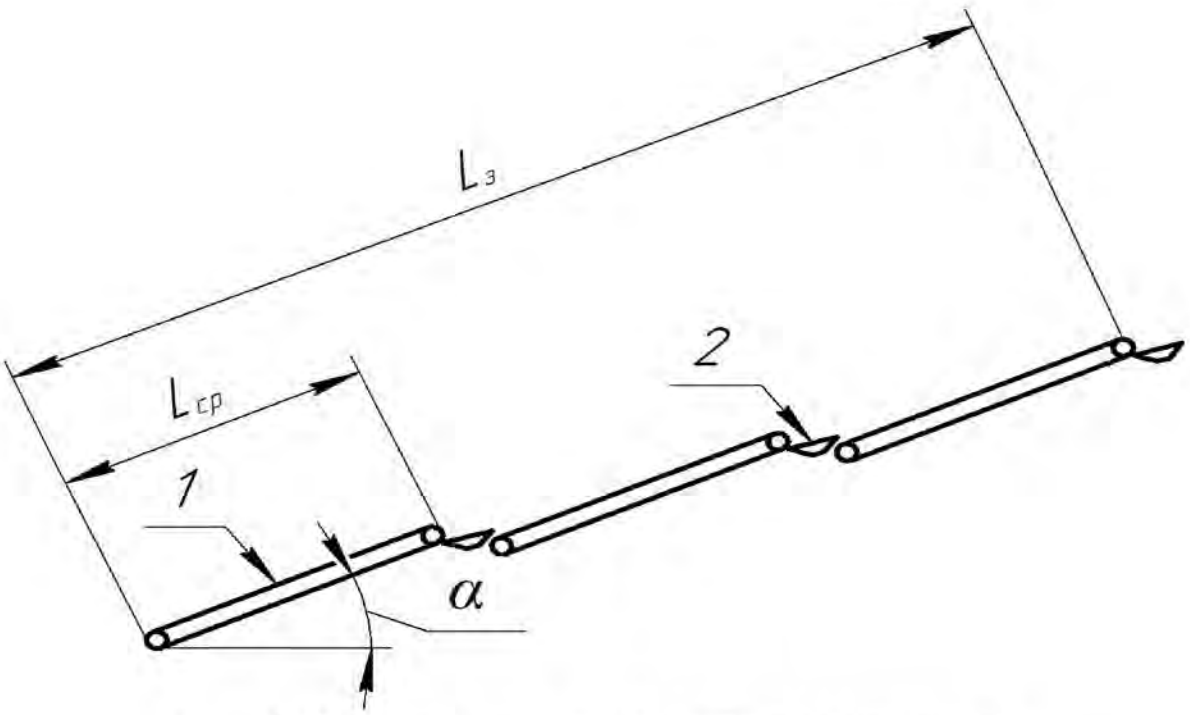


Рис. 3.2. Схема расчетного звена конвейерного транспорта:
1 – конвейерный став; *2* – перегрузочный узел
$L_з$ – длина расчетного звена системы, м; $L_{ср}$ – расчетная длина става, м;
α – угол наклона конвейера, град

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите предпочтительную область применения конвейерного транспорта как самостоятельного способа перемещения горной массы.
2. Назовите предпочтительную область применения конвейерного транспорта как магистрального звена комбинированного карьерного транспорта.
3. Перечислите достоинства и недостатки конвейерного транспорта в карьерах.
4. Как подразделяются конвейеры в зависимости от своего назначения и места расположения в карьере?
5. Как различаются конвейерные ленты по типу каркаса?
6. Перечислите технологические параметры конвейерного транспорта.
7. Как определяется ширина конвейера, от каких факторов она зависит?
8. От каких факторов зависит скорость движения конвейерных лент, в каком диапазоне она изменяется?
9. Какой максимальный угол подъёма допускается для ленточных конвейеров и крутонаклонных конвейеров в различно конструктивном исполнении?
10. При каком угле наклона конвейера необходимо учитывать снижение высоты насыпки породы при расчете ширины конвейерной ленты?
11. Как определяется часовая и годовая производительность конвейера, от каких факторов она зависит?

Практическая работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА РАЗМЕЩЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ПУНКТА ПРИ АВТОМОБИЛЬНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Цель работы: освоить методику определения места размещения перегрузочного пункта при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте.

Задачи работы:

1. Расчет расстояния транспортирования и высоты подъема горной массы сборочным (автомобильным) и магистральным (железнодорожным) транспортом при различных вариантах размещения перегрузочного пункта по глубине карьера.
2. Расчет себестоимости и удельных капитальных затрат по отдельным звеньям транспорта, комбинированному транспорту в целом и открытой разработке месторождения.
3. Выбор места размещения перегрузочного пункта по критерию максимального значения годовой рентабельности.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 372-379; 2, с. 138-144; 7, с. 10-45] изучить основные технологические параметры комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта, а также условия, область его применения и методику определения глубины размещения перегрузочных пунктов.

Исходные условия

Общие условия:

- высота уступа для всех вариантов $H_у$ = 15 м;
- удельная ценность руды $Ц_р$, руб/т:
  - четные варианты – 1000;
  - нечетные варианты – 1200;
- нетранспортная составляющая себестоимости открытой разработки $С_д$, руб/т:
  - четные варианты – 320;
  - нечетные варианты – 400;
- нетранспортная составляющая удельных капитальных затрат на открытую разработку $К_д$, руб/т:

  четные варианты – 250;

  нечетные варианты – 300;

В соответствии с вариантом (табл. 4.1) задаются:

- годовой объем перевозок $A_к$, млн. т/год;
- число рабочих уступов $n_р$, шт.;
- число нерабочих уступов $n_{нр}$, шт.;

– расстояние откатки по горизонтальному участку железнодорожным транспортом от борта карьера до дробильно-обогатительной фабрики $l_{\text{о}}^{\text{ж}}$, км;
– расстояние откатки автотранспортом по верхнему рабочему уступу $l_{\text{о}}^{\text{а}}$, км;
– модель автосамосвала;
– грузоподъемность автосамосвала $q_{\text{а}}$, т.

Таблица 4.1

Исходные данные к практической работе № 4
«Определение места размещения перегрузочного пункта при автомобильно-железнодорожном транспорте»

№ задания	Объем перево-зок $A_{\text{к}}$, млн. т/год	Число уступов		Расстояние откатки по горизонтальному участку трассы, км		Модель и грузоподъемность автосамосвала
		рабочих $n_{\text{р}}$	нерабочих $n_{\text{нр}}$	$l_{\text{о}}^{\text{ж}}$	$l_{\text{о}}^{\text{а}}$	
1	10	4	8	2,5	1,2	БелАЗ-7547 (45 т)
2						
3		6	10		1,4	
4						
5	15	4	10	4,0	0,9	БелАЗ-7540А (30 т)
6						
7		2	12		1,6	
8						
9	20	8	8	1,2	1,0	БелАЗ-7549 (80 т)
10						
11		8	10		1,5	
12						
13	25	4	4	2,0	0,8	БелАЗ-7513 (130 т)
14						
15		6	2		1,3	
16						
17	30	2	4	3,5	1,0	БелАЗ-7547 (45 т)
18						
19		6	8		0,9	
20						
21	35	4	10	5,0	1,4	БелАЗ-7549 (80 т)
22						
23		8	12		1,0	
24						
25	32	4	7	4,5	0,8	БелАЗ-7540А (30 т)

Порядок выполнения работы

1. Назначаются три варианта размещения перегрузочных пункта на глубине карьера:

1) на нижнем нерабочем уступе;
2) в центре нерабочей зоны карьера;
3) на поверхности карьера (рис. 4.1).

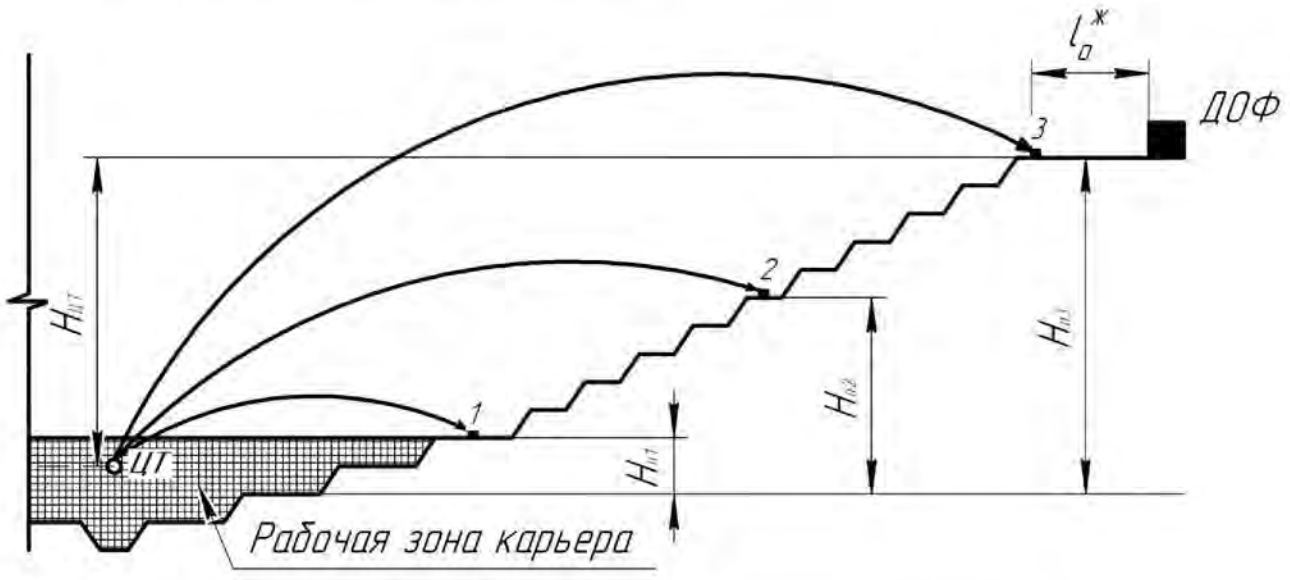


Рис. 4.1. Схема к выбору места расположения перегрузочного пункта:
$H_{цт}$ – глубина центра тяжести перевозок сборочным автотранспортом, м; *1*, *2* , *3* – варианты размещения перегрузочного пункта по глубине карьера; $H_{п1}$, $H_{п2}$, $H_{п3}$ – высота подъема горной массы сборочным автотранспортом при различных вариантах размещения перегрузочного пункта, м; $l_o^ж$ – расстояние откатки железнодорожным транспортом от борта карьера до дробильно-обогатительной фабрики

2. Определяется глубина размещения перегрузочного пункта по вариантам $H_{п.п}$, м:

$$1)\ H_{п.п\,1} = H_у n_{цр}; \quad (4.1)$$

$$2)\ H_{п.п\,2} = H_у n_{нр}/2; \quad (4.2)$$

$$3)\ H_{п.п\,3} = 0. \quad (4.3)$$

3. Определяется глубина центра тяжести перевозок сборочным автотранспортом $H_{ц.т}$, м:

$$H_{цт} = H_у\left(\frac{n_р}{2} + n_{нр}\right). \quad (4.4)$$

4. Рассчитываются длина откатки каждым видом транспорта по вариантам размещения перегрузочного пункта l, км:

4.1. Руководящий уклон съездов принимается для автомобильного транспорта $i_р$ = 80 ‰, для железнодорожного – $i_р$ = 40 ‰.

4.2. Коэффициент развития трассы принимается для автомобильного транспорта $k_{р.т}$ = 1,15÷1,20, для железнодорожного транспорта $k_{р.т}$ = 1,4÷2,0.

4.3. Определяются высота подъема горной массы различными видами транспорта $H_{\text{п}}$, м:

– для автомобильного транспорта

$$1)\ H_{\text{п}1} = H_{\text{ц.т}} - H_{\text{п.п}\,1}; \quad (4.5)$$

$$2)\ H_{\text{п}2} = H_{\text{ц.т}} - H_{\text{п.п}\,2}; \quad (4.6)$$

$$3)\ H_{\text{п}3} = H_{\text{ц.т}} - H_{\text{п.п}\,3}; \quad (4.7)$$

– для железнодорожного транспорта

$$1)\ H_{\text{п}1} = H_{\text{п.п}\,1}; \quad (4.8)$$

$$2)\ H_{\text{п}2} = H_{\text{п.п}\,2}; \quad (4.9)$$

$$3)\ H_{\text{п}3} = H_{\text{п.п}\,3}. \quad (4.10)$$

4.4. Рассчитывается длина подъемного участка трассы для каждого вида транспорта l_i, км:

$$l_i = (H_{\text{п}}/i_{\text{р}})k_{\text{р.т}}, \quad (4.11)$$

где $H_{\text{п}}$ – высота подъема горной массы, м; $i_{\text{р}}$ – уклон съезда, ‰; $k_{\text{р.т}}$ – коэффициент развития трассы.

4.5. Рассчитывается общая длина откатки каждым видом транспорта по вариантам размещения перегрузочного пункта l, км:

$$l = l_i + l_{\text{о}}, \quad (4.12)$$

где $l_{\text{о}}$ – расстояние откатки по горизонтальному участку трассы, км.

5. Рассчитывается себестоимость транспортирования горной массы и себестоимость открытой разработки по вариантам размещения перегрузочного пункта.

5.1. Себестоимость транспортирования автомобильным транспортом $C_{\text{а}}$, руб/т:

$$C_{\text{а}} \approx \frac{25}{A_{\text{к}}^{0,25}} + (l-1)(5 + 0{,}06q_{\text{а}}), \quad (4.13)$$

где $A_{\text{к}}$ – объем перевозок, млн. т/год; l – расстояние транспортирования, км; $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

5.2. Себестоимость транспортирования железнодорожным транспортом $C_{\text{ж}}$, руб/т:

$$C_{\text{ж}} \approx 2/A_{\text{к}}^{0,2} + 4l^{0,7}. \quad (4.14)$$

5.3. Себестоимость транспортирования комбинированным транспортом $C_{\text{к.т}}$, руб/т:

$$C_{\text{к.т}} = C_{\text{а}} + C_{\text{ж}}. \quad (4.15)$$

5.4. Себестоимость открытой разработки $C_{\text{р}}$, руб/т:

$$C_{\text{р}} = C_{\text{к.т}} + C_{\text{д}}, \quad (4.16)$$

где $C_{\text{д}}$ – нетранспортная составляющая себестоимости открытой разработки, руб/т.

6. Рассчитываются удельные капитальные затраты на транспортирование горной массы и открытую разработку по вариантам размещения перегрузочного пункта.

6.1. Удельные капитальные затраты на автомобильный транспорт $K_{\text{а}}$, руб/т:

$$К_а = \frac{90}{A_к^{0,2}} + 12(l-1). \quad (4.17)$$

6.2. Удельные капитальные затраты на железнодорожный транспорт $К_ж$, руб/т:

$$К_ж = \frac{240}{A_к^{0,5}} + \frac{30(l-1)}{A_к}. \quad (4.18)$$

6.3. Удельные капитальные затраты на комбинированный транспорт $К_{кт}$, руб/т:

$$К_{к.т} = К_а + К_ж. \quad (4.19)$$

6.4. Удельные капитальные затраты на открытую разработку $К_р$, руб/т:

$$К_р = К_{к.т} + К_д, \quad (4.20)$$

где $К_д$ – нетранспортная составляющая удельных капзатрат на открытую разработку, руб/т.

7. Рассчитывается значение рентабельности капитальных вложений по вариантам размещения перегрузочного пункта R:

$$R = (Ц_р - С_р)/К_р, \quad (4.21)$$

где $Ц_р$ – удельная ценность руды, руб/т.

Оптимальным считается вариант, соответствующий максимальному значению R.

8. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию (табл. 4.2), расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Результаты расчетов заносятся в табл. 4.3.

Таблица 4.2

Исходные условия по варианту задания

Показатели	Значение
Вариант задания	
Годовой объем перевозок $A_к$, млн. т/год	
Высота уступа $H_у$, м	
Число уступов, шт.: рабочих $n_р$ нерабочих $n_{нр}$	
Расстояние откатки железнодорожным транспортом от борта карьера до дробильно-обогатительной фабрики $l_о^ж$, км	
Расстояние откатки автотранспортом по верхнему рабочему уступу $l_о^а$, км	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность автосамосвала $q_а$, т	
Удельная ценность руды $Ц_р$, руб/т	
Нетранспортная составляющая, руб/т: себестоимости разработки $С_д$ удельных капитальных затрат $К_д$	

Графическая часть представляется одним листом формата А4, содержащим схему к выбору места расположения перегрузочного пункта (см. рис. 4.1). чертеж выполняется в стандартном масштабе, на чертеже указываются числовые значения параметров.

Таблица 4.3

Результаты расчета вариантов размещения перегрузочного пункта

Показатели	Значения по вариантам размещения перегрузочного пункта и видам транспорта					
	1		2		3	
	авто	ж.д.	авто	ж.д.	авто	ж.д.
1. Глубина размещения перегрузочного пункта $H_{п.п}$, м						
2. Глубина центра тяжести автоперевозок $Ц_{цт}$, м						
3. Расчетные показатели длин откатки:						
3.1. Уклон съездов $i_р$, ‰						
3.2. Коэффициент развития трассы $k_{р.т}$						
3.3. Высота подъема горной массы $H_п$, м						
3.4. Длина участка подъема, км $l_i = (H_п / i_с) k_{р.т}$						
3.5. Длина откатки по горизонтали $l_о$, км						
3.6. Общая длина откатки $l = l_i + l_о$, км						
4. Себестоимость, руб/т :						
4.1. Звеньев транспорта $С_а$, $С_ж$						
4.2. Комбинированного транспорта $С_{к.т} = С_а + С_ж$						
4.3. Разработки $С_р = С_{к.т} + С_д$						
5. Удельные капитальные затраты, руб/т:						
5.1. Звеньев транспорта $К_а$, $К_ж$						
5.2. Комбинированного транспорта $К_{к.т} = К_а + К_ж$						
5.3. Разработки $К_р = К_{к.т} + К_д$						
6. Критерий $(Ц_р - С_р)/К_р$						

Принят вариант размещения перегрузочного пункта № _____.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите достоинства и недостатки карьерного автомобильного транспорта.
2. Перечислите достоинства и недостатки карьерного железнодорожного транспорта.
3. Назовите предпочтительную область применения комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта в карьерах.

4. Перечислите достоинства и недостатки комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта.
5. Какие конструкции перегрузочных пунктов применяются при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте? Перечислите их достоинства и недостатки.
6. Из каких затрат складывается себестоимость транспортирования горной массы автомобильным и железнодорожным транспортом?
7. Как определяется шаг переноса перегрузочного пункта по высоте?
8. От каких факторов зависит продолжительность работы перегрузочного пункта на одном месте?
9. Как рассчитывается рентабельность капитальных вложений по вариантам размещения перегрузочного пункта?

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ И ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Цель работы: освоить методику расчета пропускной и провозной способности карьерных железных дорог.

Задачи работы:

1. Расчет пропускной и провозной способности раздельных пунктов.
2. Расчет пропускной и провозной способности перегонов.
3. Расчет пропускной и провозной способности железной дороги, состоящий из трех раздельных пунктов и двух перегонов.
4. Оценка соответствия пропускной и провозной способности дороги расчетному сменному грузообороту и внесение изменений в её конструкцию.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 261-267; 2, с. 82-83] изучить основные технологические параметры и условия применения карьерного железнодорожного транспорта, а также методику расчета пропускной и провозной способности железных дорог.

Исходные условия

Общие условия:

- одиночная электровозная тяга;
- модель думпкара 2ВС-105;
- длина локомотива $l_л$ = 21,3 м;
- длина вагона $l_в$ = 15,0 м;
- продолжительность смены $T_{см}$, ч:
  - четные варианты – 8;
  - нечетные варианты – 12;
- коэффициент использования сменного времени $k_и$ = 0,90÷0,92;
- коэффициент неравномерного движения поездов $k_{н.д}$ = 1,4÷1,5;
- коэффициент пропуска хозяйственных поездов $k_х$ = 0,8.

В соответствии с вариантом (табл. 5.1) задаются:

- масса поезда нетто $Q_п$, т;
- сменный грузооборот $Г_р$, тыс. т/смену;
- число путей на каждом раздельном пункте и перегоне $n_п$, шт.;
- длина перегона $l_{пер}$, км;
- скорость поезда на перегоне v_i, км/ч;
- система СЦБ на перегоне (п/а, а-2, а-3).

Таблица 5.1

Исходные данные к практической работе № 5

«Расчет пропускной и провозной способности железных дорог»

№ задания	Полезная масса поезда $Q_п$, т	$Г_р$, тыс. т/смену	Число путей на раздельных пунктах $n_п$			Параметры перегона 1				Параметры перегона 2			
			РП 1	РП 2	РП 3	число путей $n_п$	$l_{пер}$, км	v, км/ч	СЦБ	число путей $n_п$	$L_{пер}$, км	v_i, км/ч	СЦБ
1	420	6,0	3	3	4	1	2,4	24	Полуавтоматическая блокировка	2	2,6	20	а-3
2			4	2	3	2					1,8		п/а
3			5	2	3	1		18			2,0	30	а-3
4			4	4	3	2					1,6		п/а
5	525	7,5	4	5	3	1	3,2	32		2	2,0	24	а-3
6						2					3,2		п/а
7						1		16			4,0	28	а-3
8						2					2,8		п/а
9	630	6,5	3	3	4	1	1,8	30		2	3,0	24	а-3
10													
11			5	3	4			18				27	
12													
13	630	6,0	3	5	4	2	2,0	24		2	2,4	36	а-2
14													
15			5	3	4			30				24	
16													
17	525	8,0	4	5	3	1	1,2	18		2	5,0	30	а-3
18													
19				4	3			28				24	
20													
21	420	10,0	5	3	4	2	2,8	20		2	3,2	30	а-2
22													
23			4	3	5			24				32	
24													
25		9,0	5	3	4	2	3,0	30		2	3,5	32	а-3

Примечание. п/а – полуавтоматическая блокировка; а-3 – автоблокировка с 3-цветным светофором; а -2 – автоблокировка с 2-цветным светофором

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с исходными данными и вариантом задания заполняется табл. 5.2.

Таблица 5.2

Параметры элементов трассы

Параметры	Перегоны		Раздельные пункты РП		
	1	2	1	2	3
Число путей $n_п$, шт.		2			
Длина $L_{пер}$, км			•	•	•
Скорость движения v, км/ч			•	•	•
Способ СЦБ	п/авт		•	•	•

Расчеты производятся на основании расчетной схемы трассы (рис. 5.1).

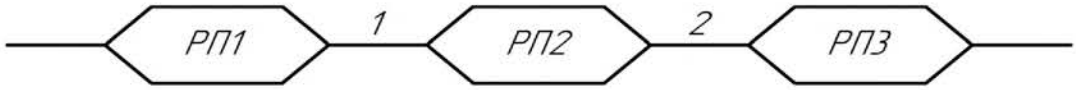


Рис. 5.1. Расчетная схема трассы:
РП1, РП2,РП3 – раздельные пункты; 1, 2 - перегоны

2. Рассчитывается пропускная способность раздельных пунктов (РП). Пропускная способность раздельных пунктов и железнодорожных станций определяется в зависимости от числа путей на раздельном пункте (станции) ($n_п$) в парах поездов (п.п.), пропускаемых за 8-часовую смену (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Пропускная способность раздельных пунктов $P_р$

Число путей $n_п$, шт.	2	3	4	5	6 и более
$P_р$, п.п. за 8-часовую смену	10-12	13-18	19-24	25-36	37-48

$$P_р = f(n_п), \tag{5.1}$$

где $P_р$ – пропускная способность раздельного пункта, п.п./смену; $n_п$ – число путей на раздельном пункте, шт.

Если $T_{см} \neq 8$ ч, то пропускная способность $\left(P'_р\right)$ определяется по формуле

$$P'_р = \frac{P_р T_{см}}{8}, \tag{5.2}$$

где $P_р$ – пропускная способность раздельного пункта, определенная по табл. 5.3, п.п./смену; $T_{см}$ – фактическая продолжительность рабочей смены, ч.

3. Рассчитывается провозная способность раздельных пунктов $П_р$, т/смену:

$$П_р = P_р Q_п \cdot 10^{-3}, \tag{5.3}$$

где $P_р$ – пропускная способность, п.п./смену; $Q_п$ – полезная масса поезда (масса поезда нетто), т.

4. Рассчитывается пропускная и провозная способность перегонов.

4.1. Перегон 1.

Пропускная способность $P_п$, п.п./смену:

$$P_п = \frac{T_{см} k_и k_х}{k_{н.д} T_и}, \tag{5.4}$$

где $T_{п.см}$ – продолжительность смены, ч; $k_и$– коэффициент использования сменного времени; $k_х$ – коэффициент пропуска хозяйственных поездов; $k_{н.д}$ – коэффициент неравномерности движения поездов; $T_и$ – время интервала между поездами, ч.

Если на перегоне 1 путь , время интервала $T_и$, ч:

$$T_и = 2L_{пер} / v_i + \tau, \tag{5.5}$$

где $L_{пер}$ – длина перегона, км; v – скорость, км/ч; τ – время на поездную связь, ч.

Если на перегоне 2 пути, время интервала $T_и$, ч:

$$T_и = L_{пер}/v + \tau. \quad (5.6)$$

На перегоне полуавтоматическая блокировка (п/а), поэтому время на поездную связь (τ) составляет:

τ = 6' – 8' (0,10 – 0,13 ч) – 1 путь;

τ = 2' – 3' (0,03 – 0,05 ч) – 2 пути.

Провозная способность перегона $П_п$, тыс. т/смену:

$$П_п = P_п Q_п \cdot 10^{-3}, \quad (5.7)$$

где $P_п$ – пропускная способность перегона, п.п./смену; $Q_п$ – полезная масса поезда, т.

4.2. Перегон 2 (на перегоне 2 пути).

4.2.1. При полуавтоматической блокировке расчет производится так же, как в п. 4.1.

4.2.2. При автоблокировке с 2-цветным светофором расчет пропускной способности производится по формуле (5.4), а время интервала между поездами ($T_и$, ч) определяется:

$$T_и = \frac{L_б + L_п}{v} \cdot 10^{-3}, \quad (5.8)$$

где $L_б$ – длина блок-участка, м ($L_б$ = 300÷400 м); $L_п$ – длина поезда, м; v – скорость движения поезда, км/ч.

Длина поезда $L_п$, м:

$$L_п = n_в l_в + l_л, \quad (5.9)$$

где $l_в$ – длина вагона, м; $l_л$ – длина локомотива $n_в$ – количество вагонов в составе, шт.

$$n_в = Q_п/105, \quad (5.10)$$

где $Q_п$ – полезная масса поезда, т.

4.2.3. При автоблокировке с 3-цветной сигнализацией расчет пропускной способности производится по формуле (5.4), а время интервала между поездами ($T_и$, ч) определяется:

$$T_и = \frac{2L_б + L_п}{v} \cdot 10^{-3}. \quad (5.11)$$

Провозная способность перегона 2 рассчитывается по выражению (5.7).

5. Определяется пропускная и провозная способность железной дороги, которая лимитируется элементом с минимальной пропускной (провозной) способностью ($P_д$, п.п./смену и $П_д$, тыс. т/смену).

6. Производится сравнение расчетной провозной способностью дороги ($П_д$, тыс. т/смену) с заданным сменным грузооборотом ($Г_р$, тыс. т/смену).

Если $П_д \geq Г_р$, то делается вывод о достаточности провозной способности, расчеты завершаются, а результаты заносятся в табл. 5.4.

Если $П_д < Г_р$, то делается вывод о недостаточности провозной способности.

В этом случае в конструкцию дороги вводятся изменения и добиваются, чтобы $П_д \geq Г_р$. Разрешается менять количество путей ($n_п$) и способ СЦБ.

Изменения заносятся в табл. 5.5.

7. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Результаты расчетов заносятся в табл. 4.3.

Графическая часть представляется расчетной схемой трассы (см. рис. 5.1). результаты расчетов заносятся в табл. 5.4 и 5.5.

Таблица 5.4

Расчетные показатели пропускной и провозной способности железной дороги

Показатели	Значения
Пропускная способность раздельных пунктов $P_р$, п.п./смену: РП 1 РП 2 РП 3	
Провозная способность раздельных пунктов $П_р$, тыс. т в смену: РП 1 РП 2 РП 3	
Показатели режима движения: длительность смены $T_{см}$, ч коэффициент неравномерности движения $k_{н.д}$ коэффициент пропуска хозяйственных поездов $k_х$ коэффициент использования сменного времени $k_и$	
Параметры пропускной способности перегона 1: время на поездную связь τ, ч пропускная способность $P_{п1}$, п.п./смену провозная способность $П_{п1}$, тыс. т/смену	
Параметры пропускной способности перегона 2: время на поездную связь τ, ч длина блок-участка $L_б$, м длина поезда $L_п$, м пропускная способность $P_{п2}$, п.п./смену провозная способность $П_{п2}$, тыс. т/смену	
Расчетная пропускная способность дороги $P_д$, п.п./смену	
Провозная способность дороги $П_д$, тыс. т/смену	
Достаточность провозной способности (да, нет)	
Окончательная провозная способность $П_д$, тыс. т/смену	

Таблица 5.5

Изменения в конструкции железной дороги

Элемент дороги (раздельный пункт или перегон)	Суть изменения	Расчетное значение параметра		Полученные значения после изменения конструкции	
		P, п.п./смену	П, тыс. т/смену	*P*, п.п./смену	П, тыс. т/смену

Контрольные вопросы и задания

1. Из каких элементов состоит трасса карьерного железнодорожного транспорта?
2. Чем лимитируется пропускная (провозная) способность всей сети железнодорожных путей в карьере?
3. Как в практических расчетах определяется пропускная способность раздельных пунктов и станций?
4. В каких единицах оценивается пропускная и провозная способность железных дорог?
5. Как рассчитывается и от каких факторов зависит пропускная способность перегонов?
6. Как рассчитывается время интервала между поездами на однопутном и двухпутном перегоне?
7. Как рассчитывается время интервала между поездами на перегоне при автоблокировке с 2-цветным и 3-цветиным светофором?
8. Какие системы СЦБ применяются на железнодорожном транспорте в карьерах?
9. Какие дополнительные факторы учитываются при расчете фактической пропускной способности железных дорог?
10. Перечислите способы увеличения пропускной и провозной способности раздельных пунктов и перегонов.

Список использованной литературы

1. Ржевский В. В. Открытые горные работы: Производственные процессы: учебник. – 7-е изд. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 512 с. (Классика инженерной мысли: горное дело).
2. Репин Н. Я., Репин Л. Н. Перемещение и складирование горных пород: учеб. пособие. – М.: Горная книга, 2013. – 221 с., илл. (Процессы открытых горных работ).
3. Смирнов В. П., Лель Ю. И. Теория карьерного большегрузного автотранспорта. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 355 с.
4. Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И. В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.
5. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. - М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с., илл.
6. Галкин В. И., Шешко Е. Е. Транспортные машины: учебник для вузов. – М.: Горная книга, 2010. – 588 с.: илл.
7. Яковлев В. Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд. РАН, 1989. – 240 с.

Содержание

Введение 3

Практическая работа № 1. Расчет продолжительности транспортного цикла, производительности и парка автосамосвалов 4

Практическая работа № 2. Энергетическая оценка карьерного автотранспорта 15

Практическая работа № 3. Расчет параметров ленточных конвейеров и определение их производительности 21

Практическая работа № 4. Определение места размещения перегрузочного пункта при автомобильно-железнодорожном транспорте... 30

Практическая работа № 5. Расчет пропускной и провозной способности карьерных железных дорог 37

Список использованной литературы 43

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Б1.Б.2.01 ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть II. Расчёт параметров взрывных работ при транспортной системе разработки

Специальность ***21.05.04 Горное дело***
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Стенин Ю.В., к.т.н., доцент, Панфилов Д. С.

Екатеринбург

Оглавление

Введение 2

Общие положения и указания 4

Лабораторная работа № 1. *Определение условий производства и требований к качеству взрывных работ (2 ч аудиторных занятий и 2 ч самостоятельных занятий)*..... 6

Лабораторная работа № 2. *Расчет параметров буровзрывных работ (4 ч аудиторных и 4 ч самостоятельных занятий)*..... 14

Лабораторная работа № 3. *Расчет потребности во взрывчатых материалах (2 ч аудиторных занятий и 2 ч самостоятельных занятий)* 58

Лабораторная работа № 4. *Расчёт безопасных расстояний при ведении взрывных работ (2 ч аудиторных и 4 ч самостоятельных занятий)*..... 66

Список использованных и рекомендуемых источников..... 81

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. *Исходные данные* 83

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. *Справочный материал к лабораторной работе № 1* 85

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. *Справочный материал к лабораторной работе № 2* 90

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. *Справочный материал к лабораторной работе № 3* 104

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. *Схемы короткозамедленного взрывания*..... 111

Введение

Учебное пособие по выполнению лабораторных работ разработано на основании учебной программы дисциплины «Процессы открытых горных работ», часть II «Расчёт параметров взрывных работ при транспортной системе разработки» по разделу «Подготовка горных пород к выемке» для студентов

специальности 130403 – «Открытые горные работы» (ОГР) направления подготовки 130400 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации, необходимый теоретический и информационно-справочные материалы и алгоритм для выполнения лабораторных работ по теме «Технология производства взрывных работ», проводимых на 5-м семестре обучения.

Учебное пособие содержит 4 взаимосвязанных лабораторных работы, в процессе выполнения которых студент осваивает методы расчетов и определяет параметры и показатели, обеспечивающие эффективное и безопасное ведение взрывной подготовки горных пород к выемке.

Весь цикл работ рассчитан на 10 академических часов аудиторных занятий и на 12 часов самостоятельных занятий.

Основная цель лабораторных работ: формирование у студентов навыков, необходимых для составления проекта производства буровзрывных работ в карьере определения технологических параметров взрывных работ на основе современных научных и практических достижений в этой области.

Задачи работ:

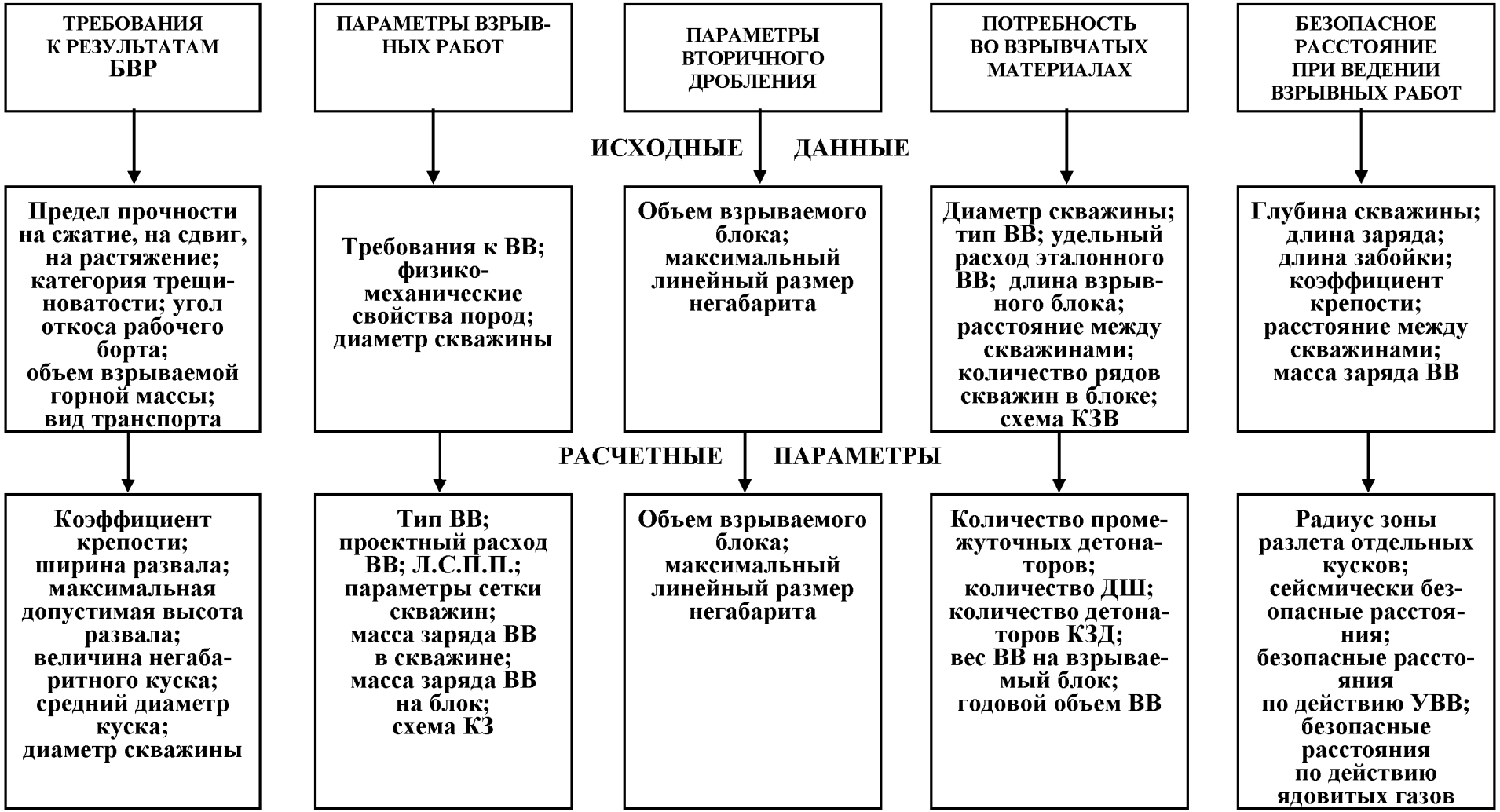
1. Изучить алгоритм и содержание расчетов параметров буровзрывных работ, используя данное пособие и литературу из приведенного списка.
2. Определить условия производства и требования к качеству взрывных работ.
3. Рассчитать параметры буровзрывных работ.
4. Рассчитать потребное количество взрывчатых материалов на годовой объем взрывных работ с учетом вторичного дробления.
5. Рассчитать безопасные расстояния при взрывных работах.

Структурная взаимосвязь этих задач приведена на рис 1.1.

Содержание пособия направлено на системное усвоение знаний в области технологии открытых горных работ и предполагает наличие у студентов базовых знаний и основных понятий о вскрытии, системе разработки и производственных процессах открытой добычи полезных ископаемых, полученных при изучении дисциплин «Введение в специальность», «Основы горного дела» и «Физика горных пород».

Учебное пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

Расчет параметров буровзрывной подготовки горной массы к выемке



Общие положения и указания

Цель всякой производственной деятельности – получение максимальных результатов (как правило финансовой прибыли) при минимальных капитальных затратах и расходах трудовых и материальных ресурсов.

Целью процесса буровзрывной подготовки горной массы к выемке как элемента технологической системы «Добыча полезного ископаемого открытым способом» является обеспечение при минимальных затратах требуемого качества подготовки горных пород к выемке.

Качество буровзрывной подготовки горных пород к выемке должно обеспечивать эффективную высокопроизводительную работу горно-транспортного оборудования и потребительские свойства добываемого полезного ископаемого (ПИ), обеспечивающие высокую конкурентоспособность и прибыльность предприятия. Требования к нему определяются необходимостью обеспечения безопасности работ, параметрами выемочно-погрузочных и транспортных средств и технологией дальнейшего передела добытого ПИ. Их соблюдение возможно за счет соответствующих способов и методов ведения и параметров взрывных работ, которые выбираются и обосновываются на основе современных научно-практических положений и расчетных методов, а затем уточняются в процессе реальной практики.

При выполнении данного цикла лабораторных работ студент самостоятельно изучает и осваивает рекомендуемый и приведенный в каждой работе теоретический материал. На **базе приобретенных знаний и с учетом знаний, полученных к моменту обучения на данном этапе**, по заданным исходным данным определяет требования к качеству взрывной подготовки горных пород, выбирает взрывчатые материалы, способы, методы и схемы взрывания зарядов, рассчитывает параметры взрывных работ, требуемый расход взрывчатых материалов и радиусы опасных зон.

По результатам выполненных расчетов вычерчивается в масштабе 1:1000 или 1:500 план взрывного блока с сеткой скважин и схемой коммутации взрывной сети; поперечный профиль блока со скважинами и предполагаемым контуром развала взорванной горой массы в масштабе 1:1000 или 1:2000; план – схема взрывоопасных зон с расположением внутри них сооружений, горных машин, транспортных и энергетических коммуникаций в масштабе 1:5000 и профиль конструкции скважин первого ряда в масштабах: горизонтальном – 1:20 или 1:50; вертикальном - 1:1000 или1:2000.

Общий порядок выполнения работ: (прочитать обязательно!)

1. Лабораторные работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением лабораторной работы студент должен проработать предлагаемый теоретический материал, изучить рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, порядок и алгоритм выполнения работы.

3. Лабораторные работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных, приведённых в приложении. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения лабораторной работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты лабораторной работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за лабораторную работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учетом качества оформления.

7. Отчёты по лабораторным работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика лабораторных работ, наименование студенческой группы, **полные** фамилия, имя и отчество студента-исполнителя и должность, фамилия, имя, отчество преподавателя.

Лабораторная работа 1

Определение условий производства и требований к качеству взрывных работ (2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий)

***Цель работы*:** определить условия производства и требования к качеству взрывных работ.

Задачи работы:

1. Изучить основные показатели качества взрывной подготовки горных пород к выемке и методику их расчета.

2. Рассчитать требуемые показатели качества взрывной подготовки горных пород к выемке.

Порядок выполнения работы

Исходные данные: горно-технологические свойства горных пород согласно заданию и другие исходные данные, приведенные в прил. 1.

Для подготовки к занятию необходимо:

– повторить соответствующий материал лекций и изучить литературу. [1,с. 265 – 277], [2, с. 421 – 424], [3, с. 57 – 58], [4, с. 61 – 102] [5, с. 199 – 201], [7. с. 423 – 428], [8, с. 210 – 214], [9, с. 92 – 94,], [10, с. 78 – 86], [11, с. 78 – 82], [12 с. 9 – 11] [14, с. 135 – 138, 195 – 199];

– прочитать и освоить нижеизложенный материал.

Затем для достижения цели занятия выполнить следующие этапы:

1. Ознакомиться с исходными данными к работе (прил. 1).

2. Определить условия ведения взрывных работ.

2.1. Рассчитать коэффициент крепости пород (f) и средний диаметр отдельности в массиве ($l_{ср}$), зависящий от категории пород по трещиноватости и от распределения отдельностей массива по крупности.

Трещиноватость пород характеризуется средним расстоянием между естественными трещинами всех систем ($C_{тр}$, табл.2.1), а распределения отдельностей массива по крупности показателем $К_М$.

В [15, с. 456] средний диаметр отдельности в массиве в зависимости от его трещиноватости определяется так: $l_{ср} = 1{,}65C_{тр}$,

а в зависимости от показателя $К_М$: $l_{ср} = К_М$,

где $К_М$ может ориентировочно приниматься в зависимости от группы грунтов по СНиП – F, при этом $F = 2{,}5\sqrt{f}$:

F	4	5	6	7	8	9	10	11
$К_М$	0,25	0,4	0,55	0,75	1,0	1,3	1,55	1,9

2.2. Пользуясь прил. 1, дать характеристику технологических свойств горных пород.

2.3. Исходя из годового объема взрываемой горной массы, крепости и плотности породы, принять модель экскаватора и модель транспортного средства. Привести их рабочие параметры (табл. П. 2.1– П. 2.8)

2.4. Для выбранной модели экскаватора принять высоту уступа ($H_у$, м) из условия:

$$H_у \le 1{,}5H_{ч\,max.}, \qquad (1.1)$$

где $H_{ч\,max}$ – максимальная высота черпания экскаватором, м.

2.5. Исходя из технологических свойств пород и заданных параметров системы разработки (высота уступа, угол откоса уступа), принять предварительное решение о положении скважин в массиве уступа – вертикальное или наклонное.

Наклонные скважины применимы, как правило, в крупноблочных породах; при высоких уступах и при малых углах откоса уступа; когда требуется обеспечить достаточно интенсивное и равномерное дробление (карьеры стройматериалов, карьеры с циклично-поточной технологией – конвейерный транспорт и т. п.); когда необходимо ограничить сейсмический эффект от взрывных работ.

2.6. Обосновать требуемое значение диаметра скважин – скважинного заряда ($d_{тр}$).

Диаметр – один из основных параметров скважинных зарядов. От него зависит с одной стороны эффективность буровых работ (объем работ в метрах, производительность буровых работ в метрах и метрах кубических за единицу времени), с другой – качество взрывных работ (содержание переизмельченной и крупной фракции во взорванной породе, равномерность дробления).

Для конкретных условий карьера обоснование диаметра скважины и модели бурового станка целесообразно выполнять на основе технико-экономического анализа с учетом затрат на буровые, взрывные и погрузочно-транспортные работы.

В данной лабораторной работе обоснование диаметра скважины выполнить на основе логического анализа, исходя из рекомендаций в табл. П. 2.6 и П. 2.7 и нижеследующих условий.

Из условия равенства производительности бурового станка и экскаватора требуемый диаметр скважины (в мм) определится:

$$d_{тр}=100\sqrt{E}, \qquad (1.2)$$

где E – геометрическая вместимость ковша экскаватора, м^3.

Для карьеров строительных материалов небольшой производительности установлена статистическая зависимость между диаметром скважины (в мм) и производительностью карьера ($П_к$, млн м^3):

$$d_{тр} = (100 \div 150)\sqrt[4]{П_к}, \qquad (1.3)$$

где меньшее значение множителя применяется для крупноблочных пород, большее – для мелкоблочных.

По условию полного использования длины скважины для размещения заряда (при сплошной конструкции заряда)

$$d_{\text{тр}} = 28 H_{\text{у}} \sqrt{\frac{q}{\Delta}}, \qquad (1.4)$$

где q – удельный расчетный расход ВВ, кг/м^3 (на данном этапе расчетов величину q по табл. П. 3.8 в зависимости от плотности и крепости пород, или по табл. 2.6 в зависимости от трещиноватости и крепости пород); Δ – плотность заряжания, кг/дм^3 (ориентируясь на аммонит 6ЖВ, принять $\Delta = 0{,}95$).

Требуемый диаметр скважины в метрах по условию обеспечения нормальной проработки подошвы уступа для вертикальных скважин:

$$d_{\text{тр}} \geq \frac{\left(H_{\text{у}} \operatorname{ctg} \alpha_{\text{р}} + Б\right)\sqrt{\gamma}}{30(3 - m)}, \qquad (1.5)$$

где $\alpha_{\text{р}}$ – угол откоса рабочего уступа, град.;

m – коэффициент сближения скважин; принять: для легковзрываемых пород $m = 1{,}1 \div 1{,}2$; средневзрываемых – $m = 1{,}0 \div 1{,}1$; трудновзрываемых – $m = 0{,}85 \div 1{,}0$;

$Б = H_{\text{у}}(\operatorname{ctg} \alpha_{\text{у}} - \operatorname{ctg} \alpha_{\text{р}}) \geq 2$ – ширина бермы безопасности;

$\alpha_{\text{у}}$ – угол устойчивого откоса нерабочего уступа, град. (прил. 1);

γ – плотность горных пород, т/м^3;

Для наклонных скважин, параллельных откосу уступа,

$$d_{\text{тр}} \geq \frac{Б\sqrt{\gamma}}{30(3 - m)} \text{ м}. \qquad (1.6)$$

С точки зрения обеспечения качества взрывных работ в породах с конкретными технологическими свойствами рекомендуется:

– в породах I и II категории трещиноватости диаметр заряда следует принимать возможно большим (250 – 350 мм), а в породах высокой прочности применять котловые заряды. В то же время при разработке пород низкой и средней крепости применение взрывных скважин более 300 мм не эффективно, так как приводит к увеличению заколов в глубь массива и снижению устойчивости откосов уступа;

– в породах II категории, а также в однородных породах III категории при многорядном короткозамедленном взрывании на карьерах предпочтительны диаметры 200 – 250 мм;

– в породах крупноблочных IV категории, а также неоднородных и частично перемежающихся породах V категории диаметр скважин следует уменьшить до 100 – 150 мм;

– при большой производительности предприятия (примерно 5 млн м^3 горной массы в год и более) целесообразно применять высокопроизводительную буровую технику и диаметры скважин не менее 200 мм.

2.7. С учетом коэффициента крепости и принятого диаметра скважины принять тип бурового станка.

2.8. Используя навыки, приобретенные в предыдущем цикле лабораторных работ [16], подобрать тип бурового долота и рассчитать значение диаметра скважины ($d_{ск}$, мм) с учетом стандартного диаметра подобранного долота:

$$d_{ск.} = d_д K_{раз}, \quad (1.7)$$

где $d_д$ – диаметр долота, мм; $K_{раз}$ – коэффициент разбуривания скважины (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Значение коэффициента разбуривания скважин

Крепость пород	2	4	6	8 –10	12 – 14	>16
Величина коэффициента разбуривания	1,06	1,05	1,04	1,037 –1,031	1,03 – 1,02	1,02

3. Определить требования к качеству взрывных работ.

3.1. Определить требуемую ширину развала взорванной горной массы ($B_{р.тр}$) по углу откоса рабочего борта карьера ($\gamma_{р.б.}$) и по рациональному количеству заходок ($n_з$) рациональной ширины.

3.1.1. Требуемая ширина развала взорванной горной массы ($B_{р.тр}$) по углу откоса рабочего борта карьера ($\gamma_{р.б.}$) определяется так:

рассчитать ширину рабочей площадки

$$Ш_{р.п} = \frac{H_у}{\operatorname{tg}\gamma_{р.б}} - H_у \operatorname{ctg}\alpha_р, \quad (1.8)$$

где $\alpha_р$ – угол откоса рабочего уступа;

рассчитать требуемую ширину развала (рис. 1.2)

$$B_{р.тр} = Ш_{р.п} - Т - \sum С - \sum П - Б, \quad (1.9)$$

где $Т$ – ширина транспортной полосы (при железнодорожном транспорте $Т$ = 3 м при одноколейном пути и $Т$ = 7,5÷15 м – при двухколейном пути; при конвейерном транспорте $Т$ = 3 м; при автомобильном транспорте $Т = 3{,}0B_а$, где $B_а$ – ширина автомобиля; см табл. П. 2.4 и П. 2.5)

$\sum С$ – сумма размеров безопасных зазоров (3 – 5 м);

$\sum П$ – сумма размеров полос для размещения дополнительного оборудования и сооружений (при железнодорожном транспорте $\sum П$ = = 10÷12 м; при автомобильном и конвейерном транспорте $\sum П$ = = 5÷6 м) ;

Б – ширина бермы безопасности (ширина призмы возможного обрушения), определяется по формуле:

$$Б = H_у (\text{ctg}\, \alpha_у - \text{ctg}\, \alpha_р).$$

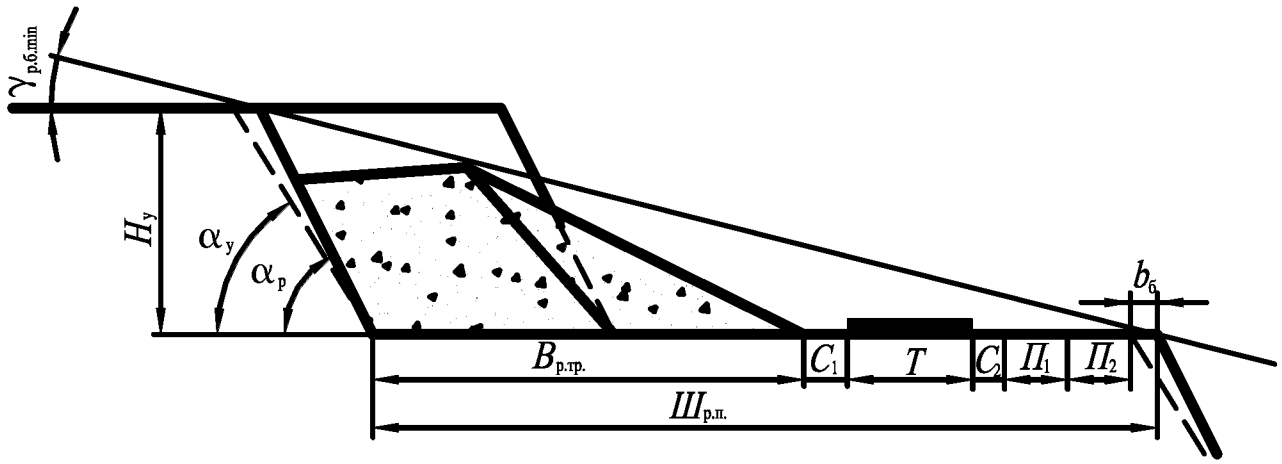


Рис.1.1. Рабочая площадка

3.1.2. Требуемая ширина развала ($B_{р.тр}$, м) по рациональному количеству заходок экскаватора ($n_з$) рациональной ширины ($А_з$) определяется так:

$$B_{р.тр} = A_з n_з, \qquad (1.10)$$

где $А_з$ – рациональная ширина заходки экскаватора, м;

а) при железнодорожном транспорте $n_з = 1 \div 3$

б) при автомобильном транспорте $n_з = 3 \div 6$ при отгрузке развала горной массы продольными заходками;

в) при конвейерном транспорте:

$$B_{р.тр} = A_з = 2R_р + 1{,}7R_{ч.у.}, \qquad (1.11)$$

где $R_р$ – наибольший радиус разгрузки экскаватора, м;

$R_{ч.у}$ – радиус черпания экскаватором на уровне стояния, м.

3.1.3. Предварительно из двух расчетных значений требуемой ширины развала принимается меньшее. В дальнейшем оно уточняется на этапе расчета параметров взрывных работ.

3.2. По табл. П. 2.10 определить максимально допустимую высоту развала взорванной горной массы ($H_{заб.max}$, м), учитывая, что коэффициент разрыхления пород ($K_р$) в развале ориентировочно составляет:

$K_р = 1{,}2 \div 1{,}25$ – для полускальных пород;

$K_р = 1{,}3 \div 1{,}4$ – для скальных пород;

$K_р = 1{,}4 \div 1{,}5$ – для угля ($\gamma = 1{,}1 \div 1{,}4$ т/м^3).

При этом $H_{заб.max} = h_{коп.max} (H_{заб.max} / h_{коп.max})$, где $h_{коп.max}$ – максимальная высота копания экскаватора, м.

3.3. Определить допустимый для выемки и погрузки экскаватором размер куска в развале взорванной горной массы (минимальный размер негабаритного куска).

Размер куска горной массы, загружаемой в ковш погрузочной машины, определяет:

– удобство и быстроту операций её черпания, разгрузки и последующего перемещения;

– вероятность возможных поломок погрузочного и транспортного оборудования, особенно при погрузке тяжелых руд и пород и при высоких отрицательных температурах, когда повышается хрупкость металла.

Поэтому при определении допустимых размеров куска в развале необходимо учитывать размеры ковшей и тип погрузочного оборудования, место разгрузки (отвал, транспортные средства или приемное отверстие дробилки) и размеры рабочих элементов транспортного и приемного оборудования, а также плотность горных пород и температуру окружающего воздуха.

Для определения допустимых размеров кусков при погрузке экскаваторами Ю. И. Беляковым [4] предлагается следующая методика:

3.3.1. При погрузке породы экскаватором в средства железнодорожного и автомобильного транспорта (и в отвал) допустимый размер куска ($l_д$, м) может быть определен:

А. *По геометрической вместимости ковша экскаватора* (E, м^3) из следующего выражения:

$$l_д \leq \eta_э \, \eta_п \, \eta_т \, \sqrt[3]{E}\,, \qquad (1.12)$$

где $\eta_э$ – коэффициент, учитывающий тип экскаватора и схему работы;

$\eta_п$ – коэффициент, учитывающий влияние плотности породы (γ);

$\eta_т$ – коэффициент, учитывающий влияние низкой отрицательной температуры на надежность работы экскаватора.

Значения коэффициента $\eta_э$ для скальных пород при работе в сочетании с транспортными средствами (и в отвал) приведены ниже:

	Погрузка в транспортные средства
Карьерные лопаты с нормальным оборудованием	0,75 (0,80)
Карьерные лопаты с удлиненным оборудованием	0,70 (0,75)
Драглайны	0,50 (0,70)

Значения коэффициентов $\eta_п$ при различной плотности пород (γ, т/м^3):

Плотные породы (γ = 1,7÷2,0)	1,08
Полускальные породы (γ = 2,0÷2,5)	1,05
Скальные породы (γ = 2,5÷3,2)	1,00
Тяжелые руды (γ = 3,2÷4,5)	0,90
Угли (γ = 0,8÷1,6)	1,14

Средние значения коэффициента $\eta_т$ при работе экскаваторов в условиях низких температур приведены ниже:

Температура, °С	(+10) – (–20)	(–20) – (–30)	(–30) – (–40)
Карьерные лопаты (с нормальным	0,98	0,95	0,92

оборудованием).....			
Карьерные лопаты (с удлиненным оборудованием).....	0,95	0,92	0,88
Драглайны.....	0,92	0,90	0,86

Б. *По геометрической вместимости транспортного сосуда* (V, м^3) (автосамосвала, думпкара) по выражению

$$l_д \le 0{,}5\sqrt[3]{V}\ . \qquad (1.13)$$

Если данные по геометрической вместимости транспортного сосуда отсутствуют, то можно использовать формулу

$$l_д \le \eta_э\eta_п'\,\eta_т\sqrt[3]{E}\quad , \qquad (1.14)$$

где $\eta_п' = 0{,}5\eta_п$ – коэффициент, учитывающий влияние плотности породы на работу экскаватора и транспортного сосуда.

3.3.2. При погрузке пород экскаваторами в бункера и передвижные дробилки величина $l_д$ принимается в пределах

$$l_д = (0{,}75 \div 0{,}85)B_п, \qquad (1.15)$$

где $B_п$ – длина наименьшей стороны приемного отверстия бункера или дробилки, м.

В этом случае также рекомендуется использовать формулу:

$$l_д \le \eta_э'\eta_п''\eta_т\,B_п, \qquad (1.16)$$

где $\eta_э'$ – коэффициент, учитывающий тип экскаватора (условия разгрузки ковша в бункер или дробилку). Принимается для карьерных мехлопат с нормальным оборудованием $\eta_э' = 1$, а с удлиненным оборудованием $\eta_э' = 0{,}9 \div 0{,}95$; для драглайнов $\eta_э' = 0{,}8 \div 0{,}7$;

$\eta_п''$ – коэффициент, учитывающий влияние плотности породы на работу бункера или дробилки, принимается равным $0{,}8\eta_п$, т. е. в среднем для углей, плотных, полускальных и скальных пород соответственно 0,90; 0,86; 0,84 и 0,80, а для тяжелых руд – 0,72.

3.3.3. При погрузке пород одноковшовыми экскаваторами на конвейер максимальный размер куска $l_д$, транспортируемый конвейером, может быть определен из выражения

$$l_д \le K_л\,\eta_т'B_л, \qquad (1.17)$$

где $B_л$ – ширина конвейерной ленты, м;

$K_л$ – коэффициент, зависящий от свойств породы (плотности, абразивности) и типа роликоопоры (табл. 1.2.);

$\eta_т'$ – коэффициент, учитывающий влияние низких отрицательных температур на работу конвейера и перегрузочных устройств. Принимается равным при температурах минус 10–20 °С; минус 20–30 °С и минус 30–40 °С соответственно 0,85; 0,8 и 0,7.

Таким образом, при установлении допустимого размера куска породы $l_Д$ при работе одноковшовых экскаваторов необходимо учитывать не только геометрические параметры экскаваторов и транспортного оборудования, но и плотность горных пород и специфические условия работы при низких отрицательных температурах.

Таблица 1.2

Значения коэффициента $K_л$

Тип става роликоопоры конвейера	Мягкие и плотные породы	Полускальные породы, некрепкие угли	Скальные породы	Тяжелые руды
С жестким ставом и роликоопорами.....	0,4 / 0,35	0,35 / 0,3	0,3 / 0,25	0,25 / 0,2
С канатным ставом и гибкими роликоопорами.....	0,5 / 0,45	0,45 / 0,4	0,4 / 0,35	0,33 / 0,3

Примечание. В числителе – значения для лент шириной 1,2–1,6 м, в знаменателе – для лент шириной 1,8 – 2,5 м

3.4. Определить величину рационального и оптимального среднего диаметра куска породы ($d_{ср.рац}$, м) в развале по формуле:

- согласно [2] средний диаметр куска в развале, несодержащем негабаритных кусков определяется по формуле $d_{ср.рац} = 0,4\sqrt[3]{E}$ (1.18);

- согласно [18] оптимальный по энергетическим затратам средний диамеир куска в развале определяется по формуле

$$d_{ср.рац} = d_{ср.\,опт} = 0,08+0,75\times10^{-3}\sigma_{сж} + 2\times10^{-3}E_{к,}\ м. \qquad (1.19).$$

Для дальнейших расчетов принять большее из полученных по формулам 1.18 и 1.19 значений

4. Результаты расчета свести в итоговую таблицу.

Контрольные вопросы

1. По каким характеристикам оценивается качество подготовки горной массы к выемке?
2. Какими факторами определяется требуемая ширина развала взорванной горной массы?
3. Какими факторами определяется максимально допустимая высота развала взорванной горной массы?
4. Какими факторами определяется величина негабаритного куска взорванной горной массы?
5. Что такое средний диаметр куска взорванной горной массы?
6. Дайте понятие оптимального среднего диаметра куска взорванной горной массы.
7 Каким требованиям должен отвечать диаметр заряда в скважине?

Лабораторная работа 2

Расчет параметров буровзрывных работ

(4 часа аудиторных и 4 часа самостоятельных занятий)

Цель работы – освоить методику и рассчитать параметры буровзрывных работ.

Задачи работы:

1. Изучить методику расчёта и обоснования параметров буровзрывных работ.

2. Выбрать взрывчатые материалы, способы, методы и схемы взрывания зарядов.

3. Рассчитать параметры взрывных работ для первичного взрывания.

4. Выбрать способ дробления негабаритных кусков и рассчитать параметры вторичного дробления.

Исходной базой для эффективного управления буро-взрывными работами в карьере и получения достаточно точных и надежных расчетных значений их параметров является районирование разрабатываемого массива горных пород на участки с однородными технологическими свойствами. Эти участки должны быть однородными по таким свойствам, как: крепость, трещиноватость, плотность, пространственное расположение трещиноватости, обводненность, литологическое строение.

Такое районирование может быть обеспечено в процессе эксплуатационной разведки и доразведки месторождения. При проектировании карьеров используют, как правило, средние по месторождению характеристики горного массива.

Данное занятие рассчитано на наличие средних значений характеристик горного массива предполагаемого месторождения. При принятии решений по данной лабораторной работе рекомендуется ориентироваться на справочный материал Приложения 3.

Порядок выполнения работы

Исходные данные: горно-технологические свойства горных пород согласно заданию и другие исходные данные, приведенные в прил. 1; условия производства и требования к качеству взрывных работ согласно лабораторной работе 1.

Для достижения цели занятия выполнить следующие этапы.

1. Для подготовки к выполнению работы **необходимо изучить соответствующий материал лекций и литературу**: [1, с. 56 – 78], [2, с. 76 – 94], [3, с. 60 – 61], [5, с. 198 – 199, 203 – 263], [6], [7, с. 211 – 268, 396 – 400], [10, с. 179 – 185], [14, с. 179 – 188].

2. Повторить содержание исходных данных к работе (прил. 1) и результатов расчетов предыдущего занятия.

3. Прочитать и изучить нижеизложенный материал. В данной лабораторной работе приведена методика расчета параметров буровзрывных работ,

выполняемых по традиционной схеме – многорядное короткозамедленное взрывание на свободный откос, а также методики расчета буровзрывных работ, выполняемых с применением котловых, параллельно-сближенных, рассредоточенных зарядов и взрывания в зажатой среде. Условия применения, преимущества и недостатки этих способов приведены в п. п. 12, 13, 14, 15.

4. Исходя из горно-технологических характеристик пород и степени их обводненности, выбрать ВВ (табл. П. 3.2 – П. 3.7) с учетом их работоспособности, стоимости и нижеприведенных рекомендаций.

Для условий карьеров могут применяться грубодисперсные гранулированные ВВ с широкой зоной химической реакции, имеющие большой критический диаметр 100 мм и пониженную детонационную способность в зарядах малого диаметра. Такие ВВ обеспечивают получение более равномерного дробления породы при взрыве за счет уменьшения зоны переизмельчения вблизи заряда, что особенно значимо для карьеров по добыче строительных материалов.

С целью сокращения объемов переизмельчения горной массы «Нормативный справочник по буровзрывным работам» рекомендует при выборе ассортимента ВВ учитывать скорость детонации ВВ (D, км/с), которая должна быть по возможности согласована с физико-техническими характеристиками пород разрыхляемого массива. То есть скорость детонации выбранного ВВ должна быть по возможности ближе к величине

$$D = \sqrt{\gamma f A},$$

где γ – плотность пород разрыхляемого массива, т/м^3;

f – коэффициент крепости пород разрыхляемого массива;

A – акустический показатель трещиноватости массива принимается в зависимости от группы грунтов по СНиП – F (с. 8), или категории пород по трещиноватости (табл. 2.1).

Акустический показатель трещиноватости в зависимости от группы грунтов по СНиП (F)

F	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
f	1,4	2,60	4,0	5,80	7,8	10,2	13,0	16,0	19,4
A	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,40	0,50	0,60	0,80

Необходимо, особенно при больших объемах взрываемых блоков и в глубинной зоне карьеров, выбирать ВВ с минимальным отрицательным, а лучше с нулевым, кислородным балансом, обеспечивающим минимальный выброс в атмосферу ядовитых газов. Это, как правило, бестротиловые или с низким содержанием тротила взрывчатые вещества (игданиты, гранулиты, эмульсионные ВВ), обладающие положительным, близким к нулю или нулевым кислородным балансом.

Таблица 2.1

Классификация массивов горных пород по степени трещиноватости Междуведомственной комиссии по взрывному делу

Категория трещиноватости	Степень трещиноватости (блочности) массива	Среднее расстояние между естественными трещинами всех систем, м	Акустический показатель трещиноватости (А)	Содержание (%) в массиве отдельностей размером, мм		
				+300	+700	+1000
I	Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный)	< 0,1	0 – 0,1	< 10	0	0
II	Сильнотрещиноватый (среднеблочный)	0,1 – 0,5	0,1 – 0,25	10 – 70	< 30	<5
III	Среднетрещиноватый (крупноблочный)	0,5 – 1,0	0,25 – 0,4	70 – 100	30 – 80	5 – 40
IV	Малотрещиноватый (весьма крупноблочный)	1,0 – 1,5	0,4 – 0,6	100	80 – 100	40 – 100
V	Практически монолитный (исключительно крупноблоч-	> 1,5	0,6 – 1,0	100	100	100

Таблица 2.2

Классификация массива пород по блочности (Методика КузПТИ)

Свойства массива	Категория массива пород по трещиноватости (блочности)				
	I	II	III	IV	V
Структурные свойства					
Диаметр отдельности в массиве, м……..	До 0,7	0,7 – 1,1	1,1 – 1,6	1,6 – 2,0	> 2,0
Содержание в массиве фракции +1000 мм, %	До 40	40 – 55	55 – 80	80 – 90	> 90
Физико-механические свойства					
Объемный вес, т/м^3…….	2,3 – 2,45	2,4 – 2,5	2,43 – 2,5	2,45 – 2,55	2,5 – 2,66
Сопротивление сжатию, МПа ……..	До 35	35 – 55	55 – 80	80– 100	> 100
Упругие и акустические свойства					
Модуль упругости, E МПа*10^5……	До 0,2	0,2 – 0,35	0,35 – 0,5	0,5 – 0,65	> 0,65
Акустическая жесткость, кг/м^3·м/с……	До 0,3	0,3 – 3,5	3,5 – 4,0	4,0 – 4,5	> 4,5
Коэффициент анизотропии ($K_а$)	1,1–1,25	1,25–1,35	1,35–1,6	1,6–1,8	1,8–1,9

Рекомендация: Проанализируйте изменение свойств массива от категории по блочности (трещиноватости)

Перспективно применение водосодержащих суспензионных и эмульсионных ВВ, часть из которых имеют хорошую водоустойчивость (ГЛТ-20В, порэмиты) и кислородный баланс, близкий к нулевому.

Для обеспечения механизации взрывных работ необходимо выбирать взрывчатые вещества, обладающие хорошей сыпучестью, минимальными сле-

живаемостью и пылением и малой чувствительностью к механическим воздействиям.

Важным свойством ВВ является минимальное агрессивное воздействие их на средства инициирования (ДШ, шашки-детонаторы), а также исключение взаимодействия его с окружающими породами (стенками скважин и трещинами, с которыми имеет контакт заряд ВВ).

При взрывании блоков больших объемов необходимо сохранение постоянства свойств ВВ при их нахождении в скважинах в течение длительного времени (7 – 10 и более суток).

При взрывании зарядов больших диаметров (> 250 мм) целесообразно применять ВВ, имеющие относительно невысокую теплоту взрыва до 4000 кДж/кг. Такие взрывчатые вещества в зарядах больших диаметров обеспечивают в большинстве случаев хорошее дробление породы при относительно невысокой стоимости самих ВВ.

ВВ, обладающие высокими взрывчатыми характеристиками с теплотой взрыва не ниже 5000 кДж/кг, должны быть предназначены для взрыва крупноблочных трудновзрываемых и обводненных пород, как правило, зарядами малого диаметра

ВВ для заряжания обводненных скважин должны быть водоустойчивыми и обладать плотностью больше 1 г/см. Целесообразно для заряжания скважин при небольших объемах взрыва использовать ВВ с меньшей водоустойчивостью в эластичных рукавах-пакетах, диаметр которых больше диаметра скважин, а общая плотность более 1 г/см^3.

В целом на крупных карьерах с механизацией взрывных работ предпочтительно применять относительно безопасные и дешевые ВВ местного изготовления типа игданитов, гранэмитов, акватолов, порэмитов.

На карьерах небольшой производственной мощности так же, как и на других горных и промышленных объектах с небольшим объемом потребления ВВ (100 – 1000 т/год), проще применять ВВ только заводского изготовления, предпочтительно не содержащие тротил гранулиты.

Для суровых климатических условий Севера, где взрывают в основном сухие скважины, также целесообразно шире использовать бестротиловые гранулиты и игданиты.

5, **Выбрать метод взрывных работ.** Современная теория и практика взрывных работ метод взрывных работ определяет положением заряда относительно разрушаемого объекта, а также конструкцией и формой горной выработки для размещения заряда.

По-первому признаку различают метод взрывных работ наружными (накладными) зарядами и внутренними зарядами.

Накладные заряды располагаются на поверхности разрушаемого объекта и применяются при открытой разработке карьеров на вспомогательных работах, в частности при дроблении негабаритов.

Внутренние заряды располагаются в горных выработках. В зависимости от формы и конструкции горных выработок различат методы шпуровых и скважных зарядов, метод котловых и метод камерных зарядов.

Метод шпуровых зарядов применяют для селективной выемки маломощных залежей полезного ископаемого, для добычи штучного камня, в карьерах малой мощности при ведении горных работ с использованием рыхлителей, скреперов и т.п. мобильной техники; на вспомогательных работах для дробления негабаритных кусков, подработки завышенной подошвы уступов, ликвидации козырьков уступов и т. п.

На современных карьерах для разупрочнения горных пород перед выемкой применяется в основном метод скважинных зарядов. Метод котловых зарядов применяется относительно редко.

В зависимости от конкретных горно-технических условий и требований к качеству взрывных работ применяют различные методы скважинных зарядов: вертикальные заряды, наклонные заряды, параллельно сближенные заряды, сосредоточенные и рассосредоточенные заряды; методы взрывания на свободный откос и на подпорную стенку.

Условия применения преимущества и недостатки методов взрывных работ достаточно подробно описаны в литературе [2,3,5,10,15]

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ СКВАЖИННЫМИ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ И НАКЛОННЫМИ СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ

6. Рассчитать и принять удельный расход ВВ по двум из ниже приведённых методов.

Удельный расход ВВ – один из основных параметров взрывных работ, определяющих требуемое качество взрывной подготовки горных пород к выемке. Значение удельного расхода ВВ зависит от множества факторов. Эти факторы характеризуют: мощность заряда ВВ (плотность ВВ, идеальную работу взрыва, скорость детонации), горно-технологические свойства разрыхляемого массива горных пород (плотность, вязкость, крепость, трещиноватость, пространственное расположение трещин, обводненность), условия воздействия взрывной энергии на массив (высоту уступа и глубину скважины, величину перебура и забойки, диаметр и конструкцию заряда, количество рядов скважин, способ и метод взрывания, схему коммутации взрывной сети) и требования к результатам взрыва. Большое число влияющих факторов, широкая вариация и достаточно высокая неопределенность горно-технологических свойств разрабатываемых горных пород не позволяют обеспечить достаточно точный расчет удельного расхода ВВ для разработки конкретного месторождения. Однако существующие методы расчета позволяют определить базовое проектное (расчетное) значение удельного расхода ВВ ($q_р$), которое в процессе разработки месторождения уточняется и корректируется применительно к конкретному району – блоку разрабатываемого массива горных пород, с учетом условий его разработки.

Имеющиеся в настоящее время в отечественной практике проектирования и разработки месторождений открытым способом методы расчета удельного расхода ВВ можно объединить в три группы:

– расчет удельного расхода ВВ по прочностным характеристикам горной породы (пределам прочности на сжатие, растяжение и сдвиг) и её плотности – метод В. В. Ржевского;

– расчет удельного расхода ВВ в зависимости от одного – двух факторов (как правило, трещиноватости и крепости) по табличным данным, полученным на основании обобщения практического опыта, например, метод Гипроруды или «Союзвзрывпрома»;

– расчет удельного расхода ВВ по эмпирическим зависимостям.

Во всех трех группах определяется эталонный удельный расход для эталонных условий. Для условий отличных от эталонных удельный расход ВВ определяется с помощью переводных коэффициентов, учитывающих отклонение фактических условий от эталонных.

Метод В. В. Ржевского [2, 6] используется для расчета эталонного удельного расхода ВВ, а также для установления класса взрываемости пород при известных их физико-механических свойствах: $\sigma_{сж}$ – пределе прочности на сжатие, МПа; $\sigma_{сд}$ – пределе прочности на сдвиг, МПа; $\sigma_р$ – пределе прочности на растяжение, МПа (1 МПа = 10 кгс/см^2); γ – плотности горной массы, т/м^3.

Эталонный удельный расход ВВ определяется для условий: эталонный ВВ аммонит № 6ЖВ или граммонит 79/21; разрыхляемый массив – 1 м^3 монолитной породы при шести свободных поверхностях (свободно подвешенный куб); заряд диаметром 200 мм в центре куба; средний размер куска разрыхленной породы – 0,5 м. Величина его ($q_э$, г/м^3) рассчитывается по формулам:

$$q_э = 0{,}2\left(\sigma_{сж} + \sigma_{сд} + \sigma_р\right) + 2{,}0\gamma\,. \qquad (2.1)$$

Для вязких пород (при $\sigma_{сд} > 0{,}2\sigma_{сж}$; $\sigma_р > 0{,}1\sigma_{сж}$) эталонный удельный расход ВВ рассчитывается так:

$$q_э = 0{,}36\left(\sigma_{сж} + \sigma_{сд} + \sigma_р\right) + 3{,}6\gamma\,. \qquad (2.2)$$

В формулах (2.1) – (2.2) величины $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, $\sigma_р$ измеряются в мегапаскалях (МПа), а γ – в т/м^3; эмпирические коэффициенты 0,2 и 0,36 при значениях напряжений сжатия, растяжения и сдвига в кгс/см^2 принимаются равными 0,02 и 0,036 соответственно.

По удельному эталонному расходу ВВ горные породы подразделяются на 5 классов по взрываемости (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Характеристика горных пород по взрываемости

Класс	Характеристика взрываемости	Категория	Эталонный расход, г/м^3
I	Легковзрываемые породы.....	1 – 5	< 20
II	Средневзрываемые породы.....	6 – 10	20 – 40
III	Трудновзрываемые породы.....	11 – 15	40 – 60
IV	Весьма трудновзрываемые.....	16 – 20	60 – 80

V	Исключительно трудновзрываемые породы.....	21 – 25	> 80

Проектный (расчетный) расход эталонного ВВ ($q_р^э$, г/м^3) вычисляется, исходя из следующего соотношения:

$$q_р^э = q_э K_д K_т K_{сз} K_{об} K_{сп}, \qquad (2.3)$$

а проектный (расчетный) расход выбранного (принятого) ВВ ($q_р$, г/м^3):

$$q_р = q_э K_{ВВ} K_д K_т K_{сз} K_{об} K_{сп} \text{ г/м}^3, \qquad (2.3')$$

где $K_{ВВ}$ – переводной коэффициент используемого ВВ по отношению к эталонному ВВ – аммониту № 6ЖВ. Определяется как величина обратно пропорциональная коэффициенту взрывной эффективности – табл. П. 3.3 и П. 3.4,

$K_д$ – коэффициент, учитывающий требуемую степень дробления породы,

$$K_д = 0{,}5/d_{ср.рац},$$

где $d_{ср.рац}$ – требуемый средний диаметр куска взорванной породы (лабораторная работа № 1 ф. 1.18, 1.19), м;

$K_т$ – коэффициент, учитывающий трещиноватость взрываемого массива.

$$K_т = 1{,}2 l_{ср} + 0{,}2,$$

где $l_{ср}$ – средний диаметр отдельности в массиве (м), зависящий от категории пород по трещиноватости. Принять согласно п. 2.1 лабораторной работы 1 (может быть принято по фактическим данным или на основании табл. 2.1).

$K_{сз}$ – коэффициент, учитывающий фактическую форму и степень сосредоточения заряда по длине скважины (табл. 2.4);

$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий объем взрываемой породы и зависящий от высоты уступа $H_у$;

$$K_{об} = \sqrt[3]{\frac{15}{H_у}} \text{ – для уступов высотой до 18 м;}$$

$$K_{об} = \sqrt[3]{\frac{H_у}{15}} \text{ – для уступов высотой более 18 м;}$$

$K_{сп}$ – коэффициент, учитывающий количество свободных поверхностей. При двух свободных поверхностях (взрывание на свободный откос) $K_{сп}$ = 8. При одной свободной поверхности (взрывание в зажатой среде) $K_{сп}$ = =10.

Таблица 2.4

Значения коэффициентов сосредоточенности зарядов ВВ ($K_{сз}$)

Диаметр скважин, мм	Классы и категории пород по взрываемости				
	I	II	III	IV	V
	1, 2, 3, 4, 5	6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15	16, 17, 18, 19, 20	21, 22, 23, 24, 25
100	0,95 – 0,93	0,92 – 0,90	0,89 – 0,86	0,85 – 0,83	0,82 – 0,80
150	0,98 – 0,97	0,96 – 0,95	0,95 – 0,94	0,94 – 0,93	0,93 – 0,92
200	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
250	1,03 – 1,04	1,04 –1,05	1,05 – 1,06	1,06 – 1,07	1,07 – 1,08
300	1,06 – 1,07	1,08 – 1,10	1,10 – 1,11	1,12 –1,13	1,13 – 1,15
350	1,10 – 1,12	1,13 – 1,15	1,16 – 1,19	1,19 – 1,22	1,23 – 1,25

Полученное значение расчетного удельного расхода ВВ применяется для зарядов первого ряда. Для зарядов второго и последующих рядов, а также при взрывании на подпорную стенку, оно увеличивается:

– для пород I – III категории трещиноватости на 5 – 10 %;

– для пород IV – V категории трещиноватости на 12 – 15% или в соответствии с табл. 2.5.

Метод института «Гипроруда» [11, 6]. Эталон ный удельный расход ($q_э$) для условий: эталонный ВВ – аммонит № 6ЖВ или граммонит 79/21; породы V категории по трещиноватости с коэффициентом крепости по шкале М. М. Протодьяконова 6 – 10; заряд вертикальный диаметром 250 мм; размер кондиционного куска – 500 мм, установленный на основании обобщения практического опыта, приведен в табл. 2.6.

Таблица 2.5

Увеличение расхода ВВ для зарядов во втором и последующих рядах в зависимости от трещиноватости пород

Категория трещиноватости пород……	I	II	III	IV	V
Коэффициент увеличения заряда ВВ……	1,05	1,07	1,10	1,12	1,15

Таблица 2.6

Эталонный удельный расход ВВ (по методике Гипроруды), кг/м^3

Категория пород по трещиноватости	Коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова			
	2 – 6	6 – 10	10–14	> 14
I	0,20	0,25	0,3	0,35
II	0,30	0,35	0,4	0,45
III	0,45	0,50	0,6	0,67
IV	0,67	0,75	0,8	0,90
V	0,90	1,00	1,1	1,20

Проектный (расчетный) расход эталонного ВВ ($q_р^э$, кг/м^3) вычисляется, исходя из следующего соотношения:

$$q_р^э = q_э K_{дс} K_{др} K_β, \quad (2.4)$$

а проектный (расчетный) расход выбранного (принятого) ВВ ($q_р$, кг/м^3):

$$q_Р = q_э K_{ВВ} K_{дс} K_{др} K_β, \quad (2.4')$$

где $K_{ВВ}$, $K_{дс}$, $K_{др}$, $K_β$ – коэффициенты, учитывающие соответственно тип ВВ, диаметр скважины (табл. 2.7), степень дробления (табл. 2.8) и угол наклона скважины к горизонту β при $β = 90°$ $K_β = 1$, при $β < 90°$ $K_β = 0{,}93 \div 0{,}95$.

Трещиноватость пород принимается по фактическим данным, либо по данным геологоразведки в соответствии с табл. 2.1. В учебном варианте задается в исходных данных.

Таблица 2.7

Величина поправочных коэффициентов, учитывающих размер диаметра скважины

Диаметр скважины, мм	100	125	160	200	250	320	350	400
Поправочный коэффициент ($K_{дс}$)….	0,92	0,93	0,95	0,98	1,0	1,05	1,07	1,10

Таблица 2.8

Величина поправочных коэффициентов на размер кондиционных кусков

Требуемый размер кондиционного куска, мм	100	250	500	750	1000	1250	1500	2000
Поправочный коэффициент ($K_{др}$)….	1,90	1,30	1,00	0,85	0,75	0,70	0,65	0,55

Проектный расход ВВ для второго и последующих рядов, а также при взрывании на подпорную стенку, увеличивается:

- для пород I – III категории трещиноватости на 5 – 10 %;
- для пород IV – V категории трещиноватости на 12 – 15%, или в соответствии с табл. 2.5.

Метод Союзвзрывпрома [11], [6]. Эталонный удельный расход ($q_э$) для условий: эталонный ВВ – аммонит № 6ЖВ или граммонит 79/21; вертикальный заряд, для пород различной крепости, установленный на основании обобщения практического опыта, приведен в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Удельный расход ВВ (аммонит № 6ЖВ) при взрывании вертикальных скважинных зарядов, кг/м^3

Группа пород по ЕНиР 1974 г. (коэффициент крепости пород)							
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
(До 1)	(1,5–2)	(3–4)	(5–6)	(7–10)	(9–11)	(12–15)	(16–20)
0,30 – 0,40	0,35 – 0,50	0,40 – 0,55	0,55 – 0,65	0,60 – 0,75	0,60 – 0,75	0,70 – 0,80	0,85

Проектный (расчетный) расход эталонного ВВ ($q_р^э$, кг/м^3) вычисляется, исходя из следующего соотношения:

$$q_р^э = q_э K_\beta, \qquad (2.5)$$

а проектный (расчетный) расход выбранного (принятого) ВВ ($q_р$, кг/м^3):

$$q_р = q_э K_{ВВ} K_\beta, \qquad (2.5')$$

где $K_{ВВ}$, K_β – коэффициенты, учитывающие соответственно тип ВВ и угол наклона скважины к горизонту β при β = 90° $K_\beta = 1$, при β < 90° K_β = 0,93 ÷ 0,95.

Проектный расход ВВ для второго и последующих рядов, а также при взрывании на подпорную стенку, увеличивается:

- для пород I – III категории трещиноватости на 5 – 10 %;
- для пород IV – V категории трещиноватости на 12 – 15%, или в соответствии с табл. 2.5.

Метод расчета удельного расхода ВВ по эмпирическим зависимостям

Кутузовым Б. Н. предложена формула для определения удельного расчетного расхода ВВ (в кг/м^3) [8,14]. В расчете на выход негабарита не более 3 %:

$$q_р = 0{,}13\gamma K_{ВВ} \sqrt[4]{f} \sqrt[3]{\frac{l_д}{4d_{ср\,рац}}} \left(0{,}6 + 3{,}3 l_{ср} d_{ск}\right) \left(\frac{50}{l_д}\right)^{\frac{2}{5}}, \qquad (2.6)$$

где f – коэффициент крепости;

$l_{ср}$ – средний диаметр отдельности во взрываемом массиве, м;

$d_{ск}$ – диаметр скважины, м;

$l_д$ –величина негабаритного куска в развале взорванной горной массы, см;

γ – плотность взрываемой породы, т/м^3;

$d_{ср\,рац}$ – средний размер (диаметр) куска взорванной горной массы, см.

Репиным Н. Я. на основании опытно-экспериментальных исследований, проведенных на угольных разрезах, установлена эмпирическая модель удельного расчетного расхода ВВ при следующих исходных данных: высоте уступа, диаметре и угле наклона скважины, трещиноватости массива и среднем диаметре куска в развале горной массы.

$$q_р = \left(\frac{1}{d_{ср\,рац}} - \frac{1}{l_{ср}}\right) \frac{d_{ск} + \beta}{H_у + 250} \text{ кг/м}^3, \qquad (2.8)$$

где $H_у$ – высота уступа, м;

$d_{с.к}$ – диаметр скважины, мм;

β – угол наклона скважины к горизонту, градус;

$d_{ср\,рац}$ – средний размер (диаметр) куска взорванной горной массы, м.

В случае если допустимый процент выхода негабарита (см. приложение 1, таб. П.1.1) более 3%, удельный расчетный расход ВВ предлагается скорректировать по следующей формуле [14]:

$$q = q_{\text{р}} \frac{V_{\text{н.м}} - V_{\text{н}}}{V_{\text{н.м}}} \text{ кг/м}^3, \qquad (2.7)$$

где $V_{\text{н.м}}$ – содержание негабарита в массиве до взрыва, %; определяется в соответствии с категорией трещиноватости по табл. 2.1 в расчете на фракцию $+l_{\text{д}}$ мм;

$V_{\text{н}}$ – содержание негабарита в разрыхленном после взрыва массиве (допустимый процент выхода негабарита, табл. П.1.1), %.

Влияние обводненности пород на качество их взрывного дробления предлагается в соответствии с рекомендациями Кузнецкого филиала НИИОГР учитывать умножением расчетного расхода ВВ на коэффициент $K_{\text{вод}}$, учитывающий обводненность пород (табл. 2.10). Оценка обводненности пород производится по высоте столба воды в скважине $h_{\text{в}}$. Выделяется три степени обводненности пород: первая – высота столба воды в скважине не превышает величину перебура (условно сухие породы); вторая – высота столба воды не превышает половины высоты уступа (обводненные породы); третья – высота столба воды превышает половину высоты уступа (сильнообводненные породы).

Таблица 2.10

Коэффициент $K_{\text{вод}}$, учитывающий влияние обводненности пород на качество их взрывного дробления

Категория пород по блочности	Значение коэффициента, учитывающего обводненность пород при высоте столба воды в скважине		
	$h_{\text{в}} < 0{,}1H_{\text{у}}$	$h_{\text{в}} = (0{,}1 - 0{,}5)H_{\text{у}}$	$h_{\text{в}} > 0{,}5H_{\text{у}}$
I	1	1,0 – 0,90	0,90 – 0,85
II	1	1,0 – 1,05	1,04 – 1,07
III	1	1,0 – 1,04	1,07 – 1,13
IV	1	1,0 – 1,09	1,09 – 1,15
V	1	1,0 – 1,10	1,10 – 1,20

При взрывании условно сухих пород корректировка удельного расхода ВВ не производится. При $h_{\text{в}} > 0{,}1H_{\text{у}}$ осуществляется корректировка проектного значения удельного расхода ВВ с учетом коэффициента $K_{\text{вод}}$.

Корректировка величины удельного расхода ВВ производится и при взрывании вечномерзлых пород. В этом случае величина расчетного удельного расхода ВВ увеличивается на 15 %.

7. Учитывая исходные данные, **определить коэффициент сближения скважин и принять форму сетки скважин**.

В настоящее время в практике взрывных работ при определении и оценке параметров сетки скважин широко используется коэффициент сближения m – отношение расстояния между скважинами в ряду a к линии сопротивления по подошве уступа W. При короткозамедленном взрывании расстояние между рядами скважин b принимается обычно равным величине W. Поэтому в дальнейшем под коэффициентом сближения скважин понимается как отношение a/W, так и, в равной степени, отношение a/b.

Для каждого конкретного случая существует определенное значение m, при котором обеспечивается наиболее высокое разрушающее действие зарядов; оно принимается обычно за оптимальное и используется при определении размеров сетки скважин. На практике значение m изменяется от 0,3 до 1,9, а установленная экспериментально оптимальная его величина – от 0,7 до 1,6.

Форма сетки скважин влияет на качество дробления. В зависимости от условий взрывания лучшее дробление достигается при шахматной, прямоугольной или квадратной форме сетки.

Опытные данные о зоне дробления пород скважинными зарядами [10] показывают, что форма ее в плоскости перпендикулярной оси заряда эллипсовидная. Меньшая ось эллипса перпендикулярна направлению наиболее частой трещиноватости во взрываемом массиве. Установлено, что если размеры сетки скважин определяются абсолютными размерами зоны дробления, то форма сетки – ориентировкой осей эллипса по отношению к линии откоса уступа.

При этом оптимальная форма сетки скважин должна обеспечивать максимально равномерное насыщение массива объемами дробления и минимальное значение площади S_o, расположенной между касающимися зонами дробления (рис. 2.1). Это может быть обеспечено при условии, что коэффициент сближения скважин будет принят на основе расчета по формуле [10, с. 103]:

$$m = \frac{2K_{\text{ф}}}{\sqrt{3}\left[1 + \left(K_{\text{ф}}^2 - 1\right)sin^2\,\varphi\right]}, \qquad (2.9)$$

где $K_{\text{ф}}$ – коэффициент формы зоны дробления;

$$K_{\text{ф}} = \frac{L_2}{L_1} = 0{,}5(1 + K_{\text{а}}); \qquad (2.10)$$

$K_{\text{а}}$ – коэффициент анизотропии взрываемого массива. Определяется либо по табл. 2.2, либо так:

$$K_{\text{а}} = \frac{r_{\text{г}}}{r_{\text{п}}}, \qquad (2.11)$$

где $r_{\text{г}}$ – наибольшая частота трещин; направление наибольшей частоты трещин это направление главной оси анизотропии, м$^{-1}$;

$r_п$ – частота трещин в направлении, перпендикулярном к главной оси анизотропии, $м^{-1}$;

ψ – угол между направлением наибольшей оси зоны дробления (направлением наиболее частых трещин) и направлением линии уступа, град.;

$$\psi = | \theta - \theta_o |,$$

где θ – азимут направления наибольшей оси зоны дробления (может быть определен опытным взрыванием скважинного заряда в данном массиве), град.;

θ_o – азимут направления линии откоса уступа, град.

Форма сетки скважин должна приниматься при этом в соответствии со значением угла ψ. При $0^o \le \psi \le 30^o$ или $60^o \le \psi \le 90^o$ следует принимать шахматную, а при $30^o \le \psi \le 90^o$ – прямоугольную сетку скважин.

Конкретные значения коэффициента сближения и форма сетки скважин на предприятии устанавливаются и корректируются на основе анализа опыта ведения взрывных работ и в процессе доразведки месторождения и уточнения пространственного расположения систем трещин в массиве.

При проектировании, если нет достаточной информации о трещиноватости горного массива, величину коэффициента сближения скважин возможно принять в соответствии с рекомендациями М. Ф. Друкованого [5]:

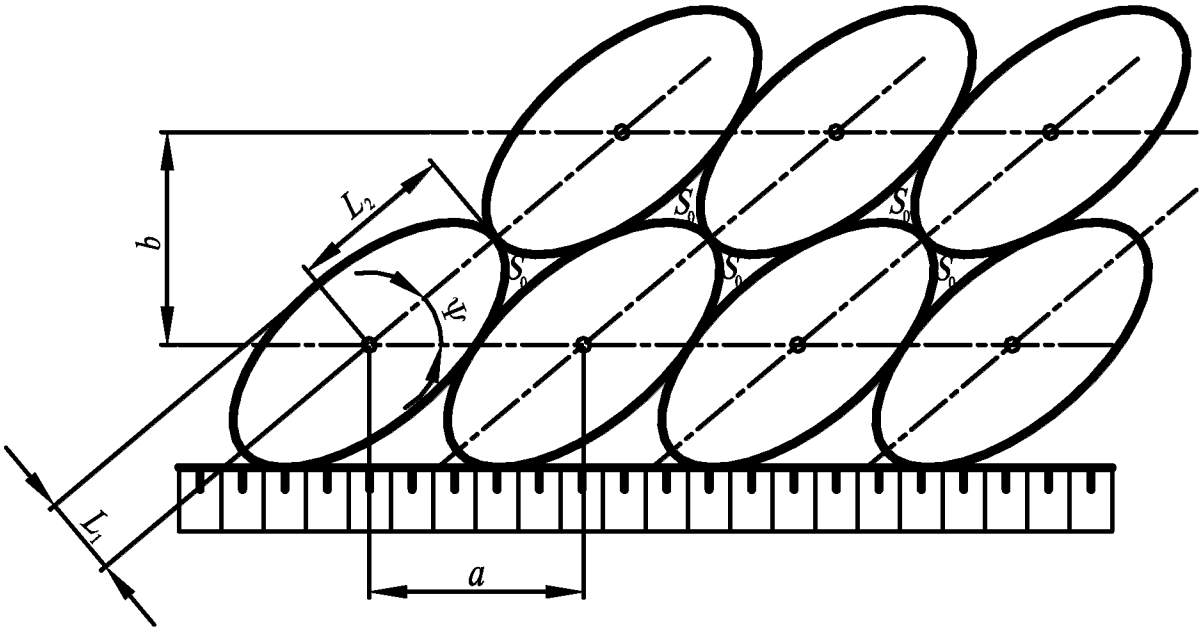


Рис. 2.1. Схема к определению коэффициента сближения и формы сетки скважин

1) при мгновенном взрывании серии скважин в ряду рекомендуется принимать квадратную сетку расположения скважин с коэффициентом сближения, равным единице;

2) при короткозамедленном взрывании зарядов в ряду коэффициент сближения должен составлять 1,2 – 1,4.

Если имеется информация о трещиноватости массива и о пространственном расположении трещин в нем, коэффициент сближения скважин и форма сетки могут быть приняты в соответствии с формулой (2.9) и рекомендациями [9, с. 104, 10, с. 105].

В качестве первичной исходной информации о трещиноватости массива могут быть использованы данные табл. П.1., 2.1.

8. Определить линию сопротивления по подошве (Л.С.П).

Линия сопротивления по подошве (Л.С.П.)– минимальное расстояние от скважины первого ряда до нижней бровки взрываемого уступа. По ней определяют положение первого ряда скважин. Различают расчетную линию сопротивления по подошве, минимально допустимую линию сопротивления по подошве, проектную и фактическую линию сопротивления по подошве.

Расчетная Л.С.П. ($W_р$, м) определяется по расчетным формулам.

Проектная Л.С.П. ($W_{пр}$, м) принимается на основе расчетной с учетом конкретных условий проектируемого карьера для составления проекта буровзрывных работ и должна быть не более расчетной.

Фактическая линия сопротивления по подошве ($W_ф$, м) – минимальное расстояние от скважины первого ряда до нижней бровки уступа, соответствующее его фактическим контурам. Определяется маркшейдерскими замерами, используется для корректировочных расчетов параметров взрывных работ и не должна быть больше расчетной Л.С.П.

Минимально допустимая линия сопротивления подошве ($W_{мин}$, м) определяется условием безопасности, которое исключает нахождение станка при бурении в призме возможного обрушения уступа:

$$W_{\text{мин}} = H_{\text{у}}\, ctg\,\alpha_{\text{р}} + C \geq H_y ctg\alpha_y, \qquad (2.12)$$

где $\alpha_у$, $\alpha_р$ – углы откоса соответственно нерабочего и рабочего уступа, град.;

C – допустимое расстояние от верхней бровки уступа до скважин первого ряда (не менее ширины призмы возможного обрушения уступа)

$$C = H_{\text{у}}\left(ctg\,\alpha_{\text{у}} - \text{ctg}\,\alpha_{\text{р}}\right) \geq 2.$$

Расчетная линия сопротивления по подошве ($W_р$, м) определяется радиусом зоны дробления горной массы и зависит, в основном, от величины заряда в скважине, его конструкции и от взрываемости горных пород.

Азарковичем А. С. и Давыдовым С. А. предложена эмпирическая формула для определения расчетного предельного значения лини сопротивления по подошве для вертикальной одиночной скважины ($W_р^{од}$, м):

$$W_{\text{р}}^{\text{од}} = 53 k_{\text{т}} d_{\text{ск}} \sqrt{\frac{\Delta}{\gamma K_{\text{ВВ}}}}, \qquad (2.13)$$

где $k_т$ – коэффициент, учитывающий трещиноватость взрываемого массива и равный для монолитных пород единице; для трещиноватых – 1,1; для сильнотрещиноватых – 1,2;

Δ – плотность заряжания, кг/дм^3;

$d_{ск}$ – диаметр скважины, м.

Трест «Союзвзрывпром» рекомендует определять расчетную линию сопротивления по подошве для вертикальной одиночной скважины по формуле

$$W_{\text{р}}^{\text{од}} = \sqrt{\frac{p}{q_{\text{р}}}}, \qquad (2.14)$$

где p – вместимость одного метра скважины, кг/м.

$$p = 1000\pi\frac{d_{\text{ск}}^2}{4}\Delta. \qquad (2.15)$$

При многорядном короткозамедленном взрывании, когда коэффициент сближения скважин $m > 1{,}2$, расчетная линия сопротивления по подошве определится: $W_{\text{р}} = W_{\text{р}}^{\text{од}}$. (2.16)

При мгновенном взрывании следует учитывать взаимодействие зарядов с помощью коэффициента равного $(1{,}6 - 0{,}5\,m)$.

При этом

$$W_{\text{р}} = W_{\text{р}}^{\text{од}}(1{,}6 - 0{,}5m). \qquad (2.17)$$

где k_w – коэффициент пропорциональности:

Категория трещиноватости	I	II	III	IV	V
k_w	45–50	40–45	35–40	30–35	25–30

Одно из полученных значений $W_{\text{р}}$ принять за проектное $W_{\text{пр}}$ и проверить условие: $W_{\text{пр}} \geq W_{\text{мин}}$. Если данное условие выполняется, то фактическая линия сопротивления по подошве ($W_{\text{ф}}$) должна отвечать условию $W_{\text{пр}} \geq W_{\text{ф}} \geq W_{\text{мин}}$. Если не выполняется, то необходимо по первому ряду скважин или по всему блоку перейти на наклонные, или на парносближенные вертикальные, или на котловые заряды.

Проектную линию сопротивления по подошве для наклонных скважин ($W_{\text{пр}}^{\text{н}}$, м) с углом наклона к горизонту β принимают равной: $W_{\text{пр}}^{\text{н}} = W_{\text{пр}}/\sin\beta$. А минимально допустимую линию сопротивления подошве ($W_{\text{мин}}$, м) равной:

$$W_{\text{мин}} = C + H_y ctg\alpha_p - H_y ctg\beta$$

Для парносближенных вертикальных зарядов проектная линия сопротивления по подошве ($W_{\text{пр}}^{\text{пс}}$, м) принимается равной: $W_{\text{пр}}^{\text{пс}} = W_{\text{пр}}\sqrt{2}$

Для котловых зарядов проектная линия сопротивления по подошве ($W_{\text{пр}}^{\text{н}}$, м) принимается равной: $W_{\text{пр}}^{\text{к}} = (0{,}6 - 0{,}9)H_{\text{у}}$.

Значение проектной Л.С.П. должно удовлетворят условию $W_{\text{пр}} \geq W_{\text{мин}}$. Если это условие не выполняется, то необходимо для первого ряда скважин или для всего блока принять наклонные, или парносближенные (п. 16), или котловые заряды (п.13).

9. Определить параметры сетки скважин.

Расстояние между скважинами в ряду (a, м)

$$a = mW_{\text{пр}} \text{ м}; \tag{2.18}$$

Расстояние между рядами скважин (b, м)

$$b = (0{,}85 \div 1{,}0)W_{\text{пр}} \text{ м}, \tag{2.19}$$

где меньшее значение коэффициента применяется для трудновзрываемых пород, большее – для легковзрываемых.

Если первый ряд скважин наклонный, а остальные скважины вертикальные, то расстояние межу первым и вторым рядом составит:

$$b_{1-2} = (0{,}85 \div 1{,}0)W_{\text{пр}} - H_{\text{у}}\, ctg\, \beta.$$

10. Рассчитать параметры конструкции заряда.

10.1. **Определение перебура**. Назначение перебура – обеспечение и поддержание проектных отметок уступов путем достаточного разупрочнения его подошвы взрывом. Однако:

– перебур это увеличение длины скважины и, следовательно, снижение выхода горной массы с одного метра скважины;

– наличие большого заряда в перебуре приводит к формированию дополнительных сейсмических колебаний в массиве и системы трещин в верхней части нижележащего уступа, усложняющей бурение и управление результатами взрывания;

– если значительная часть заряда сосредоточена в перебуре при значительной его величине, то верхняя часть скважины недостаточно заполняется взрывчатым веществом, что приводит к повышенному выходу негабарита.

Все это определяет значимость правильного определения величины перебура как параметра конструкции заряда.

Практика ведения взрывных работ в карьере показывает, что величина достаточного перебура зависит от взрываемости пород в подошве уступа, высоты уступа, линии сопротивления по подошве, диаметра скважины (т. е. величины заряда в скважине), схемы коммутации взрывной сети. При этом увеличивать величину перебура свыше 3,0 – 3,5 м не рационально. В то же время, если нижняя часть уступа и его подошва представлены слабыми породами или недопустимо перемешивание пород верхнего и нижнего уступа, то заряд выполняется без перебура. При этом недобур в зависимости от крепости пород принимается равным 0,5 – 1,5 м.

В настоящее время величина перебура ($l_{\text{пер}}$, м) определяется по одной из следующих формул:

$$l_{\text{пер}} = (0{,}2 \div 0{,}3) W_{\text{пр}}; \qquad (2.20')$$

$$l_{\text{пер}} = (0{,}1 \div 0{,}2) H_y; \qquad (2.20'')$$

$$l_{\mathbf{пер}} = \sqrt{H_{\mathbf{у}}^2 + W_{\mathbf{пр}}^2} - H_{\mathbf{у}}; \qquad (2.20''')$$

$$l_{\text{пер}} = 0{,}5 q_{\text{р}} W_{\text{пр}}; \qquad (2.20'''')$$

$$l_{\text{пер}} = K_{\text{пер}}\, d_{\text{ск}}, \qquad (2.20''''')$$

где $K_{\text{пер}}$ – коэффициент перебура, учитывающий взрываемость пород.

Класс пород по взрываемости (по В. В. Ржевскому)	I	II	III	IV	V
$K_{\text{пер}}$ ……	6 – 8	8,1 – 10	10,1 – 12	12,1 – 14	14,1 – 16

Сотрудником ЦПЭССЛ «Союзвзрывпрома» В. М. Борычевым на основе статистической обработки теоретических и практических данных предложена следующая формула для определения рационального значения перебура:

$$l_{\text{пер}} = \frac{W_{\text{пр}}}{d_{\text{ск}}^{2/3}} \left(0{,}12F^2 - F + 6{,}5\right)\left(0{,}16 + 1{,}36 \lg H_{\text{у}}\right), \qquad (2.21)$$

где F – номер группы, к которой относятся породы по классификации СНиП определяется из соотношения:

$$f = \left(\frac{F}{2{,}5}\right)^2; \qquad F = 2{,}5\sqrt{f}.$$

При взрывании в зажатой среде и для врубовых рядов величина перебура увеличивается на 1,0 – 1,5 м. При бурении наклонных скважин она уменьшается на 30 – 40 %.

10.2. **Определение длины скважины** ($l_{\text{ск}}$, м)

$$l_{\text{ск}} = \frac{H_{\text{у}}}{\sin \beta} + l_{\text{пер}}. \qquad (2.22)$$

10.3. **Определение длины забойки.** Принято считать, что забойка обеспечивает:

– увеличение эффекта действия взрыва за счет уменьшения потерь энергии при детонации ВВ, увеличения длительности действия газов взрыва на стенки скважины;

– уменьшение силы воздушной ударной волны;

– уменьшение разброса кусков породы при взрыве;

– уменьшение количества ядовитых газов в продуктах взрыва.

Длина забойки должна быть рациональной, так как её увеличение приводит к снижению качества дробления верхней части уступа.

Длина забойки ($l_{\text{заб}}$, м) может быть определена по одной из следующих формул:

$$l_{\text{заб}} = (0{,}5 \div 0{,}75) W_{\text{пр}}; \qquad (2.23')$$

$$l_{\text{заб}} = (25 \div 35) d_{\text{ск}}. \qquad (2.23'')$$

При $d_{ск}$ равном 200 – 300 мм длина забойки определится:

для сильно трещиноватых пород

$$l_{заб} = (0{,}15 \div 0{,}20) l_{ск} \quad \text{при } H_у \le 15 \text{ м;} \qquad (2.24')$$

$$l_{заб} = 2 \div 3 \text{ м} \quad \text{при } H_у > 15 \text{ м.} \qquad (2.24'')$$

для пород средней трещиноватости

$$l_{заб} = (0{,}2 \div 0{,}3) l_{ск} \quad \text{при } H_у \le 15 \text{ м;} \qquad (2.25')$$

$$l_{заб} = 4 \div 5 \text{ м} \quad \text{при } H_у > 15 \text{ м.} \qquad (2.25'')$$

Для зарядов с воздушным промежутком длина забойки уменьшается на 20 – 30 %.

10.4. **Предельно допускаемая длина заряда** ($[l_{зар}]$, м).

$$[l_{зар}] = l_{ск} - l_{заб}. \qquad (2.26)$$

10.5. **Определение величины заряда в скважине.**

10.5.1. **Величина заряда, который можно разместить в скважине** (Q', кг):

$$Q' = p[l_{зар}]. \qquad (2.27)$$

10.5.2. **Величина заряда, который необходимо разместить в скважине** (Q, кг):

для первого ряда (Q_1, кг):

- вертикальных скважин $Q_1 = H_у W_{пр} a q_р$; (2.28)

- наклонных зарядов $Q_1 = H_у W^{н}_{пр} a q_р$

для второго и последующих рядов (Q_2, кг):

$$Q_2 = H_у b a q_{р2}. \qquad (2.29)$$

Если первый ряд наклонные скважины, а второй и последующие ряды вертикальные, то величина заряда скважин первого вертикального ряда ($Q_{1в}$, кг) определяется по формуле:

$$Q_{1в} = H_у W_{пр} a q_{р2}, \qquad (2.30)$$

а для скважин остальных вертикальных рядов по формуле (2.29), где $q_р$ – удельный расход ВВ для первого ряда скважин, кг/м^3; $q_{р2}$ – удельный расход ВВ для второго и последующих рядов скважин, кг/м^3.

10.6. **Если $Q < Q'$,** то рассчитывают проектную длину заряда для каждого ряда скважин, м

$$l_{зар} = \frac{Q}{p}. \qquad (2.31)$$

Затем корректируют длину забойки $l^{к}_{заб} = l_{ск} - l_{зар}$. Если откорректированная длина забойки выше рациональной (формулы (2.23′) – (2.25″)), то рассредоточивают заряд так, чтобы в нижней части скважины было 2/3 части всего

заряда. Разделение заряда производят либо забоечным материалом так, чтобы обеспечить ранее рассчитанную длину забойки, либо воздушным промежутком (см. п.п. 14).

10.7. **Если $Q_1 > Q'$,** то необходимо уменьшить линию сопротивления до значения ($W_{\text{пр}}^{\text{кор}}$, м):

$$W_{\text{пр}}^{\text{кор}} = \sqrt{\frac{Q'}{h_{\text{у}} m q_{\text{р}}}} \quad . \tag{2.32}$$

Если выполняется условие $W_{\text{пр}}^{\text{кор}} \geq W_{\text{мин}}$, то принимаем $W_{\text{пр}} = W_{\text{пр}}^{\text{кор}}$ и корректируем параметры сетки скважин по формулам (2.18) и (2.19) и с учетом ниже приведенной формулы, а также корректируем значение всех величин, зависящих от $W_{\text{пр}}$:

$$b_{\text{к}} = \frac{Q'}{H_{\text{у}} m W_{\text{пр}}^{\text{кор}} q_{\text{р2}}} \quad . \tag{2.33}$$

Если данное условие не выполняется, то необходимо по первому ряду скважин или по всему блоку перейти на наклонные, или на парносближенные (п. 16), или на котловые заряды (п.13).

11. Учитывая исходные данные, **выбрать схему коммутации взрывной сети**.

От правильно выбранной схемы коммутации зависит интенсивность и равномерность дробления, ширина, форма и направление развала взорванной горной массы, размеры сейсмобезопасной зоны, интенсивность заколообразования в глубь массива и безотказность взрывания.

Существуют примерно 40 вариантов различных схем коммутации. В основе их лежат четыре базовых схемы: с продольным (порядные продольные), поперечным (порядные поперечные), диагональным (диагональные) и радиальным (радиальные) расположением взрываемых рядов скважин. Выбор и применение конкретной схемы определяется совокупностью конкретных требований к результатам взрыва. Первые две применяются при рыхлении легко– и средневзрываемых пород, третья и четвертая при рыхлении средне– и трудновзрываемых пород.

Опыт взрывных работ в карьерах показывает, что при наличии широких рабочих площадок на уступах рационально применение диагонально-волновых схем, волновых и даже порядных схем с взрыванием зарядов через интервал в каждом ряду. Возможны схемы взрывания с врубовыми зарядами. При завышенной ЛСПП взрывание с замедлением через один ряд не обеспечивает преодоления сопротивления первого ряда, а поэтому рекомендуется взрывание групп скважин.

Для обеспечения высокой степени дробления и минимального развала горной массы при взрыве уступов с малыми площадками наиболее приемлемы диагональные или диагонально-волновые схемы взрывания.

При крутом падении пластов желательно, чтобы действие зарядов было направлено вкрест простирания пластов (слоев пород). Это же условие сохраняется в массивах с ориентированной системой трещин.

При однорядном взрывании применяются, в основном, схемы коммутации через один заряд или с замедлением на каждую скважину.

С точки зрения дробления горной породы и уменьшения ширины развала наиболее эффективной является схема с последовательным замедлением на каждую скважину.

Для выбора схемы коммутации взрывной сети применительно к заданному варианту расчетов рекомендуется использовать информацию [5, с. 240 –256], [8, с. 154–160], а также прил. 5.

По принятой схеме коммутации определяется угол φ_o между линией откоса уступа (её направление, как правило, совпадает с направлением рядов скважин он) и линией одновременно взрываемых зарядов (рис. 2.2). От этого угла зависит направление и ширина развала. При $\varphi_o = 0^o$ (порядная продольная схема) ширина развала максимальная; при $\varphi_o = 90°$ (порядная поперечная схема) ширина развала минимальная.

При оценке схемы коммутации сегодня, наряду с коэффициентом сближения скважин, используется коэффициент сближения зарядов ($m_з$) – отношение расстояния между одновременно взрываемыми зарядами к расстоянию между линиями расположения соседних групп одновременно взрываемых зарядов:

$$m_з = \frac{\sqrt{(K_a a)^2 + b^2}}{a \sin \varphi_o}, \qquad (2.34)$$

где K_a – количество межскважинных интервалов горизонтального ряда на отрезке горизонтального проложения линии между двумя одновременно взрываемыми зарядами диагональной группы.

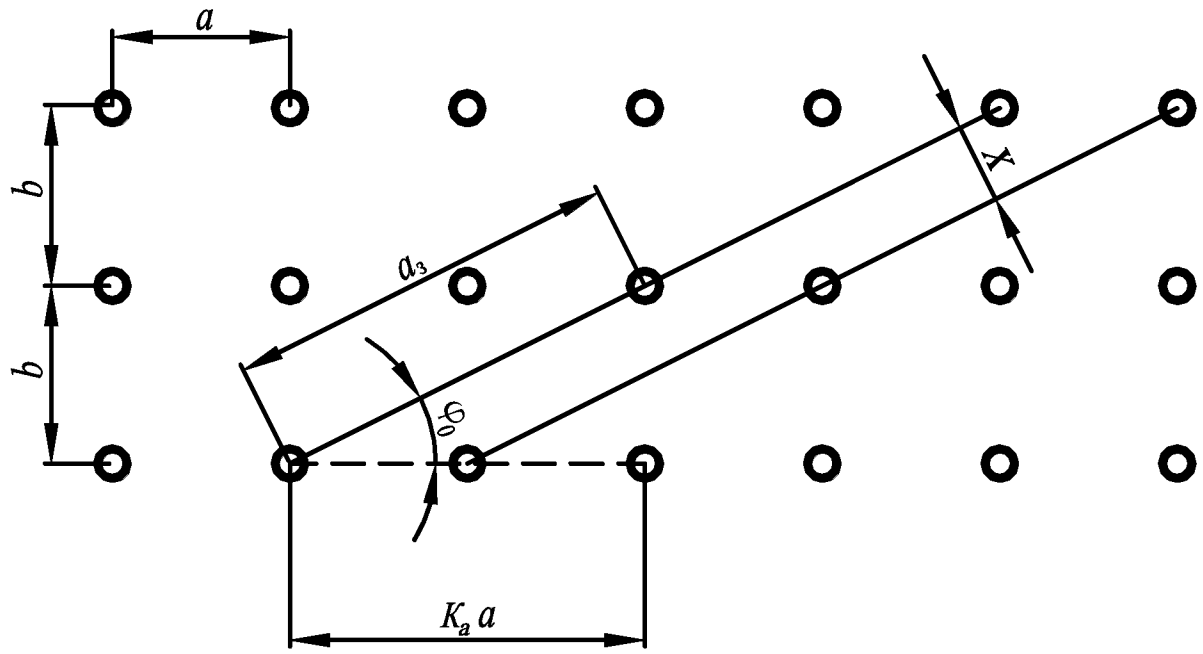


Рис. 2.2. К определению коэффициента сближения зарядов:

$$a_з = \sqrt{(K_а a)^2 + b^2}\ ; \qquad x = a \sin \varphi_о$$

При порядных схемах взрывания обычно $m_з = m$, при диагональных схемах, при рыхлении трудных и исключительно трудных пород, рекомендуется обеспечивать величину $m_з$ до 4–8. Это, как показывает опыт, позволяет обеспечить независимость действия одновременно взрываемых зарядов и повысить их КПД, существенно снизить выход негабаритов, снизить ширину развала и зоны заколообразования.

Расчет интервалов замедления между взрывами скважных зарядов или отдельных групп зарядов (τ, мс) производится по формуле:

$$\tau = 2W_{пр}\sqrt{\frac{\gamma}{q_р}}\ . \qquad (2.35)$$

При этом расстояние между линией одновременно взрываемых зарядов и ДШ последующей взрываемой секции должно отвечать условию

$$x' > (5 + 0{,}5\tau)d_{ск}, \qquad (2.35')$$

12. **Определить ожидаемые показатели взрывного рыхления горной массы и параметров взрывного блока**.

12.1. **Определить параметры развала взорванной горной породы**. Основными параметрами развала взорванной горной породы являются его ширины и высота. От величины и соотношения эти параметров зависит компактность развала, производительность и возможность селективной выемки пород. Значение этих параметров зависит в основном от горно-технологических свойств пород взрываемого массива, методов и параметров взрывных работ, способов взрывания зарядов. Формирование их носит случайный и достаточно неопределённый характер. Поэтому существуют несколько методов расчета параметров развала, результаты которых уточняются и корректируются в процессе практики эксплуатации карьера. Основные из них рассматриваются ниже.

Первый метод изложен в учебнике В. В. Ржевского. Согласно этому методу ширина развала взорванной горной массы ($B_р$, м) определяется как сумма ширин части развала от первого ряда скважин и оставшейся части ширины развала до границы взрывного блока:

$$B_р = B_1 + (n - 1)b = B_1 + A_{бл} - W_{пр}, \qquad (2.36)$$

где B_1 – ширина развала взорванной горной массы, начиная от первого ряда скважин;

n – количество рядов скважин в блоке;

$A_{бл}$ – ширина взрывного блока, м.

$$B_1 \approx K_в K_β K_з H_у \sqrt{q_р}\ , \qquad (2.37)$$

где $K_в$ – коэффициент, характеризующий взрываемость пород ($K_в$ = 2,0; 2,5; 3,0 соответственно для легко–, средне– и трудновзрываемых пород);

$K_β$ – коэффициент, учитывающий угол наклона скважины к горизонту β,

$$K_β = 1 + 0{,}5\sin 2\,(\pi/2 - \beta);$$

$K_з$ – коэффициент дальности отброса взорванной породы, зависящий от величины интервала замедления (τ).

Величина интервала замедления

τ, мс	0	10	25	50	75 и более
$K_з$	1	0,95	0,9	0,85	0,8

При порядной схеме взрывания для любых τ величина $K_з$ = 1.

Тогда количество рядов скважин в блоке (n) принимается как число

$$n = \frac{B_{р.тр} - B_1}{b} + 1,$$

округленное до ближайшего большего целого, если дробная часть больше или равна 0,5, и до ближайшего меньшего целого, если дробная часть меньше 0,5, где $B_{р.тр}$ – требуемая ширина развала, м (лабораторная работа № 1) .

Ширина взрывного блока:

$$A_{бл} = (n - 1)b + W_{пр}. \qquad (2.38)$$

Проектная величина развала ($B_р$, м)

$$B_р = B_1 + (n - 1)b. \qquad (2.39)$$

При *однорядном* взрывании на дробление вертикальными нормальными зарядами ($q_р = q_ф$) развал имеет форму, близкую к треугольнику, а при взрывании наклонными зарядами или вертикальными усиленными зарядами – трапециевидную. При этом длина верхнего основания трапециевидного профиля $l_{в.о} \approx 0{,}3(B_1 - W_ф) + 3{,}5$ м. Коэффициент разрыхлении ($K_р$) породы в развале составляет 1,4 – 1,6 для пород в отброшенной части развала и 1,2 – 1,3 для пород, расположенных в пределах взрываемого блока. Высота развала при вертикальных нормальных зарядах составляет $H'_{р.о} = 2H_у W_{пр} K_р / B_1$, а при наклонных и вертикальных усиленных – $H''_{р.о} = 2H_у W_{пр} K_р / (B_1 + l_{в.о})$.

При *многорядном* взрывании на свободную поверхность коэффициент разрыхления взорванных пород составляет: в пределах первого ряда – такой же как при однорядном взрывании, для второго и третьего рядов он уменьшается на 8 – 10 %, для четвертого-пятого – на 12 – 15 %, для шестого-восьмого – на 20 – 30%. При взрывании в зажатой среде в нижней части развала коэффициент разрыхления $K_р$ = 1,03÷1,1, в средней части развала $K_р$ = 1,12÷1,2, а в верхней части $K_р$ = 1,3÷1,5. Высота развала при многорядном взрывании без подпорной стенки, когда n = 2÷3, составляет $H_{р.мн} \approx (0{,}6 \div 1{,}0)H_у$, при $n > 3$ высота развала

$H_{\text{р.мн}} \approx (1{,}05 \div 1{,}30) H_{\text{у}}$, а при взрывании в зажатой среде высота развала $H_{\text{р.мн}} \approx (1{,}15 \div 1{,}40) H_{\text{у}}$.

В реальной практике четкое разделение зон развала с различной степенью разрыхлённости невозможно. Само значение коэффициента разрыхления зависит от множества факторов: физических и горно-технологических свойств пород, параметров буровзрывных работ, и не поддается достаточно адекватному описанию с помощью функциональных или статических математических моделей. Поэтому в расчетах его целесообразно определять с учетом вышеизложенных рекомендаций и здравого смысла. Для определения среднего по развалу коэффициента разрыхления можно использовать следующий алгоритм:

$$K_{\text{р.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_{p_i}}{n}, \tag{2.40}$$

где i – порядковый номер ряда скважин;

n – количество рядов скважин во взрываемом блоке;

$K_{\text{р}i}$ – коэффициент разрыхления взорванных пород в пределах i-го ряда скважин.

Второй метод изложен в «Нормативном справочнике по буровзрывным работам» [15] и в научных трудах, посвященных технологии буровзрывной подготовки горной массы на угольных разрезах [9]. Согласно этому методу ширина развала взорванной горной массы ($B_{\text{р}}$, м) определяется как сумма ширин части развала от нижней бровки взрываемого уступа и оставшейся части ширины развала до границы взрывного блока (ширины взрывного блока):

$$B_{\text{р}} = B_{\text{о}} + W_{\text{пр}} + (n - 1)\, b = B_{\text{о}} + A_{\text{бл}}, \tag{2.41}$$

где $B_{\text{о}}$ – ширина развала взорванной горной массы, начиная от нижней бровки взрываемого уступа, м;

В [8] величина $B_{\text{о}}$ определяется так:

$$B_{\text{о}} = 3{,}5 K_{\text{н}} K_{\text{сх}} H_{\text{у}} \sqrt[4]{F} \sqrt[3]{\frac{q_{\text{р}}}{H_{\text{у}}}}; \tag{2.42}$$

$$K_{\text{н}} = 1 + 0{,}5\left[1 - \left(\frac{\beta}{45} - 1\right)^2\right];$$

$$K_{\text{сх}} = 1 - 0{,}5\left[1 - \left(\frac{\varphi_0}{90} - 1\right)^2\right],$$

где $\varphi_{\text{о}}$ – угол между линией откоса уступа и линией одновременно взрываемых зарядов, град.

Согласно [9] $B_{\text{о}}$ определяется так:

$$B_o = P_1 + \sqrt{P_1^2 + \frac{2v_o^2 h_o \sin^2 \beta}{g}}(0{,}73 + 0{,}27\cos 2\varphi_o), \quad (2.43)$$

где v_o – начальная скорость кусков взорванной породы, м/с;

h_o – высота откольной зоны над подошвой уступа, м;

$$h_o = 0{,}5 l_{зар} - l_{пер};$$

$$P_1 = \frac{1}{g} v_o^2 \operatorname{ctg} \beta \sin^2 \beta;$$

$$V_o = 2v_c \sqrt{\left(\frac{q_p}{\pi \rho K_з}\right)^{\gamma}},$$

где v_c – скорость смещения частиц на стенке зарядной полости, м/с.

для мелкоблочных пород v_c = 3570 м/с, r = 1,3;

для среднеблочных – v_c = 3100 м/с, r = 1,28;

для крупноблочных – v_c = 2700 м/с, r = 1,25;

для весьма крупноблочных – v_c = 2260 м/с, r = 1,23;

для исключительно крупноблочных – v_c = 1880 м/с, r = 1,21;

g = 9,81 м/с^2;

ρ – плотность ВВ, кг/м^3;

$K_з$ – коэффициент заполнения скважин; $K_з = \frac{l_{зар}}{l_{ск}}$;

q_p – расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3.

Количество рядов скважин в блоке (n) принимается как число

$$n = \frac{B_{р.тр} - B_o - W_{пр}}{b} + 1, \quad (2.44)$$

округленное до ближайшего большего целого, если дробная часть больше или равна 0,5, и до ближайшего меньшего целого, если дробная часть меньше 0,5.

Ширина взрывного блока:

$$A_{бл} = (n - 1)\, b + W_{пр}. \quad (2.45)$$

Проектная величина развала ($B_р$)

$$B_р = B_o + W_{пр} + (n - 1)b. \quad (2.46)$$

При необходимости максимально приблизить значения $B_{р.тр}$ и $B_р$ путем изменения схемы коммутации взрывной сети соответствующим образом изменяют угол φ_o.

Средний коэффициент разрыхления пород в развале ($K_{р.ср}$) рекомендуется определять согласно логике, изложенной при описании первого метода.

Максимальная высота развала взорванной горной массы ($H_р$, м) согласно [8]:

$$H_{\text{р}} = \frac{K_{\text{р.ср}} H_{\text{у}}}{1 + \dfrac{B_{\text{о}} - W_{\text{пр}}}{2A_{\text{бл}}}}. \qquad (2.47)$$

По [9] линия поверхности развала определяется согласно схеме на рис. 2.3 и ниже приведенным формулам:

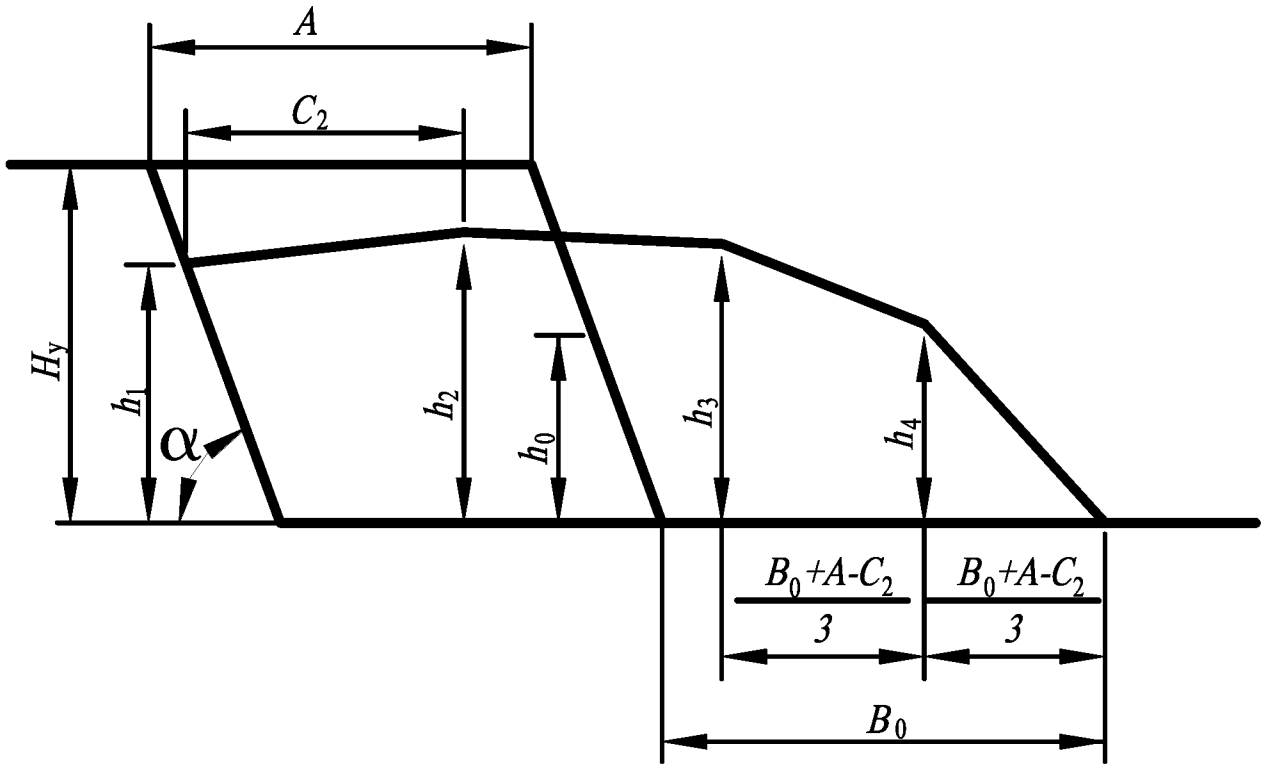


Рис. 2.3. Форма и параметры развала

$$H_{\text{р}} = h_2 = K_{\text{р.ср}} H_{\text{у}} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \dfrac{K_{\text{р.ср}} H_{\text{у}} A_{\text{бл}}}{B_{\text{о}}^2} \right)^2} \right];$$

$$C_2 = 1{,}12 / A_{\text{бл}} q_{\text{р}};$$

$$h_1 = \frac{2{,}8 A_{\text{бл}} H_{\text{у}}^2}{\left(A_{\text{бл}} + H_{\text{у}} \right)\left(0{,}8 B_{\text{о}} + H_{\text{у}} \right)};$$

$$h_3 = \frac{1{,}125 H_{\text{у}}}{0{,}8 + 0{,}3 \left(\dfrac{B_{\text{о}}}{A_{\text{бл}}} \right)^2};$$

$$h_з = \frac{0{,}75 H_у}{0{,}8 + 0{,}3\left(\frac{B_о}{A_{бл}}\right)^2}.$$

12.2. **Определение параметров взрывного блока.** С учетом принятого в лабораторной работе 1 количества заходок ($n_з$) экскаватора для выемки разрыхленной взрывом горной массы уточняется ширина одной экскаваторной заходки ($A_{з.р}$, м):

$$A_{з.р.} = \frac{B_р}{n_з} \le A_з.$$

Длина взрывного блока ($L_{бл}$, м) составляет:

$$L_{бл} = \frac{V_{бл}}{A_{бл} H_у}, \qquad (2.48)$$

где $V_{бл}$ – объем взрывного блока, м (дается в исходных данных).

Количество скважин в блоке:

$$N_{скв} = n\frac{L_{бл}}{a}. \qquad (2.49)$$

Выход горной массы с одного метра скважины ($V_{г.м}$, м^3/м)

$$\frac{V_{г.м} = aH_у[W_{пр} + (n-1)\,b]}{\sum_{i=1}^{n} l_{ск.i}}, \qquad (2.50)$$

где i – порядковый номер ряда скважин;

$l_{ск.i}$ – длина скважин i-го ряда.

Средний по блоку удельный расход выбранного (принятого) ВВ ($q_{ср.бл}$, кг/м^3):

$$q_{ср.бл} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{aH_у\left[W_ф + (n-1)b\right]}, \qquad (2.51)$$

где Q_i – величина заряда в скважине i-го ряда, кг.

Общий расход выбранного (принятого) ВВ по взрываемому блоку ($Q_{бл}$, кг) составляет:

$$Q_{бл} = q_{ср.бл} V_{бл}. \qquad (2.52)$$

12.3. **Определить степень дробления взорванной горной массы** (i):

$$i = \frac{l_{ср}}{d_{ср\ рац}}, \qquad (2.53)$$

где $l_{ср}$ – средний диаметр отдельности во взрываемом массиве, м. Принимается по результатам расчетов в лабораторной работе № 1, п.2.1;

$d_{ср\ рац}$ – средний размер (диаметр) куска взорванной горной массы, м. Если допустимый выход негабарита согласно приложение 1, таб. П.1.1 ме-

нее или равен 3%, то $d_{\text{ср рац}}$ принимается согласно п. 3.4 лаб. раб. 1. Если нет, то рассчитывается по ниже приведенной формуле.

$$d_{\text{ср рац}} = \frac{1}{\frac{1}{l_{\text{ср}}} + \frac{H_{\text{у}} + 250}{d_{\text{ск}} + \beta} q_{\text{р}}}, \qquad (2.54)$$

где β– угол наклона скважины к горизонту, град;

$d_{\text{ск}}$ – диаметр скважины, мм;

$q_{\text{р}}$ – расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3.

12.4. **Определить ожидаемый выход негабарита** ($P_{\text{нг}}$, %). Выход негабаритных кусков – один из отрицательных, но неизбежных результатов взрывного разрыхления горных пород. Величина его на некоторых карьерах, как правило, при добыче строительных материалов достигает 15 – 20 %. Однако эффективное применение современных методов управления взрывными работами позволяет снизить выход негабаритов до 0,5 – 1,5 %. Подбор наиболее эффективных методов управления взрывом осуществляется в процессе практики по мере накопления опыта.

Для проектных расчетов Репин Н. Я., исходя из конкретной наиболее вероятной закономерности распределения по крупности кусков в развале взорванной горной породы, предлагает следующую формулу:

$$\text{P}_{\text{нг}} = 100e^{-0,8\lambda^{5/2}} \text{ %}, \qquad (2.55)$$

где $e = 2,72$; $\lambda = \frac{l_{\text{д}}}{d_{\text{ср.рац}}}$.

Кроме того, рекомендуемое для расчетов значение выхода негабаритов в зависимости от технологических свойств пород и минимальных размеров негабаритных кусков приведено в нормах проектирования железорудных карьеров (табл. П. 3.9 или П. 3.10) и в других нормативах.

Для определения объема работ и материалов на вторичное взрывание для учебных целей необходимо применять наибольшее значение ожидаемого выхода негабарита ($P_{\text{нг}}$) согласно приложению 1.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ СКВАЖИННЫМИ КОТЛОВЫМИ, РАССОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И ПАРНОСБЛИЖЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ И МЕТОДОМ ВЗРЫВАНИЯ В ЗАЖАТОЙ СРЕДЕ (НА ПОДПОРНУЮ СТЕНКУ)

13. **Рассчитать параметры взрывания котловыми зарядами**.

Котловыми являются сосредоточенные заряды, размещаемые в полостях («котлах»), образованных в результате простреливания шпуров или скважин (рис. 2.4).

При методе котловых зарядов на забое шпура или скважины взрывают небольшие заряды ВВ, в результате чего их нижняя часть разрушается и образуется эллипсовидная камера. В эту камеру после ее охлаждения в течение не менее 15 мин. помещают значительно больший заряд ВВ.

Метод котловых зарядов применяют для одиночного и серийного взрывания, когда метод шпуровых или скважинных зарядов не обеспечивает качественного дробления пород или проработки подошвы взрываемых уступов, преимущественно при разработке трещиноватых достаточно устойчивых пород IV – VIII групп по СНиП, допускающих возможность взрывного образования котловых расширений.

Масса котловых зарядов ($Q_{\text{з.к}}$, кг) рассчитывается согласно [8] по формуле:

$$Q_{\text{з.к}} = q_{\text{р}} (W_{\text{пр}}^{\text{к}})^3, \tag{2.56}$$

согласно [5]

$$Q_{\text{з.к}} = q_{\text{р}} W_{\text{к}}^{\text{з}} \left(\frac{W_{пр}^{к} + 1}{2W_{пр}^{к}} \right)^{3/2}, \tag{2.57}$$

где $W_{пр}^{к}$ – линия наименьшего сопротивления для котлового заряда (рассчитывается как $(0{,}6 – 0{,}9)H_{\text{у}}$.

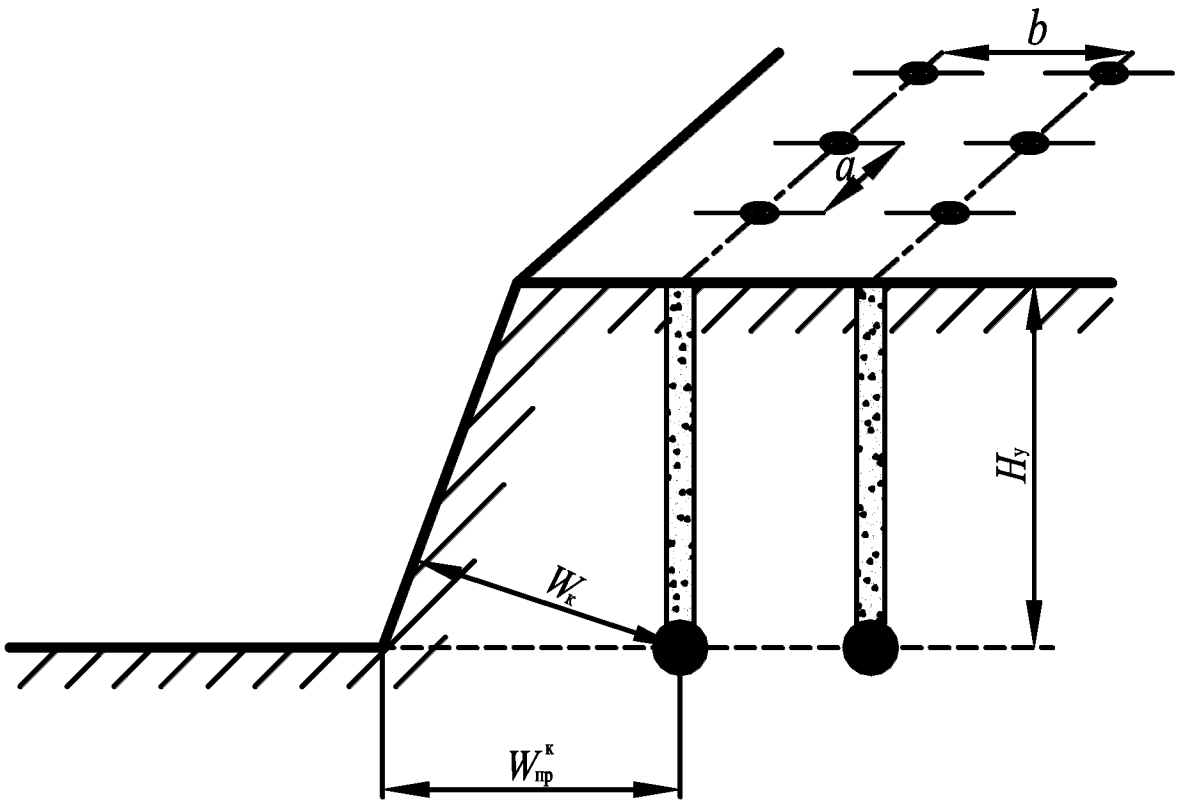


Рис. 2.4. Схема расположения котловых зарядов в уступе

Объем котла ($V_к$, дм^3) должен соответствовать массе заряда, намечаемого по расчету, и составлять:

$$V_к = \frac{Q_{з.к}}{\Delta}, \qquad (2.58)$$

где Δ – плотность заряжания, кг/дм^3.

Масса прострелочного заряда ($Q_к$, кг) для образования котла требуемого объема:

$$Q_к = \frac{V_к}{П_р}, \qquad (2.59)$$

где $П_р$ – показатель простреливаемости взрываемых пород в дм^3/кг, численно равный отношению объема полученной котловой полости в дм^3 от заряда в 1 кг (табл. П. 3.11).

Диаметр котла ($D_к$, дм) ориентировочно определяется по формуле

$$D_к = 1{,}24 \sqrt[3]{\frac{Q_{з.к}}{\Delta}}. \qquad (2.60)$$

Тогда, исходя из предположения об эллипсовидной форме котловой полости, высота котла ($h_к$, дм) определится:

$$h_к = 1{,}72 \sqrt[3]{\frac{Q_{з.к}}{\Delta}}. \qquad (2.61)$$

Исходя из того, что центр котлового заряда должен находиться на уровне подошвы уступа, глубина котловой скважины ($l^к_{ск}$, м)

$$l^к_{ск} = H_у + 0{,}05h_к,$$

В крепких породах с низким коэффициентом простреливаемости для формирования котла приходится выполнять более одного прострелочного взрыва.

Согласно [8] максимально допустимая величина первого прострелочного заряда определяется из условия, что его длина в скважине должна быть не более двух диаметров котла. Учитывая формулу (2.59), максимальная величина первого ($Q_{к1}$, кг) прострелочного заряда должна отвечать условию:

$$Q_{к1} = 1{,}93 \sqrt[3]{\frac{Q_{з.к}}{\Delta^4}} d^2_{ск} \le [Q_{к1}]. \qquad (2.62)$$

Величина второго и последующих прострелочных зарядов $Q_{к2}$, кг:

$$Q_{к2} = \frac{Q_{зк}}{(П_р \Delta)^n}, \qquad (2.63)$$

где n – порядковый номер простреливания.

Для улучшения дробления породы верхней части уступа в верхнюю часть скважины вводят дополнительный заряд ВВ, расположенный на высоте (0,7 –

0,8) $W_{\text{пр}}^{\text{к}}$ от центра котлового заряда. Величина дополнительного заряда ВВ ($Q_{\text{д}}$, кг) определяется по формуле:

$$Q_{д} = \left[l_{ск}^{к} - \left(0{,}7W_{пр}^{к} + l_{заб.к}\right)\right]p, \qquad (2.64)$$

где $l_{\text{заб.к}}$ – величина забойки в котловой скважине, м.

$$l_{\text{заб.к}} = (15 \div 25)d_{\text{ск}}.$$

Расстояние между котловыми зарядами в ряду:

$$a_{\text{к}} = (1{,}1 \div 1{,}4)\, W_{\text{пр}}^{\text{к}}.$$

Расстояние между рядами зарядов:

$$b_{\text{к}} = (1{,}0 \div 1{,}1)\, W_{\text{пр}}^{\text{к}}.$$

Котловые полости могут быть созданы механическим расширителем или станком огневого бурения. Тогда диаметр таких полостей должен быть не менее двух диаметров основной скважины, а высота не более пяти диаметров котловой полости. Расстояние между полостями по линии скважины не более 1,0 – 1,5 высоты котловой полости. Исходя из этого, должны устанавливаться конкретные размеры и количество полостей для одной скважины с учетом количества ВВ, необходимого для размещения в ней.

14. **Рассчитать параметры рассредоточенных зарядов**.

Под рассредоточенным зарядом понимается удлиненный скважинный заряд, разделенный по его длине на две или более частей воздушными, водно-воздушными, породными и водяными промежутками. Рассредоточенные заряды целесообразно применять, когда емкость скважины используется не полностью. Применение такого заряда обеспечивает хорошую проработку и снижение выхода негабарита из верхней части уступа, а также более рациональное размещение ВВ по высоте уступа в зависимости от крепости слагающих его пород. Использование воздушных промежутков обеспечивает более равномерное дробление и уменьшение степени переизмельчения.

Расчет зарядов с воздушными промежутками и активной забойкой. Масса заряда ВВ в скважине i-го ряда (Q_i) определяется по общепринятым методикам (п. 10.5)

В тех случаях, когда размещение заряда при оптимальных соотношениях воздушных промежутков и частей заряда приводит к уменьшению длины забойки (незаряженной части скважины), а последняя регламентирована требованиями техники безопасности, масса заряда (Q_i, кг) уменьшается до значений, позволяющих иметь требуемую длину забойки:

$$Q_{\text{пр}.i} = \left([l_{\text{зар}}] - \sum h_{\text{в.п.}}\right)p, \qquad (2.65)$$

где $Q_{\text{пр}.i}$ – фактическая масса заряда в скважине i-го ряда, кг;

$\sum h_{\text{в.п.}}$ – суммарная длина воздушных промежутков в скважине (за вычетом длины воздушного промежутка между зарядом и забойкой), м;

$[l_{\text{зар}}]$ – предельно допускаемая длина заряда (формула (2.26), м.

Суммарная длина воздушных промежутков ($\sum h_{\text{в.п.}}$, м) определяется по следующим формулам:

для пород с $f > 10$

$$\sum h_{\text{в.п.}} = k(0{,}15 \div 0{,}20) l_{\text{зар}}; \qquad (2.66')$$

для пород с $f = 8 \div 10$

$$\sum h_{\text{в.п.}} = k(0{,}20 \div 0{,}25) l_{\text{зар}}; \qquad (2.66'')$$

для пород с $f = 6 \div 8$

$$\sum h_{\text{в.п.}} = k(0{,}25 \div 0{,}30) l_{\text{зар}}; \qquad (2.66''')$$

для пород с $f = 2 \div 6$

$$\sum h_{\text{в.п.}} = k(0{,}30 \div 0{,}35) l_{\text{зар}}, \qquad (2.66'''')$$

где k – коэффициент, учитывающий направление скважин (для вертикальных скважин $k = 1$, для наклонных скважин, параллельных откосу уступа, в породах с $f > 8$ $k = 1{,}2 \div 5 \div 1{,}3$, а в породах с $f > 8$ $k = 1{,}4 \div 5{,}0 \div 1{,}5$.

Суммарная длина воздушных промежутков может быть вычислена также из следующих выражений:

для вертикальных скважин

$$\sum h_{\text{в.п.}} = 0{,}05(9 - 0{,}5f) l_{\text{зар}}; \qquad (2.67')$$

для наклонных скважин

$$\sum h_{\text{в.п.}} = 0{,}00125(340 - f - f^2) l_{\text{зар}}. \qquad (2.67'')$$

Количество частей заряда принимается в зависимости от горно-геологических условий и высоты уступа. Для улучшения дробления при высоте уступа 10 – 20 м достаточно рассредоточить заряд на две-три части.

Длина каждого промежутка $h_{\text{в.п.}}$ (м) определяется в зависимости от диаметра заряда $d_{\text{зар}}$ и категории пород по взрываемости:

для трудновзрываемых

$$h_{\text{в.п.}} \approx (8 \div 9) d_{\text{зар}}; \qquad (2.68')$$

для средневзрываемых

$$h_{\text{в.п.}} \approx (9 \div 10) d_{\text{зар}}; \qquad (2.68'')$$

для легковзрываемых

$$h_{\text{в.п.}} \approx (10 \div 12) d_{\text{зар}}; \qquad (2.68''')$$

Длина каждого промежутка может быть определена также из выражения:

$$h_{\text{в.п.}} \approx (13{,}5 - 0{,}5f) d_{\text{зар}}. \qquad (2.68'''')$$

Число промежутков в скважине ($n_{\text{пром}}$) определяется делением суммарной высоты воздушных промежутков на длину одного воздушного промежутка:

$$n_{\text{пром}} = \frac{\sum h_{\text{в.п.}}}{h_{\text{в.п.}}}. \qquad (2.69)$$

Оптимальная длина промежутка и их число для конкретных условий уточняются опытным путем.

При рассредоточении скважинного заряда на две части одним промежутком масса нижней части заряда в скважине i-го ряда (кг):

$$Q_{\text{н.ч.}i} = (0{,}6 \div 0{,}7) Q_{\text{пр.}i}; \qquad (2.70')$$

масса верхней части заряда в скважине i-го ряда (кг):

$$Q_{\text{в.ч.}i} = (0{,}4 \div 0{,}3) Q_{\text{пр.}i}. \qquad (2.70'')$$

В случае рассредоточения вертикального скважинного заряда на три части и более масса нижней части ($Q_{\text{н.ч.}i}$) может быть уменьшена до 50 % массы заряда в скважине, а в наклонных скважинах до 30 – 40 % массы заряда. Оставшаяся часть заряда распределяется на равные доли $Q_{\text{п}}$ (кг) пропорционально принятому числу воздушных промежутков ($n_{\text{пр}}$):

$$Q_{\text{п}} = \frac{Q_i - Q_{\text{н.ч.}i}}{n_{\text{пр}}}. \qquad (2.71)$$

Если водный промежуток, то его длина:

$$h_{\text{вод.п}} = (0{,}17 \div 0{,}28)\, l_{\text{зар}}. \qquad (2.72)$$

Если вводно-воздушный промежуток, то его длина:

$$h_{\text{вод.-взд.п.}} = (0{,}23 \div 0{,}38)\, l_{\text{зар}}, \qquad (2.73)$$

при этом 30 – 50 % приходится на воздушную часть.

15. **Рассчитать параметры взрывания в зажатой среде** (на подпорную стенку).

Метод взрывания в зажатой среде имеет несколько вариантов, различающихся между собой числом открытых поверхностей, их расположением, характером подпорной стенки и схемами взрывания.

Наиболее простым и распространенным методом является взрывание на неубранную горную массу.

Этот метод взрывания применим в породах любой крепости и трещиноватости. Наибольшая эффективность его обеспечивается при многорядном короткозамедленном взрывании и наличии не менее четырех-пяти рядов скважин, а также при применении порядных врубовых, диагональных или радиальных схем взрывания.

Благодаря подпорной стенке и меньшей скорости перемещения взрываемого массива в горизонтальной плоскости, увеличивается продолжительность

действия взрыва на среду и повышается коэффициент полезного использования его энергии.

В результате такой способ взрывания обеспечивает улучшение качества дробления горных пород, возможность управления формой и параметрами развала взорванной горной массы и селективной выемки, сокращение подготовительно-восстановительных работ (перемещение забойных железнодорожных путей, уборка контактных линий и линий электропередач, зачистка горизонта после взрыва и др.), независимость процессов бурения и взрывания от экскавации и транспортирования.

При расчете данного метода взрывных работ, кроме выше рассмотренных параметров, необходимо рассчитать требуемую ширину подпорной стенки и ширину ограниченного подпорной стенкой развала.

Ширина подпорной стенки может изменяться от максимальной, исключающей возможность горизонтального перемещения пород при взрыве, до минимальной, не препятствующей перемещению пород. Конкретные предельные значения ширины подпорной стенки определяются физическим состоянием (разрушенная горная масса или монолитная среда) и физико-механическими свойствами горных пород подпорной стенки, высотой уступа, конструкцией и величиной заряда, параметрами сетки скважин, схемой взрывания. Опытным путем установлено, что в зависимости от конкретных условий они составляют от 5 до 10 м и от 35 до 45 м соответственно для минимальной и максимальной границы.

Оптимальная ширина подпорной стенки определяется целевым требованием к результату взрыва и на практике устанавливается опытным путем на основе предварительных расчетов. Если основная цель – сокращение ширины развала, то ширина подпорной стенки увеличивается. Если необходимо уменьшить степень дробления, то следует принимать уменьшенную ширину подпорной стенки.

В проектных расчетах для определения ширины подпорной стенки предлагается использовать следующие формулы:

- для максимальной ширины подпорной стенки ($B_{\text{п.с.max}}$, м) [15]

$$B_{\text{п.с.max}} = \frac{B_{\text{о}}}{1 + \frac{50}{F^3}}, \tag{2.74}$$

где B_o - ширина развала взорванной горной массы, начиная от нижней бровки взрываемого уступа, м (рассчитывается по ф. 2.42 или 2.43);

- для расчетной ширины подпорной стенки, обеспечивающей минимальное смещение пород при дроблении ($B_{\text{п.с.р}}$, м) [5]

$$B_{\text{п.с.р}} = K_{\text{р}} W_{\text{пр}} \left(\frac{\sqrt{2k_{\text{иэ}} q_{\text{р}} eE}}{\sigma_{\text{сж}}} - 1 \right), \tag{2.75}$$

где $k_{\text{иэ}}$ – эмпирический коэффициент, учитывающий использование энергии взрыва на дробление и перемещение горной массы. Опытные иссле-

дования показывают, что в зависимости от величины удельного расхода ВВ этот коэффициент колеблется в пределах от 0,004 до 0,2;

e – удельная энергия взрыва выбранного (принятого) ВВ - теплота взрыва (табл. П. 3.3 – П. 3.5), Дж/кг;

E – модуль упругости взрываемой горной породы, Па (определяется по экспериментальным данным или по Кадастру горных пород);

$\sigma_{сж}$ – предел прочности пород при одноосном сжатии, Па.

Исследованиями на карьерах Кривбасса установлено, что оптимальное по фактору минимума затрат значение ширины подпорной стенки различно для цели регулирования интенсивного дробления и для цели регулирования ширины развала. Применительно к экономике Советского Союза (до 1990 г.) значение оптимальной ширины подпорной стенки для целей регулирования дробления на 40 – 50 % меньше, чем для регулирования ширины развала. Поэтому ширина подпорной стенки должна приниматься в зависимости от поставленных целей и конкретных технико-экономических условий.

Величину развала взорванной горной массы от нижней бровки подпорной стенки ($B_{о.с}$, м) (рис. 2.5) рекомендуется определять по формуле (2.76):

$$B_{о.с} = \left(1 - \frac{B_{п.с}}{k_{р.с} W_{пр} + B_{п.с}} b_{п} \sqrt{B_{п.с}}\right) B_{о}, \qquad (2.76)$$

или по формуле (нормативный справочник по БВР [15]):

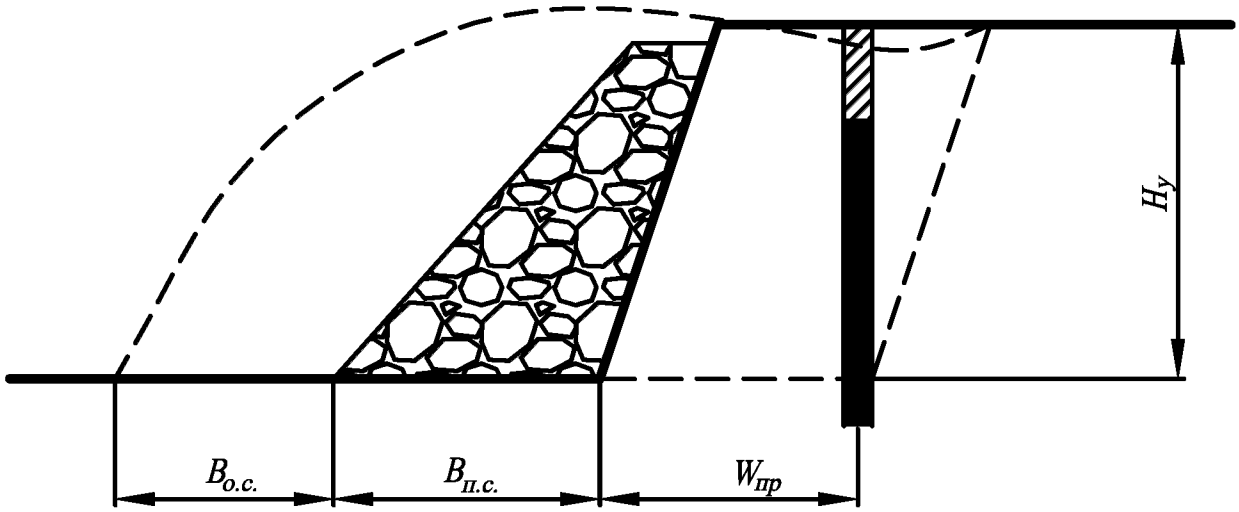
$$B_{о.с} = \left(1 - \frac{B_{п.с.}}{B_{п.с.max}}\right) B_{о}, \qquad (2.77)$$

где $B_{п.с}$ – принятая ширина подпорной стенки, м;

$k_{р.с}$ – коэффициент разрыхления пород подпорной стенки ($k_{р.с}$ = 1,05÷1,1);

$b_{п}\sqrt{B_{п.с}}$ – величина учитывающая влияние сил сопротивления подпорной стенки смещению породы.

$$b_{п} = \frac{k_{р.с} W_{пр} + B_{п.с.max}}{B_{п.с.max} \sqrt{B_{п.с.max}}}.$$



Р

ис. 2.5. Схема к расчету влияния ширины подпорной стенки на ширину развала горной массы

Если задана требуемая ширина развала взорванной горной массы от нижней бровки подпорной стенки, то размер подпорной стенки может быть приближенно определён с помощью графика на рис. 2.6.

Полная ширина развала взорванной горной массы без учета ширины подпорной стенки может рассчитываться по формуле:

$$B_р = B_{о.с} + W_{пр} + b(n - 1). \qquad (2.78)$$

16. Определить параметры парносближенных скважинных зарядов.

Парносближенные скважины обеспечивают изменение формы волны напряжений от цилиндрической при одиночном заряде до плоской. В результате интенсивность энергии взрывной волны по мере ее удаления от парносближенных зарядов в направлении перпендикулярном линии, соединяющей центры, зарядов снижается меньше, чем при одиночных зарядах в $\sqrt{2}$ раз. Промышленные испытания показывают, что парносближенные заряды обеспечивают увеличение фактической линии сопротивления по подошве, снижение глубины законтурного действия взрыва, улучшение равномерности дробления и снижение выхода негабарита.

Расстояние между парносближенными зарядами ($a_{п.сбл}$, м) колеблется от четырех до восьми диаметров одиночного скважинного заряда и в среднем составляет: $\boldsymbol{a_{п.сбл} = 6d_з}$, где $d_з$ – диаметр заряда, м.

Расчетный эквивалентный диаметр скважинного заряда группы парносближенных скважин ($d_э$, м) составляет:

$$d_э = d_з\sqrt{2},$$

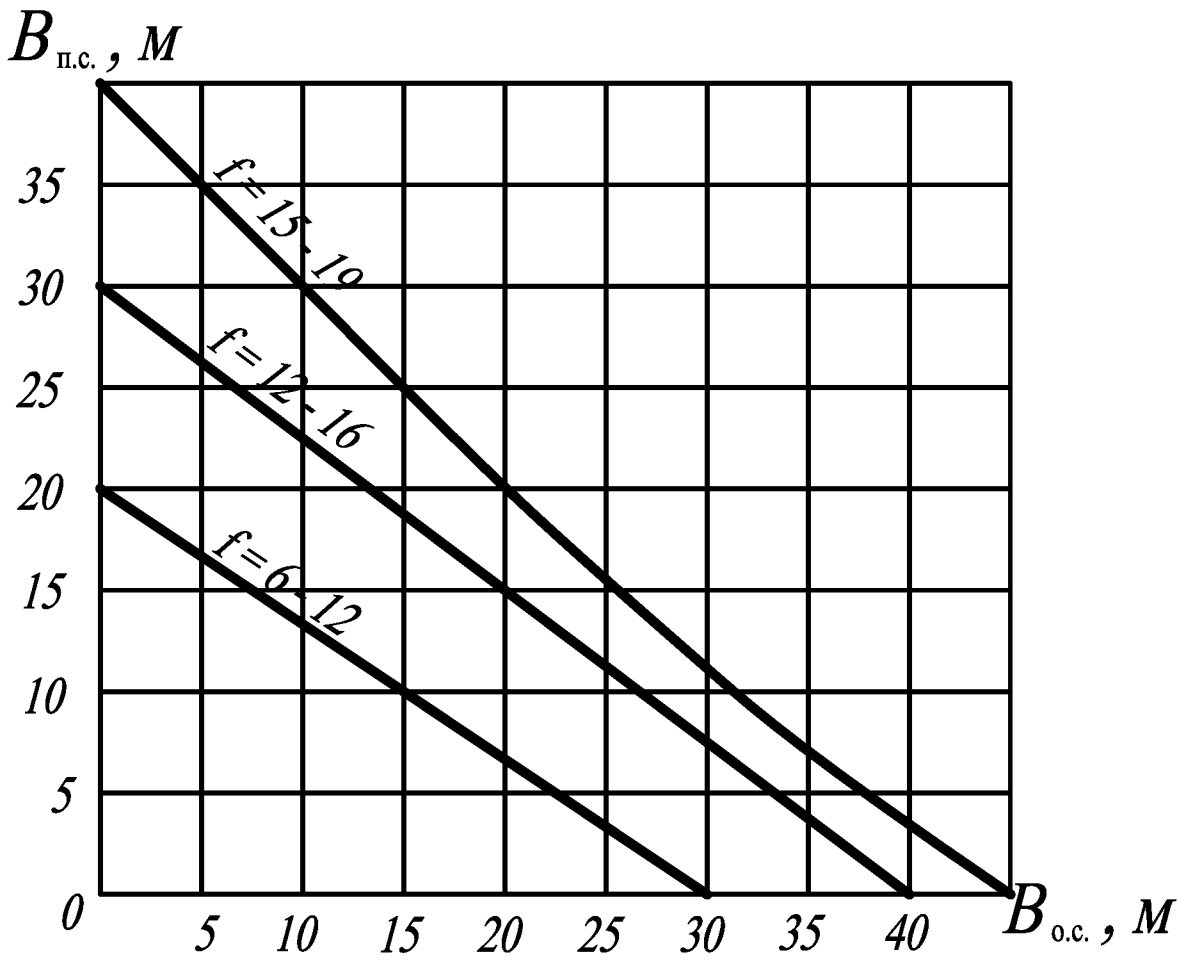


Рис. 2.6. Зависимость ширины развала взорванной горной массы ($B_{о.с}$, м) от ширины подпорной стенки ($B_{п.с}$) для пород с различными физико-механическими свойствами

Линия сопротивления пород по подошве уступа для парносближенных зарядов ($W_{п.с}$, м) составляет:

$$W_{\text{п.с}} = K_{\text{п.с}} W_{\text{пр}} \sqrt{2},$$

где $K_{п.с}$ = 1,1 – коэффициент, учитывающий повышение эффективности действия взрыва парносближенных зарядов по сравнению с одиночным зарядом равной потенциальной энергии ВВ;

$W_{пр}$ – проектная линия сопротивления по подошве для одиночного скважинного заряда, м.

Расстояние между группами парносближенных зарядов в ряду ($a_{п.с}$, м) и между рядами групп зарядов ($b_{п.с}$, м):

$$a_{\text{п.с}} = mW_{\text{п.с}};\ b_{\text{п.с}} = W_{\text{п.с}}.$$

В случае квадратной сетки расположения пар скважинных зарядов:

$$a_{\text{п.с}} = b_{\text{п.с}} = W_{\text{п.с}}.$$

Масса заряда ВВ ($Q_{п.с}$, кг) в группе парносближенных скважин:

$$Q_{\text{п.с}} = q_{\text{р}} a_{\text{п.с}} W_{\text{п.с}} H_{\text{у}}.$$

Масса одиночного скважинного заряда в группе ($Q_{\text{о}}$, кг):

$$Q_{\text{о}} = \frac{Q_{\text{п.с}}}{2} \text{ кг}.$$

17. Рассчитать параметры вторичного дробления.

17.1.1. Рассчитать объем негабарита ($V_{\text{нг. бл}}$, м^3) на взрывной блок и на годовой объем взрывных работ ($V_{\text{нг.год}}$, м^3):

$$V_{\text{нг.бл}} = P_{\text{нг}} V_{\text{бл}} /100; \qquad (2.79')$$

$$V_{\text{нг.год}} = P_{\text{нг}} V_{\text{год}} /100, \qquad (2.79'')$$

где $P_{\text{нг}}$ – выход негабаритных кусков, % (см. п. 3.9, 3.10).

17.1.2. Рассчитать объем «порогов» ($V_{\text{пор.бл}}$, м^3) на взрывной блок и на годовой объем взрывных работ ($V_{\text{пор.год}}$, м^3):

$$V_{\text{пор.бл}} = P_{\text{пор}} V_{\text{бл}} /100; \qquad (2.80')$$

$$V_{\text{пор.год}} = P_{\text{пор}} V_{\text{год}} /100, \qquad (2.80'')$$

где $P_{\text{пор}}$ – объем не проработанной части подошвы во взрывном блоке, % (принять от 0,5 до 2,0 %).

17.2. Выбрать способ дробления негабаритных кусков и рассчитать параметры вторичного дробления.

17.2.1. Рассчитать параметры негабаритных кусков:

– рассчитать показатель распределения кусков взорванной горной массы по крупности ($K_{\text{д}}$) из условия эффективной работы экскаватора:

$$\text{при } E \le 6 \text{ м}^3 \qquad K_{\text{д}} = 0{,}7\left(1 - \frac{E}{10{,}6}\right); \qquad (2.81')$$

$$\text{при } E > 6 \text{ м}^3 \qquad K_{\text{д}} = 0{,}3. \qquad (2.81'')$$

– рассчитать максимальный размер куска во взорванной горной массе ($d_{\max}$. м):

$$d_{\max} = \frac{l_{\text{Д}}}{\left(1 - k_p / 100\right)^{1/K_{\text{д}}}}; \qquad (2.82)$$

– рассчитать средний размер куска негабаритной части развала ($d_{\text{ср.нг}}$, м):

$$d_{\text{ср.нг}} = l_{\text{ср}} \left[\frac{1 - \left(l_{\text{д}} / d_{\max}\right)^{1+K_{\text{д}}}}{1 - \left(l_{\text{д}} / d_{\max}\right)^{K_{\text{д}}}} \right]; \qquad (2.83)$$

– рассчитать объем среднего негабаритного куска ($V_{\text{нг.к}}$, м^3):

$$V_{\text{нг.к}} = d^3_{\text{ср.нг}}; \qquad (2.84)$$

– рассчитать размеры среднего негабаритного куска в м:

$$\text{длина} \quad a = \sqrt[3]{2{,}86V_{\text{нг.к}}}; \tag{2.85′}$$

$$\text{ширина} \quad b = 0{,}7a; \tag{2.85″}$$

$$\text{толщина} \quad c = 0{,}5a. \tag{2.85‴}$$

– рассчитать среднее количество негабаритных кусков в блоке ($N_{\text{нг.бл}}$):

$$N_{\text{нг.бл}} = V_{\text{нг.бл}}/V_{\text{нг.к}}. \tag{2.86}$$

17.2.2. Выбрать способ дробления негабаритных кусков. В настоящее время наибольшее распространение для дробления негабаритов в карьере имеют взрывные и механические способы дробления.

Взрывные способы дробления применяются при разрушении крупных негабаритов и негабаритов из крепких, труднодробимых пород при большом объеме работ.

Механические способы дробления негабаритов применяются при разрушении негабаритов небольших объемов из некрепких хрупких пород при небольших объемах работ.

В данной работе предлагается выбрать взрывной способ дробления негабаритов, который может быть реализован с помощью шпуровых или накладных (насыпных или кумулятивных) зарядов.

Накладные заряды используют при крепких, но хрупких породах. Применение их не требует больших трудозатрат и отличается простотой формирования зарядов.

Однако такие заряды характеризуются высоким удельным расходом ВВ, в десятки раз превышающим удельный расход ВВ при шпуровых зарядах. При этом наблюдается чрезвычайно сильный звуковой эффект и сильная воздушная волна. Опасная зона при взрывании насыпных зарядов составляет не менее 300 м.

Применение кумулятивных зарядов, вес которых согласно табл. П. 3.13 составляет от 0,1 до 4,0 кг, позволяет несколько сократить расход ВВ при дроблении негабарита за счет концентрации энергии и соответственно увеличения разрушающего действия взрыва, а также уменьшить разлет кусков породы и снизить энергию воздушной взрывной волны.

При взрывании негабаритных кусков шпуровыми зарядами расход ВВ значительно снижается. Такие заряды обычно применяются при взрывании крупных негабаритных кусков.

К недостаткам взрывания шпуровыми зарядами относятся: высокая себестоимость, вредные и тяжелые условия работы при бурении.

17.2.3. В зависимости от принятого способа вторичного взрывного дробления рассчитать его параметры.

Насыпные заряды располагают на поверхности негабарита слоем толщиной $h_{\text{ВВ}} = 35 \div 50$ мм, при этом толщина забойки, которой присыпается накладной заряд, должна быть не менее толщины укрываемого слоя ВВ, т. е.

$$h_{\text{заб}} > h_{\text{ВВ}}. \tag{2.87}$$

Сам забоечный материал не должен содержать крупных кусков породы во избежание их разлета при взрыве.

Тип ВВ выбрать по табл. П. 3.12.

Количество ВВ для дробления негабаритов насыпными зарядами:

– в расчете на один взрывной блок ($Q_{н.бл}$, кг):

$$Q_{н.бл} = q_н V_{нг.бл}, \qquad (2.88')$$

– на годовой объем взрывных работ:

$$Q_{н.год} = q_н V_{нг.год}, \qquad (2.88'')$$

где $q_н$ – удельный расход ВВ при дроблении негабаритов насыпными накладными зарядами, кг (табл. 2.11).

Вес кумулятивного заряда (кг) может быть рассчитан по формуле:

– для негабаритных кусков максимального размера

$$Q_{к.max} = 0{,}73 d_{max}; \qquad (2.89')$$

– для негабаритных кусков среднего размера

$$Q_{к.ср} = 0{,}73 d_{ср.нг}. \qquad (2.89'')$$

По табл. П. 3.13, исходя из массы кумулятивного заряда, выбрать тип заряда для максимальных и средних кусков

Количество ВВ для дробления негабаритов кумулятивными зарядами:

– в расчете на один взрывной блок

$$Q_{к\ бл} = q_к V_{нг.бл}; \qquad (2.90')$$

– на годовой объем взрывных работ

$$Q_{к.\ год} = q_к V_{нг.год}, \qquad (2.90')$$

где $q_к$ – удельный расход ВВ при дроблении негабаритов кумулятивными накладными зарядами (табл. 2.11).

Среднее количество кумулятивных зарядов для дробления негабаритов ($N_{к.}$):

– в расчете на один взрывной блок:

$$N_{к..бл} = Q_{к.бл}/q_{к.з}; \qquad (2.91')$$

– на годовой объем взрывных работ:

$$N_{к..год} = Q_{к.год}/q_{к.з}, \qquad (2.91'')$$

где $q_{к.з}$ – величина принятого по табл. П. 3.13 кумулятивного заряда.

При использовании шпуровых зарядов разбуривание негабаритов осуществляется на глубину

$$h_ш = (0{,}25 \div 0{,}5)c. \qquad (2.92)$$

Глубина бурения шпуров и вес заряда в них при дроблении негабаритных кусков с разными линейными размерами могут быть также приняты по данным табл. П. 3.14. Как правило, на негабаритный кусок приходится 1 шпур диамет-

ром 32 – 60 мм, однако при уничтожении достаточно крупных негабаритов заряды рассредоточиваются по объему взрываемой горной массы. Количество шпуров для дробления негабарита ($n_ш$) в зависимости от его объема приведены в табл. П. 3.15. При этом расстояние между зарядами ($a_ш$, м) обычно не превосходит

$$a_ш = (0{,}5 \div 0{,}9) h_ш. \qquad (2.93)$$

Среднее количество шпуров (шпуровых зарядов) для дробления негабаритов с одного взрывного блока ($N_{ш.бл}$) составит:

$$N_{ш.бл} = n_ш N_{нг.бл}. \qquad (2.94)$$

Мелкошпуровые заряды применяются и для ликвидации "порогов" (завышений подошвы уступа). Рекомендуемые при этом параметры взрывных работ приведены в табл. П. 3.16. Среднее количество шпуров для ликвидации «порогов» с одного взрывного блока ($N^{бл}_{ш.пор}$) определится:

$$N^{бл}_{ш.пор} = \frac{V_{пор.бл}}{W a_{шп} h_{пор}}, \qquad (2.95)$$

где W – сопротивление по подошве, м (принимается по табл. П. 3.16.);

$a_{шп}$ – расстояние между шпурами при дроблении порогов, м;

$h_{пор}$ – высота завышения порога, м.

Глубина шпуров для ликвидации «порогов»:

$$l_{пор} = h_{пор} + h_{пер}, \qquad (2.96)$$

где $h_{пер}$ – глубина перебура, м (принимается по табл. П. 3.16.).

Количество ВВ для вторичного дробления шпуровыми зарядами в расчете:

– на один взрывной блок:

для дробления негабаритов $Q_{ш.бл} = q_н V_{нг.бл.}$; (2.97)

для ликвидации порогов $Q_{пор.бл} = q_н V_{пор.бл.}$; (2.98)

– на годовой объем взрывных работ:

для дробления негабаритов $Q_{ш.год} = q_н V_{нг.год}$; (2.99)

для ликвидации порогов $Q_{пор.год} = q_н V_{пор.год}$, (2.100)

где $q_н$ – удельный расход ВВ при дроблении негабаритов насыпными накладными зарядами (табл. 2.11).

Ожидаемый удельный расход ВВ на вторичное взрывание и расход бурения при разделке негабаритов может быть принят по данным табл. 2.11.

Таблица 2.11

Показатели различных взрывных способов разделки негабарита

Метод дробления негабарита	Удельный расход ВВ, кг/м^3	Расход бурения, м/м^3
Накладными насыпными зарядами.....	2,0–3,0	–
Накладными кумулятивными зарядами	1,3–2,0	–
Шпуровыми зарядами.....	0,1–0,3	0,2–1,0

18. Результаты расчета свести в итоговую таблицу. По результатам выполнить графическое изображение в стандартном масштабе в пределах формата А4 (или А3) конструкции заряда рис 2.7 и паспорта взрывных работ: профиль взрывного блока с расположением скважин в нем и расчетного контура развала взорванной массы рис 2.8 и план взрывного блока с расположением скважин и со схемой коммутации взрывной сети рис 2.9.

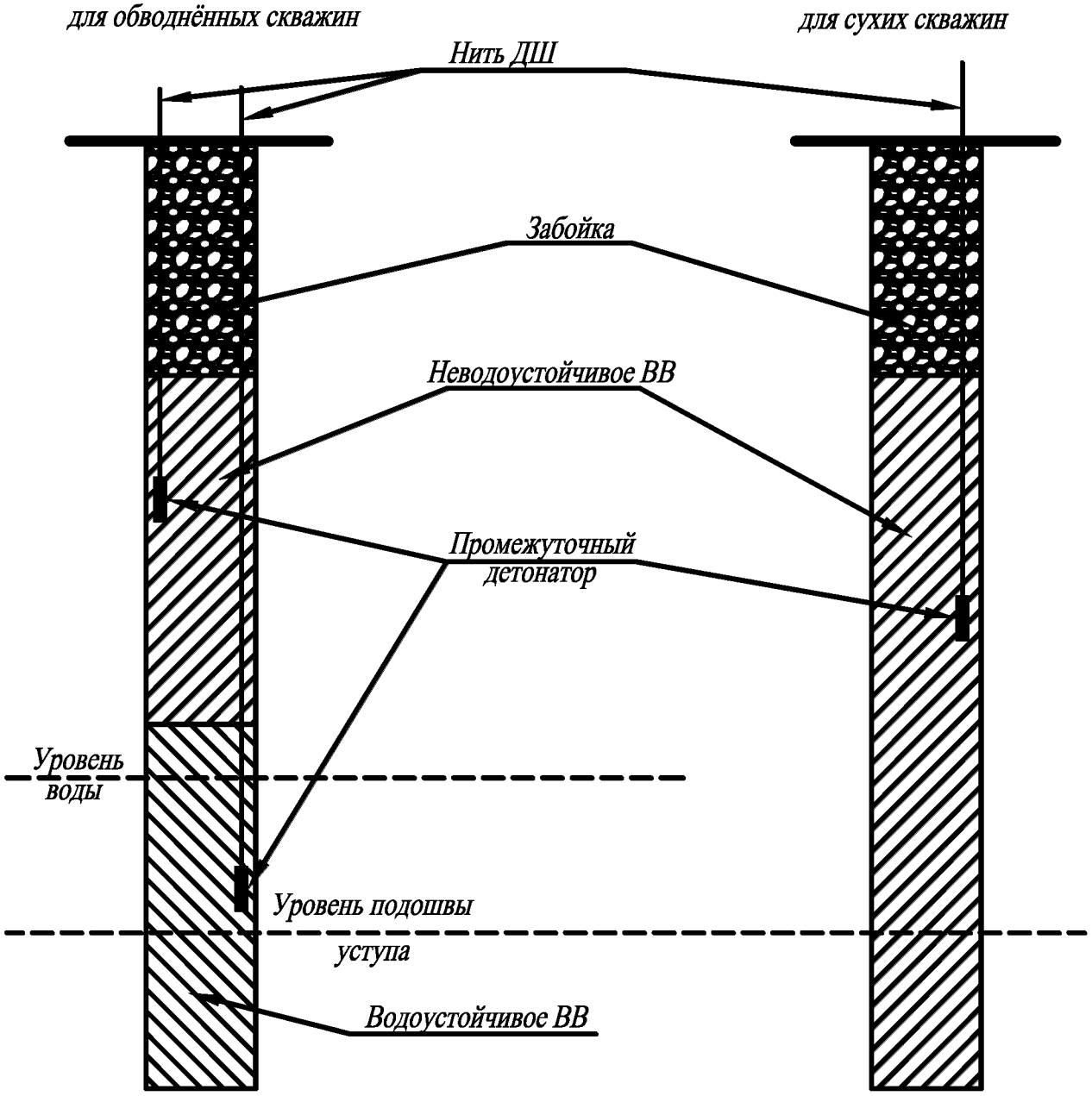


Рис. 2.7. Пример конструкции заряда

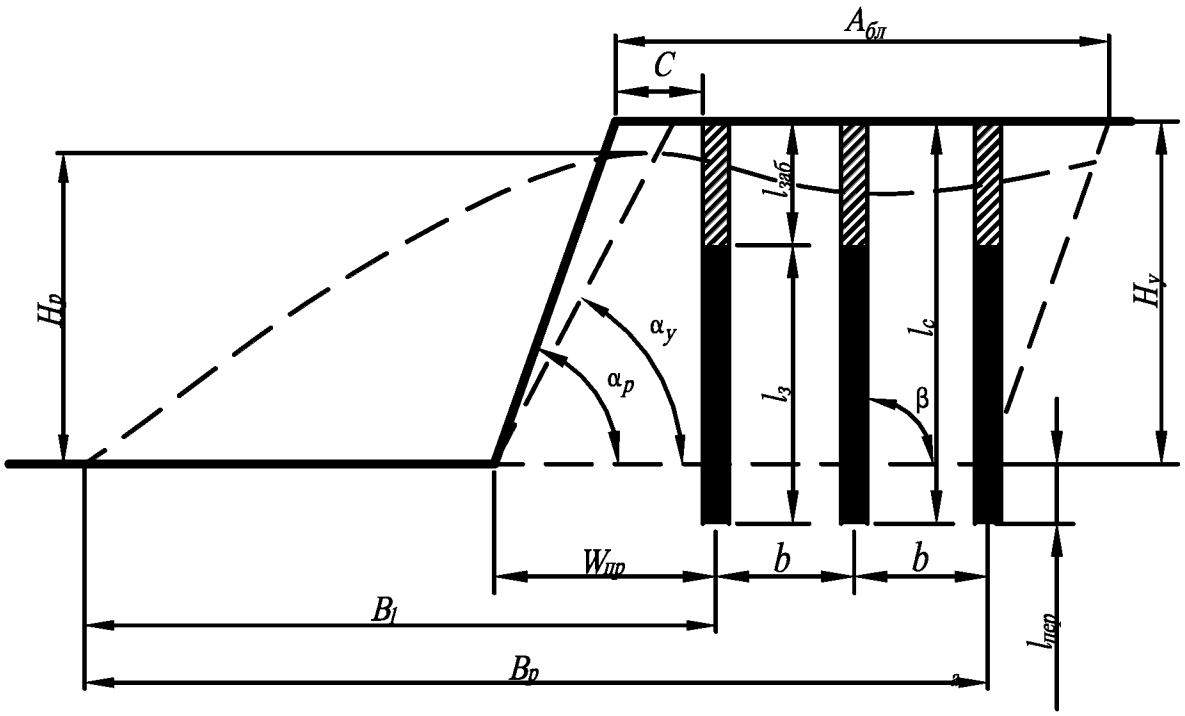


Рис. 2.8. Пример профиля взрывного блока с расположением скважин и расчетного контура развала взорванных пород

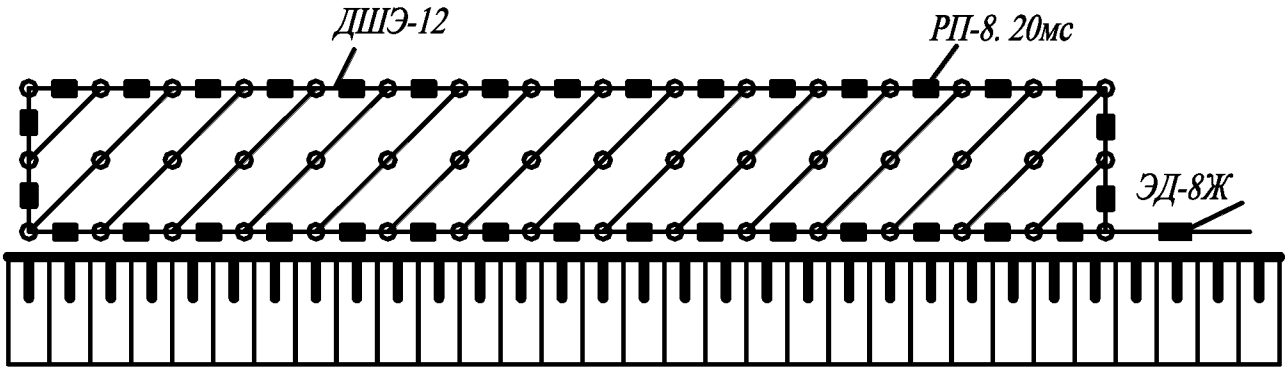


Рис. 2.9. План взрывного блока с расположением скважин и схема коммутации взрывной сети

Контрольные вопросы

1. Дать определение взрываемости горных пород.
2. От каких свойств горных пород зависит их взрываемость?
3. По какому критерию определяется взрываемость горных пород?
4. Что такое удельный эталонный расход ВВ?
5. От каких факторов зависит удельный эталонный расход ВВ?
6. В каких единицах измеряется удельный эталонный расход ВВ?
7. Приведите формулу для расчета удельного эталонного расхода ВВ.
8. Приведите классификацию пород по взрываемости в зависимости от удельного эталонного расхода ВВ.
9. Как удельный эталонный расход ВВ приводится к расчетному (проектному) удельному расходу ВВ?
10. Назовите основные схемы коммутации взрывной сети.
11. В каких условиях рационально применять порядную схему коммутации взрывной сети?
12. В каких условиях рационально применять диагональную схему коммутации взрывной сети?
13. В каких условиях рационально применять радиальную схему коммутации взрывной сети?
14. В каких условиях рационально применять волновую схему коммутации взрывной сети?
15. Какому условию должна удовлетворять принятая к расчету величина линии сопротивления по подошве?
16. Какие возможные решения следует принять, если расчетная линия сопротивления по подошве меньше минимально допустимой по условиям безопасности?
17. В каких единицах измеряется вместимость скважины (вес заряда в одном погонном метре скважины), от каких факторов она зависит?
18. Коэффициент сближения скважин – это отношение?
19. Какие характеристики трещиноватости массива влияют на коэффициент сближения скважин и форму сетки скважин?
20. Как определить величину a, если известны значения величин H_y, W, q_n?
21. Как определить величину b, если известны значения величин H_y, a, q?
22. Дайте описание алгоритма расчета параметров БВР по методу В.В. Ржевского.
23. Какие ВВ принимаются за эталонные при расчете удельного расхода ВВ?
24. Почему увеличивается удельный расход ВВ при взрывании второго и последующих рядов скважин?
25. От каких факторов зависит ширина развала при однорядном взрывании?
26. От каких факторов зависит ширина развала при многорядном взрывании?
27. От чего зависит ширина бурового блока?

28. Как определить средний выход горной массы с одного погонного метра скважины?
29. Как определить необходимое количество рядов скважин?
30. В каких пределах изменяется интервал замедления при короткозамедленном взрывании и отчего он зависит?
31. От каких факторов зависит величина заряда в скважине?
32. От каких факторов зависит длина заряда?
33. Когда рационально применять котловые заряды?
34. Когда рационально применять заряды, рассредоточенные воздушным промежутком?
35. В каких пределах изменяется удельный расход ВВ при дроблении негабаритов накладными зарядами?
36. В каких пределах изменяется удельный расход ВВ при дроблении негабаритов шпуровыми зарядами?
37. Какой глубины бурятся шпуры при дроблении негабаритов?

Лабораторная работа 3

Расчет потребности во взрывчатых материалах

(2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий*)*

Цель работы: Освоить методику и рассчитать потребность во взрывчатых материалах на годовой объем взрывных работ.

Исходные данные: горно-технологические свойства горных пород согласно заданию и другие исходные данные, приведенные в Прил. 1; условия производства и требования к качеству взрывных работ согласно лабораторной работе № 1.

Задачи работы:

1. Изучить методику расчёта потребности во взрывчатых веществах и средствах инициирования на заданный объем взрывных работ.

2. Рассчитать потребность во взрывчатых веществах на годовой объем взрывных работ.

3. Выбрать средства инициирования и рассчитать потребность в них на годовой объем взрывных работ.

Порядок выполнения работы

Для достижения цели занятия выполнить следующие этапы.

1. Для подготовки к выполнению работы необходимо **изучить соответствующий материал лекций и литературу**: [5, с.126 – 140], [6, с. 53 – 62], [7, с. 312 – 366], [11, с. 62 – 106], [15, с. 53 – 230].

2. Повторить содержание исходных данных к работе (Прил. 1) и результатов расчетов предыдущих занятий.

3. Прочитать и изучить нижеизложенный материал.

4. Рассчитать потребность во взрывчатых веществах.

Общий расход ВВ на первичное взрывание (в кг):

- в расчете на один взрывной блок $Q_{бл} = q_{ср.бл} V_{бл}$, (3.1′)
- на годовой объем работ $Q_{год} = q_{ср.бл} V_{год}$. (3.1″)

Количество ВВ для дробления негабаритов (в кг) в расчете на один взрывной блок ($Q_{нг.бл}$) и на годовой объем взрывных работ ($Q_{нг.год}$) в зависимости от принятого способа дробления, а также количество ВВ для ликвидации порогов ($Q_{пор.бл}$ и $Q_{пор.год}$) принимается согласно п. п. 17.2.3. (формулы (2.88′), (2.88″), (2.90′), (2.90″), (2.97), (2.98), (2.99), (2.100)) лабораторной работы № 2.

Тогда общий объем взрывчатых веществ, необходимых на годовой объем взрывных работ, составит:

$$Q_{год.\,общ} = Q_{год} + Q_{нг.год} + Q_{пор.год}. \qquad (3.2)$$

Среднее количество кумулятивных зарядов, необходимое на годовой объем взрывных работ, составит, согласно пункту 17.2.3 (формула (2.91″) лабораторной работы № 2) – $N_{к..год}$ шт.

5. Рассчитать потребность в средствах инициирования.

В соответствии с применяемой на карьерах технологией взрывания для подготовки блока требуются следующие средства инициирования (СИ) зарядов: детонирующий шнур или волноводы, электродетонаторы и пиротехнические реле времени, промежуточные детонаторы (патроны-боевики, прессованные шашки из тротила или смеси тротила с гексогеном табл. П. 4.3).

Количество детонирующего шнура, необходимое для коммутации и инициирования зарядов *в скважинах*, зависит от принятой схемы взрывания, размеров взрывного блока, параметров сетки скважин, их глубины и количества.

Общее количество ДШ ($L_{дш}$, м) на взрывной блок может быть определено из соотношения:

$$L_{дш} = k_{зап}(L_{маг} + L_{сек} + L_{скв}), \qquad (3.3)$$

где $L_{маг}$ – длина магистрального шнура, м;

$L_{сек}$ – суммарная длина секционных шнуров, м;

$L_{скв}$ – суммарная длина ДШ в скважинах, м;

$k_{зап}$ – коэффициент запаса, $k_{зап} = 1{,}1 \div 1{,}2$.

Как правило, для коммутации и инициирования скважинных зарядов применяют детонирующие шнуры ДШЭ-12, а для коммутации и инициирования шпуровых зарядов - ДШЭ-6 или ДШЭ-6ВДТ.

В соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах нитка детонирующего шнура при взрывании скважин глубиной более 15 м должна дублироваться. Кроме того, в этом случае рекомендуется применять комбинированное инициирование зарядов в скважине (одновременно прямое и обратное). При этом нижний промежуточный детонатор размещается, как правило, на 1,5 – 2,5 м выше уровня подошвы уступа, а верхний на расстоянии от дна скважины, равном примерно 80 % от длины заряда. Если применяется взрывание рассредоточенными зарядами, то каждая часть заряда инициируется отдельным промежуточным детонатором.

При взрывании скважин менее 15 м положение промежуточного детонатора в скважине определяется принятой схемой инициирования заряда, а вопрос о дублировании скважинного детонирующего шнура решается исходя из требований обеспечения безопасности и конкретного опыта взрывных работ на карьере.

После заряжания скважинный детонирующий шнур должен выходить из скважины на длину не менее 1,0 – 1,5 м, чтобы обеспечить возможность соединения его с секционным или магистральным шнуром.

Исходя из вышеизложенного, определяется длина шнура на каждую скважину, а затем полная длина скважинного шнура ($L_{скв}$) на весь блок. Необходимо иметь в виду, что длина ДШ в серийно выпускаемых бухтах равна 50 м. Оставшиеся от бухты отрезки длиной менее, требуемой для одной скважины, после проведения взрывных работ уничтожаются, но учитываются при

определении требуемого расхода как скважинного, так и секционного и магистрального детонирующих шнуров.

Магистральные и секционные шнуры с целью обеспечения минимальной вероятности отказа дублируются путем использования двойных ниток шнура или закольцовывания магистральных нитей. Длина секционного ($L_{сек}$, м) и магистрального ($L_{маг}$, м) детонирующего шнура определяется по принятой схеме коммутации, вычерченной в масштабе, или по фрагменту этой схемы, содержащему хотя бы одну полную секцию одновременно взрываемых зарядов, путем непосредственного измерения с учетом масштаба схемы, или по следующим формулам.

Для магистрального шнура:

$$L_{маг} = c_1 n_{м.л} L_{бл} + c_2 A_{бл} \text{ м}, \tag{3.4}$$

где c_1, c_2 – коэффициенты, равные соответственно 2 и 0, при дублировании двойной нитью детонирующего шнура, и 1 и 1 при дублировании закольцовыванием магистральных нитей;

$n_{м.л}$ – количество магистральных линий (при порядной схеме $n_{м.л} = n$, где n – количество рядов скважин; при диагональных схемах $n_{м.л} = 1$, если дублирование осуществляется двойной нитью детонирующего шнура и $n_{м.л} = 2$ если дублирование осуществляется закольцовыванием магистральных линий);

$L_{бл}$ – длина взрывного блока, м;

$A_{бл}$ – ширина взрывного блока, м.

Длина секционного детонирующего шнура на взрывной блок при диагональной схеме коммутации определится по формуле:

$$L_{сек} = 2(n-1)\sqrt{(K_a a)^2 + b^2}\,\frac{L_{бл}}{a}. \tag{3.5}$$

При трапециевидной схеме коммутации и четном количестве рядов:

$$L_{сек} = 2(1 + \sqrt{2(n-2)})L_{бл}. \tag{3.6}$$

При клиновой или волновой схеме коммутации и нечетном количестве рядов

$$L_{сек} = 2\sqrt{2}\,(n-1)L_{бл}. \tag{3.7}$$

Годовая потребность в ДШ на годовой объём работ по первичному взрыванию горной массы рассчитывается по формуле:

$$L^{г}_{дш.} = \frac{L_{дш.}}{V_{бл}} V_{год}. \tag{3.8}$$

Для выбора конкретной марки детонирующего шнура предлагается использовать табл. П. 4.1.

Количество детонирующего шнура, необходимое для коммутации и инициирования зарядов *при дроблении негабаритов*, зависит от способа взрывания и от схемы складирования негабаритов.

Обычно негабариты складируются в зависимости от их количества в два – четыре ряда при расстоянии между ними не менее одного метра. Тогда длина площадки складирования негабаритов ($L_{\text{пл.нг}}$, м):

$$L_{\text{пл.нг}} = N_{\text{нг.бл}}(c + 1)/n_{\text{р.нг}}, \tag{3.9}$$

где $n_{\text{р.нг}}$ – количество разложенных рядов негабаритных кусков;

$N_{\text{нг.бл}}$ – количество негабаритов в блоке;

c – толщина среднего негабаритного куска.

Длина детонирующего шнура (в м) для взрывания негабаритов с одного блока:

– накладными зарядами:

$$L^{\text{н}}_{\text{дш.нг}} = N_{\text{нг.бл}}(2c + 1); \tag{3.10}$$

– шпуровыми зарядами:

$$L^{\text{н}}_{\text{дш.нг}} = N_{\text{нг.бл}}(2c + 1) + N_{\text{нг.бл}} h_{\text{ш}}. \tag{3.11}$$

Длина детонирующего шнура для взрывания негабаритов в расчете на годовой объем работ:

$$L^{\text{г}}_{\text{дш.нг}} = \frac{L_{\text{дш.нг}}}{V_{\text{бл}}} V_{\text{год}}. \tag{3.12}$$

Количество детонирующего шнура, необходимое для коммутации и инициирования зарядов *при ликвидации «порогов»*:

Длина детонирующего шнура для ликвидации «порогов» с одного взрывного блока ($L_{\text{дш.пор}}$, м) определится:

$$L_{\text{дш.пор}} = N^{\text{бл}}_{\text{ш.пор}} a_{\text{шп}} + N^{\text{бл}}_{\text{ш.пор}} l_{\text{пор}}, \tag{3.13}$$

где $a_{\text{шп}}$ – расстояние между шпурами, м;

$l_{\text{пор}}$ – глубина шпура, м (лабораторная работа № 2, п. 16.2.3, формула (2.96)).

Длина детонирующего шнура для ликвидации «порогов» в расчете на годовой объем взрывных работ ($L^{\text{г}}_{\text{дш.пор}}$, м) определится:

$$L^{\text{г}}_{\text{дш.пор}} = \frac{L_{\text{дш.пор}}}{V_{\text{бл}}} V_{\text{год}}. \tag{3.14}$$

При расчете количества детонаторов исходить из нижеследующего.

Монтаж взрывных сетей при открытой разработке для обеспечения короткозамедленного взрывания производится с применением пиротехнические реле времени, как правило, двустороннего действия – РП-8.

Инициирование всей сети ДШ взрывного блока производят в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах электрическим спо-

собом не менее чем двумя электродетонаторами (ЭД) мгновенного действия типа ЭД-8-Э или ЭД-8-Ж.

Количество пиротехнических реле времени ($N_{кз}$) зависит от принятой схемы коммутации зарядов и в расчете на взрывной блок составляет:

– при порядной схеме коммутации количество пиротехнических реле времени

$$N_{кз} = n - 1; \tag{3.15}$$

– при порядно-секционной схеме взрывания, ограничивающей вес одновременно взрываемого ВВ в ряду по условиям снижения сейсмического действия взрыва

$$N_{кз} = n\, n_{с} - 1, \tag{3.16}$$

где $n_{с}$ – количество секций одновременно взрываемых скважин в ряду;

– при диагональных, клиновых, волновых и трапециевидных схемах взрывания количество пиротехнических реле зависит от длины взрываемого блока и определяется по формуле:

$$N_{кз} = \frac{L_{бл}}{a}. \tag{3.17}$$

В тех случаях, когда взрываемые диагонали закольцовываются, дублирующий магистральный ДШ проводится по блоку в одну нитку; при этом количество реле времени удваивается, т. е.

$$N_{кз} = 2\frac{L_{бл}}{a}. \tag{3.18}$$

Количество детонаторов короткозамедленного действия при использовании систем НОНЕЛЬ или ЭДИЛИН соответствует количеству разъединителей на поверхности блока и количеству донных детонаторов, т. е. удвоенному количеству скважин

$$N_{кз} = 2N_{скв}. \tag{3.19}$$

Годовая потребность в электродетонаторах мгновенного действия ($N_{д.год}$) для первичного рыхления взрывом горной массы определится:

$$N_{д.год} = 2V_{год}/V_{бл}. \tag{3.20}$$

Годовая потребность в пиротехнических реле времени ($N_{кз.год}$) для первичного рыхления взрывом горной массы:

$$N_{кз.год} = N_{кз}V_{год}/V_{бл}. \tag{3.21}$$

При разделке негабаритов и ликвидации «порогов» допускается применение огневого и электрического взрывания. Для огневого и электроогневого инициирования ДШ наиболее часто используются порядные схемы взрывания накладных или шпуровых зарядов. Огневое инициирование ДШ производится с помощью капсуля-детонатора КД-С8 (ГОСТ 6254-85) в комплексе с детонирующим шнуром ДШЭ-6, или капсуля-детонатора ДУ-6 (ТУ 7287-045-07513406-97) в комплексе с детонирующим шнуром ДШЭ-6ВДТ.

При инициировании шпуровых зарядов ВВ детонирующим шнуром количество детонаторов как для разделки негабаритов, так и для ликвидации «порогов» определяется, исходя из количества рядов взрываемых негабаритов или шпуров по аналогии с расчетами для скважинного порядного взрывания.

При использовании накладных зарядов схема коммутации взрывной сети должна в соответствии с правилами безопасности обеспечивать вес одновременно взрываемого ВВ не более 20 кг.

При электрическом способе инициирования каждый заряд (шпуровой или накладной) подрывается отдельным электродетонатором короткозамедленного действия (табл. П. 4.2); количество их в расчете на один взрывной блок ($N^{бл}_{эд.нг}$ и $N^{бл}_{эд.пор}$) равно количеству негабаритных кусков и количеству шпуров в блоке ($N_{нг.бл}$ и $N^{бл}_{ш.пор}$) . В расчете на годовой объем работ:

– по дроблению негабаритов $$N^{год}_{эд.нг} = N^{бл}_{эд.нг} V_{год}/V_{бл}, \quad (3.22)$$

– по ликвидации «порогов» $$N^{год}_{эд.пор} = N^{бл}_{эд.пор} V_{год}/V_{бл}. \quad (3.23)$$

В среднем, согласно практике, расход электродетонаторов на 1000 м^3 дробимого негабарита составляет 580 – 800 шт.

Максимальное количество детонаторов, взрываемых от одной машинки, зависит от общего сопротивления взрывной сети, и допустимое количество электродетонаторов, соединяемых в цепь последовательно, ($[N_{эд}]$) не должно превышать:

$$[N_{эд}] \le (R_o - l_м\, r_м)/r_{эд},$$

где $l_м$, $r_м$ – соответственно длина (м) и удельное сопротивление магистральных и соединительных (участковых и концевых) токоведущих проводов (Ом/м). Наиболее распространенные концевые провода для электровзрывания – ПВ-0,5 имеют сопротивление r = 0,09 Ом/м. Магистральные и участковые провода ВП-0,8 и ВП-0,7·2 имеют меньшее сопротивление, однако при расчетах этим можно пренебречь, принимая то же удельное сопротивление (т. е. $r_м$ = 0,09 Ом/м);

$r_{эд}$ – сопротивление электродетонатора, Ом (табл. П. 4.2);

R_o – максимально допустимое сопротивление взрывной сети, Ом (табл. 3.1).

Для разделки негабаритов на одном взрывном блоки потребуется $N^{бл}_{эд.нг}/[N_{эд}]$ взрывов.

Величина общего сопротивления сети рассчитывается по общепринятым формулам в зависимости от принятого соединения ЭД. При наиболее эффективной и надежной последовательной схеме соединения общее сопротивление взрывной сети ($R_{общ}$, Ом) определяется так:

$$R_{общ} = N_{эд}\, r_{эд} + L_м r_м.$$

Во всех случаях необходимо проверять силу тока в отдельных ветвях смонтированной сети на гарантийную величину, при которой срабатывает электродетонатор.

Сила тока ($I_м$, А) в магистрали и отдельных участках при последовательном соединении:

$$I_м = U/R_{общ}$$

где U – напряжение источника тока, В.

Должно выполняться условие:

$$I_м > I_{гар},$$

где $I_{гар}$ – величина гарантийного тока, А.

При одновременном взрывании до 200 ЭД величина постоянного гарантийного тока принимается равной 1,3А; гарантийная величина переменного тока – 2,5 А.

Таблица 3.1

Техническая характеристика взрывных приборов для открытых работ

Наименование машинки	Напряжение на конденсаторе, В	Максимальное сопротивление взрывной сети при последовательном соединении ЭД, Ом	Число одновременно взрываемых детонаторов, шт.
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3.....	1600	600	200
Конденсаторная взрывная машинка ЗМК-500.....	3000	2100	800

Количество промежуточных детонаторов на взрывной блок ($N_{пд}$) при одностороннем инициировании соответствует числу взрываемых скважин ($N_{скв}$) в блоке. При двустороннем инициировании (комбинированном – прямом и обратном) или при взрывании рассредоточенных зарядов количество промежуточных детонаторов удваивается.

Комбинированное инициирование применяется при взрывании скважин глубиной более 15 м. При взрывании скважин глубиной менее 15 м расположение промежуточного заряда определяется принятой схемой инициирования.

Характеристика отечественных промежуточных детонаторов, используемых на Российских карьерах, приведена в табл. П. 4.3.

Как правило, в нижнюю часть скважины помещают промежуточные детонаторы из одной шашки весом 800 – 1000 г или из двух шашек по 400 – 600 г; в верхнюю часть закладывается по одной шашке весом 400 – 700 г.

Тротиловые Т-400Г и тротил-гексогеновые ГТП-500КГ, ТГ-500, а также тротиловые повышенной прочности шашки Т-900Г наиболее целесообразно применять в сухих или малообводненных скважинах в неагрессивных средах (т. е. в массивах, где нет сульфидсодержащих пород и руд). Шашки-детонаторы ДПУ из поротола и ББТ из баллистического ракетного твердого топлива (БРТТ)

применимы для инициирования низкочувствительных горячельющихся эмульсионных ВВ и в неэлектрических системах типа «Эделин», «Нонель»

Количество потребных для взрывания шашек Т-400Г или Т-900Г рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{пд}} = sN_{\text{скв}}, \tag{3.24}$$

где s – количество шашек в скважине.

Потребное количество шашек в расчете на годовой объем работ:

$$N_{\text{пд.год}} = N_{\text{пд}} V_{\text{год}}/V_{\text{бл}}. \tag{3.25}$$

Результаты расчета необходимо свести в итоговую таблицу. По результатам расчетов лабораторной работы дополнить графическое изображение паспорта взрывных работ и конструкции заряда (лабораторная работа № 2) конкретными средствами инициирования.

Контрольные вопросы

1. Как определить потребность в ВВ на годовой объем взрывных работ?
2. Какие промежуточные детонаторы могут применяться для инициирования основного заряда скважины?
3. Какие схемы короткозамедленного взрывания обеспечивают минимальный расход ДШ?
4. Какие схемы короткозамедленного взрывания требуют максимального расхода ДШ?
5. Как дублируются магистральные и секционные детонирующие шнуры с целью обеспечения минимальной вероятности отказа?
6. Какие пиротехнические реле используются при инициировании детонирующего шнура?
7. От каких факторов зависит потребное количество пиротехнические реле на взрывной блок?
8. От каких факторов зависит потребное количество детонирующего шнура на взрывной блок?

Лабораторная работа 4

Расчёт безопасных расстояний при ведении взрывных работ

(2 часа аудиторных и 4 часа самостоятельных занятий)

Цель работы: Рассчитать безопасные расстояния при ведении взрывных работ.

Задачи работы:

1. Освоить ниже изложенную методику расчёта безопасных расстояний при ведении взрывных работ.
2. Рассчитать безопасные расстояния по разлету кусков взорванной горной массы.
3. Рассчитать безопасные расстояния по действию ударных, воздушных волн;.
4. Рассчитать безопасные расстояния по сейсмическому действию.
5. Рассчитать безопасные расстояния по действию ядовитых газов.

Общие положения:

Для обеспечения безопасности ведения взрывной подготовки горной массы к выемке необходимо рассчитывать и обеспечивать безопасные расстояния от места ведения взрывных работ – радиусы опасных зон.

Различают опасные зоны (ОЗ) для людей и опасные зоны для оборудования и сооружений.

Радиусы опасных зон для людей рассчитываются с учетом следующих воздействий от взрыва:

- по разлету кусков взорванной горной массы;
- по действию ударных, воздушных волн;
- по действию ядовитых газов при одновременном взрывании зарядов выброса общей массой более 200 т.

Безопасные расстояния для людей обеспечиваются путем удаления их из опасных зон.

Радиусы опасных зон для оборудования и сооружений рассчитываются с учетом следующих воздействий от взрыва:

- по разлету кусков взорванной горной массы;
- по действию ударных воздушных волн;
- по сейсмическому действию.

Безопасные расстояния для оборудования и сооружений обеспечиваются, как правило, путем ограничения массы одновременно взрываемого ВВ и путем применения соответствующих конструкций зарядов и схем взрывания.

При этом, если карьер проектируется в неосвоенном районе, то расположение оборудования и сооружений предусматривается с учетом расчетных

размеров опасных зон. Если карьер проектируется или эксплуатируется в районе уже существующей инфраструктуры (уже существующих промышленных или жилых строений и других сооружений, например Шарташский карьер), то устанавливаются требуемые границы опасных зон, расчетно-экспериментальным методом определяются конструкции зарядов и схемы взрывания, обеспечивающие требуемые размеры опасных зон. При невозможности обеспечить параметры буровзрывных работ, гарантирующие соблюдение требуемых размеров опасных зон, могут быть применены специальные устройства – перемещаемые укрытия-локализаторы, ликвидирующие разлет кусков и гасящие ударную воздушную волну. А также, при соответствующем обосновании, могут быть снесены или перемещены из опасных зон находящиеся там оборудование и сооружения.

Радиусы опасных зон необходимо принимать наибольшие из рассчитанных по выше приведенным поражающим факторам и с учетом других ограничений, если таковые имеются.

Расчет безопасных расстояний осуществляется в строгом соответствии с Едиными правилами безопасности (ЕПБ) при взрывных работах. В соответствии с п. 5 главы VII этих правил безопасные расстояния для людей при взрывных работах в карьерах следует принимать не менее величин, указанных в табл. 4.1.

Размеры опасной зоны определяются характером распределения энергии взрыва в окружающей среде и критериями опасности воздействия взрыва на рассматриваемый объект.

Характер распределения энергии взрыва определяется, прежде всего, величиной его первоначального импульса, то есть удельной мощностью и величиной заряда (Q), а также свойствами среды распространения энергии взрыва и условиями взрывания.

Таблица 4.1

Минимально допустимые безопасные для людей расстояния от места взрыва при взрывной подготовке горной массы к выемке в карьерах

Методы взрывных работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м
Метод наружных зарядов, в том числе кумулятивных.....	300 по проекту
Метод шпуровых зарядов.....	200*
Метод котловых шпуров.....	200*
Метод малокамерных зарядов (рукавов).....	200*
Метод скважинных зарядов.....	Не менее 200**
Метод котловых скважин.....	Не менее 300
Метод 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.

Критерием опасности воздействие взрыва на человека является возможная утрата жизни, здоровья и работоспособности.

Критерий опасности воздействия взрыва на механизмы, оборудование и сооружения зависит от значимости объекта и определяется возможностью утраты или снижения его работоспособности, прочности и надежности.

Порядок выполнения работы

Исходные данные:

- параметры БВР при первичном и вторичном дроблении;
- количество скважин во взрываемом блоке;
- принятая схема коммутации взрывной сети.

Расчеты выполнять из предположения, что карьер работает в неосвоенном районе.

Для достижения цели занятия выполнить следующие этапы:

1. Для подготовки к выполнению работы изучить соответствующий материал лекций и литературу: [1, с. 359 – 362], [4, с. 31 – 52], [6, с. 94 - 110], [7, с. 368 – 418], [9, с. 241 – 245], [13, глава VII].

2. Прочитать и изучить нижеизложенный материал.

3. Определить безопасные расстояния по разлету кусков породы.

3.1. Размеры безопасных расстояний для людей при взрывании скважинных зарядов рыхления.

При ведении взрывных работ на ровной местности радиус разлета кусков определится:

$$r_{\text{р}} = 1250\eta_{\text{з}}\sqrt[3]{\frac{fd}{(1+\eta_{\text{заб}})a}}, \qquad (4.1)$$

где представлены: характеристика зарядов - коэффициентом заполнения скважины взрывчатым веществом ($\eta_{\text{з}}$), диаметром взрываемой скважины (d, м; свойства среды - коэффициентом крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова (f); условия взрывания - коэффициентом заполнения скважины забойкой ($\eta_{\text{заб}}$), расстоянием между скважинами в ряду (a, м).

Иногда для оценки прочностных свойств используют не коэффициент крепости f, а номер группы F, к которой относятся породы по классификации СНиП. Связь между этими характеристиками определяется следующим соотношением:

$$f = \left(\frac{F}{2{,}5}\right)^2.$$

Коэффициент заполнения скважин взрывчатым веществом $\eta_{\text{з}}$ равен отношению длины заряда в скважине $l_{\text{з}}$ (м) к глубине пробуренной скважины L (м).

$$\eta_{\text{з}} = l_{\text{з}}/L.$$

Коэффициент заполнения скважины забойкой $\eta_{заб}$ равен отношению длины забойки $l_{заб}$ (м) к длине свободной от заряда верхней части скважины $l_н$ (м).

$$\eta_{заб} = l_{заб}/l_н.$$

При полном заполнении забойкой свободной от заряда верхней части скважины $\eta_{заб} = 1$, при взрывании без забойки – $\eta_{заб} = 0$.

При взрывании серии скважинных зарядов одинакового диаметра с переменными параметрами a, $\eta_з$, $\eta_{заб}$ расчет радиуса разлета кусков по формуле (4.1) должен проводиться по наименьшим значениям параметров a, $\eta_{заб}$ и наибольшему параметру $\eta_з$ из всех имеющихся в данной серии зарядов.

Если взрываемый участок массива представлен породами с различной крепостью, при расчете $r_р$ следует принимать максимальное значение коэффициента крепости грунта f. При взрывании парносближенных (кустов, пучков) скважинных зарядов диаметром d в расчетах учитывается их эквивалентный диаметр

$$d_э = d\sqrt{N_c},$$

где $N_с$ – число парно сближенных скважин в кусте.

При определении опасных расстояний необходимо учитывать возможные в процессе производства взрывных работ отклонения отдельных параметров a, $\eta_{заб}$, $\eta_з$ скважинных зарядов от принятых проектных значений. Поэтому расчет $r_р$ по формуле (4.1) следует проводить с определенным запасом, принимая, исходя из этого, минимально возможные при производстве взрывных работ значения параметров a, $\eta_{заб}$ и максимально возможное значение параметра $\eta_з$.

При производстве горных работ на косогорах, а также при превышении отметки поверхности взрываемого блока над отметкой одного из участков границы опасной зоны более чем на 30 м размеры опасной зоны $r_р$ в направлении вниз по склону должны определяться по формуле:

$$R_р = r_р K_р, \qquad (4.2)$$

где $R_р$ – опасное расстояние по разлету отдельных кусков породы в сторону уклона косогора или в сторону участка границы, расположенного на 30 м ниже поверхности взрываемого блока, м;

$K_р$ – коэффициент, учитывающий превышение поверхности взрываемого блока над пониженным участком границы опасной зоны.

Если известен угол (β, град.) между горизонтом и направлением от места взрыва до пониженного участка границы опасной зоны, определенной по ф. 4.1. (обычно это угол откоса борта карьера), то значение $K_р$ определится так

$$K_р = 1 + \operatorname{tg}\beta, \qquad (4.3)$$

В тех случаях, когда вместо угла β известно превышение (H, м) места взрыва над границей опасной зоны , значение $K_р$ определится так:

$$K_{\text{р}} = 0{,}5\left(1+\sqrt{1+\frac{4H}{r_{\text{р}}}}\right). \qquad (4.4)$$

Если в каком-либо направлении граница опасной зоны, рассчитанная по формуле (4.1) или (4.2), проходит по уклону (склону), необходимо учесть возможное скатывание отдельных кусков породы и увеличить в этом направлении безопасное расстояние.

Также необходимо учитывать влияние силы ветра на возможное увеличение дальности разлета кусков породы с помощью коэффициента, рассчитанного по формуле Б. Н. Кутузова:

$$K_{\text{в}} = 1+\frac{V_{\text{в}}}{V_{\text{р}}}, \qquad (4.5)$$

где $V_{\text{в}}$ – средняя скорость ветра или его порывов в момент взрыва, м/с. Определяется по данным метеослужбы;

$V_{\text{р}}$ – средняя скорость разлета кусков, м/с. Определяется по формуле:

$$V_{\text{р}} = 3\sqrt{r_{\text{р}}}\,.$$

Таким образом, расчетное значение опасного расстояния для людей по разлету кусков взорванной горной массы ($R_{\text{р}}$, м) определяется:

$$R_{\text{р}} = r_{\text{р}} K_{\text{р}} K_{\text{в}}. \qquad (4.6)$$

Полученный результат округляется в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое при этом безопасное расстояние не должно быть меньше минимальных расстояний, указанных в табл. 4.1.

3.2. Размеры безопасных расстояний при взрывании сосредоточенных зарядов рыхления (котловых, камерных).

Радиусы зон, опасных по разлету отдельных кусков породы, при взрывах сосредоточенных зарядов рыхления ($n < 1$) определяют следующим образом. Из всех зарядов данной серии выбирается заряд с наибольшей линии наименьшего сопротивления – $W_{\max}$. Для этого заряда рассчитывают длину той условной линии наименьшего сопротивления ($W_{\text{нв}}$), при которой он явился бы зарядом нормального выброса ($n = 1$).

$$W_{\text{нв}} = 5W_{\max}/7.$$

Полученное значение $W_{\text{нв}}$ является отправным для определения безопасных расстояний по разлету отдельных кусков для людей. Искомые значения радиусов $r_{\text{р}}$ находятся в табл. 4.2, по значению $W = W_{\text{нв}}$ и $n = 1$.

Найденное значение $r_{\text{р}}$ корректируется в соответствии с п. 3.1 и с учетом рельефа местности и скорости ветра, предполагаемой в период взрыва, и другими требованиями этого пункта.

3.3. Размеры безопасных расстояний при взрывании накладных и шпуровых зарядов определяются по табл. 4.2.

4. Безопасные расстояния по разлету кусков породы для механизмов, зданий и сооружений согласно Едиными правилами безопасности при взрывных работах определяются в проекте на взрыв с учетом конкретных условий.

5. Определение безопасных расстояний (радиусов опасны зон) по действию ударной воздушной волны (УВВ).

5.1. Размер зоны, опасной для людей.

Безопасное для человека расстояние от места взрыва по действию ударной воздушной волны (r_{min}, м) определяется при взрывании наружного заряда. Это расстояние, если по условиям работ необходимо максимальное приближение к месту взрыва персонала, производящего взрывание, рассчитывается по формуле:

$$r_{min} = 15\sqrt[3]{Q}, \qquad (4.7)$$

где Q – масса взрывчатых веществ взрываемого наружного заряда, кг.

В остальных случаях полученное по формуле (4.7) расстояние следует увеличивать в 2 – 3 раза. При наличии блиндажей расстояние, рассчитанное по этой формуле, может быть сокращено не более чем в 1,5 раза.

Под массой взрывчатых веществ, взрываемого наружного заряда понимается сумма массы ВВ одновременно взрываемых наружных (накладных) зарядов и ВВ детонирующих шнуров, расположенных на поверхности взрываемого блока (магистральных и секционных).

Взрыв заряда в воде на глубине, меньшей 1,5 высоты заряда, следует рассматривать как взрыв наружного заряда.

Таблица 4.2

Безопасные расстояния по разлету кусков породы при взрывании на выброс и сброс

Линия наименьшего сопротивления W, м	Радиус опасной зоны (м) для людей при значении показателя действия взрыва заряда (n)			
	1,0	1,5	2,0	2,5 - 3,0
1,5	200	300	350	400
2	200	400	500	600
4	300	500	700	800
6	300	600	800	1000
8	400	600	800	1000
10	500	700	900	1000
12	500	700	900	1200
15	600	800	1000	1200
20	700	800	1200	1500
25	800	1000	1500	1800
30	800	1000	1700	2000

5.2. Размер зоны, опасной для механизмов, зданий и сооружений.

Едиными правилами безопасности при взрывных работах при определении расстояний, безопасных по действию ударной воздушной волны на механизмы, оборудование и сооружения, рассматриваются следующие два критерия опасности воздействия взрыва:

– нарушение целостности здания или сооружения в целом;

– нарушение целостности застекления.

При этом в зависимости от значимости объекта различают пять степеней допускаемого нарушения его целостности (табл. 4.3).

Свойства среды распространения УВВ учитываются наличием преград на пути УВВ, ограниченностью пространства распространения УВВ (ущелье, улица) и температурой окружающего воздуха.

Условия взрывания учитываются степенью заглубления заряда, схемой коммутации взрывной сети, интервалами замедления.

Размеры опасной зоны по критерию целостности здания или сооружения в целом рассчитываются по формулам:

$$r_B = K_B \sqrt[3]{Q}\,; \tag{4.8}$$

$$r_B = k_B \sqrt{Q}\,, \tag{4.9}$$

где r_B – безопасное расстояние, м;

Q – масса взрывчатых веществ одновременно взрываемых зарядов, кг;

K_B, k_B – коэффициенты пропорциональности, значения которых зависят от условий расположения и массы заряда, а также от степени допускаемых повреждений зданий или сооружений (табл. 4.3).

Формулы (4.8) и (4.9) следует применять для определения относительно безопасных расстояний до зданий (сооружений) от мест изготовления взрывчатых веществ, хранения взрывчатых материалов на складах (хранилища, площадки и т. п.), от мест погрузки, разгрузки и переработки взрывчатых материалов, а также отстоя транспортных средств с ними, от мест взрывов наружных зарядов и зарядов выброса.

Взрыв заряда в воде на глубине, меньшей 1,5 высоты заряда, следует рассматривать как взрыв наружного заряда.

Формула (4.8) должна применяться при допустимости первой – третьей степеней повреждений для открытых (наружных) зарядов массой больше 10т и для зарядов, углубленных на свою высоту, массой больше 20 т при допустимости первой – второй степеней повреждений. Формулу (4.9) нужно применять при допустимости первой – третьей степеней повреждений для открытых зарядов массой менее 10 т и первой – второй степеней повреждений – для зарядов, углубленных на свою высоту, с массой менее 20 т, а также для соответствующих зарядов выброса. Кроме того, формула (4.9) применима при допустимости четвертой – пятой степеней повреждений независимо от массы и расположения заряда.

В Единых правилах безопасности при взрывных работах указывается, что при пользовании табл. 4.3 необходимо руководствоваться следующим:

а) при выборе степени повреждения и значений коэффициентов должна учитываться вся совокупность местных условий, причем в сложных случаях в выборе степени безопасности должны участвовать руководитель взрывных работ организации, представители заинтересованных организаций, владеющих охраняемым объектом, и представитель органа Госгортехнадзора;

в) при определении расстояний до линии электропередачи следует исходить из значений радиуса разлета кусков выбрасываемой взрывом породы, поскольку линии электропередачи относятся к категории конструкций, стойких по отношению к действию ударной воздушной волны;

д) коэффициенты в табл. 4.3 указаны неоднозначно. То или иное значение следует выбирать в зависимости от состояния объекта, для которого устанавливаются безопасные расстояния: чем прочнее этот объект, тем меньшее значение коэффициента может быть принято при расчете в пределах значений, указанных в табл. 4.3;

е) свойства взрывчатых веществ при расчете безопасных расстояний не учитываются.

Таблица 4.3

Значения коэффициентов k_B и K_B для расчета расстояний, безопасных по действию УВВ при взрыве

Степень повреждения	Возможные последствия	Наружный заряд			Заряд, углубленный на свою высоту			$n = 3$
		Q, т	k_B	K_B	Q,т	k_B	K_B	k_B
1	Отсутствие повреждений	< 10 > 10	50-150 –	– 400	< 20 > 20	20-50 –	– 200	3-10 –
2	Случайные повреждения застекления	< 10 > 10	10-30 –	– 60-100	< 20 > 20	5-12 –	– 50	– 1-2
3	Полное разрушение застекления. Частичное повреждение рам, дверей, нарушение штукатурки и внутренних легких перегородок	< 10 > 10	5-8 –	– 30-50	– –	– 204	– –	– 0,5-1
4	Разрушение внутренних перегородок, рам дверей, барков, сараев и т. п.	–	2-4	–	–	1-2	–	Разрушение в пределах воронки
5	Разрушение малостойких каменных и деревянных зданий, опрокидывание железнодорожных составов	–	1,5-2	–	–	0,5-1	–	–

Примечание: при выполнении реальных расчётов степень повреждения необходимо принимать с учетом рекомендаций приведенных в [13] п. 5.1.2.

Если защищаемый объект расположен непосредственно за преградой (на опушке густого леса, у подножия холма), стоящей на пути распространения воздушной ударной волны, то безопасное расстояние, определенное по приведенным формулам, может быть уменьшено, но не более чем в 2 раза.

При производстве взрыва в ограниченном пространстве - в узкой долине (ущелье) или между домами улицы, безопасное расстояние должно быть увеличено в 2 раза.

Если за местом взрыва в радиусе $1{,}5\sqrt{Q}$ имеются прочные преграды в виде стен, валов и т. п., в направлении, противоположном этим преградам, безопасное расстояние должно увеличиваться: при расчете по формуле (4.8) – в 1,3, а по формуле (4.9) – в 1,4 раза.

Размеры опасной зоны (в м) по критерию нарушения целостности застекления при взрывании наружных зарядов и скважинных (шпуровых) зарядов рыхления для пород VI – VIII групп по классификации строительных норм (СНиП) определяют по формулам:

$$r_B = 200\sqrt[3]{Q_э} \text{ при } 1000 \text{ кг} \le Q_э < 5000 \text{ кг}, \quad (4.10)$$

$$r_B = 65\sqrt{Q_э} \text{ при } 2 \text{ кг} \le Q_э < 1000 \text{ кг}, \quad (4.11)$$

$$r_B = 63\sqrt[3]{Q_э^2} \text{ при } Q_э \le 2 \text{ кг}, \quad (4.12)$$

где $Q_э$ – эквивалентная масса заряда, кг.

При взрывании пород IX группы и выше по строительным нормам радиус опасной зоны, определенный по формулам (4.10) – (4.12), должен быть увеличен в 1,5 раза, а при взрывании пород V группы и ниже радиус опасной зоны может быть уменьшен в 2 раза.

Эквивалентную массу заряда определяют следующим образом:

а) для наружных зарядов (высотой $h_{зар}$ с засыпкой слоем грунта $h_{заб}$), взрываемых одновременно

$$Q_э = K_H Q, \quad (4.13)$$

где Q – суммарная масса зарядов, кг;

K_H – коэффициент, значение которого зависит от отношения $h_{заб}/h_{зар}$.

Значение коэффициента K_H для расчета эквивалентной массы заряда при взрывании наружных зарядов, засыпанных грунтом

$h_{заб}/h_{зар}$	0	1	2	3	4
K_H	1	0,5	0,3	0,1	0,03

б) для группы в количестве N скважинных (шпуровых) зарядов (длиной менее 12 своих диаметров), взрываемых одновременно:

$$Q_э = P l_{зар} K_з N, \quad (4.14)$$

где P – вместимость взрывчатых веществ 1м скважины (шпура), кг;

$l_{зар}$ – длина заряда, м;

$K_з$ – коэффициент, значение которого зависит от отношения длины забойки $l_{заб}$ к диаметру скважины (шпура) d (при отсутствии забойки – зависит от отношения длины свободной от заряда части скважины $l_{св}$ к d);

Значение коэффициента $K_з$
в зависимости от отношения $l_{заб}/d$ или $l_{св}/d$

$l_{заб}/d$	0	5	10	15	20
$K_з$	1	0,15	0,02	0,003	0,002

$l_{св}/d$	0	5	10	15	20
$K_з$	1	0,3	0,07	0,02	0,004

в) для группы из N скважинных (шпуровых) зарядов (длиной более 12 своих диаметров), взрываемых одновременно:

$$Q_э = 12PdK_зN. \quad (4.15)$$

Во всех случаях, когда заряды инициируются детонирующим шнуром, суммарная масса взрывчатых веществ в сети детонирующего шнура добавляется к значениям $Q_э$ вычисленным по формулам (4.14) – (4.15).

В случае короткозамедленного взрывания под $Q_э$ и N следует понимать соответственно массу эквивалентного заряда и число зарядов одной группы одновременно взрываемых зарядов. При наличии нескольких групп зарядов, взрываемых с замедлениями, к расчету принимается группа с максимальным $Q_э$. Если интервал замедления между группами 50 мс и более, безопасное расстояние определяется по формулам (4.10) – (4.12). При интервале замедления от 30 до 50 мс безопасное расстояние, рассчитанное по формулам (4.10) – (4.12), должно быть увеличено в 1,2, от 20 до 30 мс – в 1,5 и от 10 до 20 мс – в 2 раза.

Суммарная масса зарядов и число групп замедлений не ограничиваются.

Если взрывные работы проводятся при отрицательной температуре воздуха, минимальное безопасное расстояние, определенное по формулам (4.10) – (4.12), должно быть увеличено не менее чем в 1,5 раза.

При взрывах вблизи лечебных, детских учреждений и зданий с большой площадью застекления, значительным скоплением людей и т. п. вопрос определения безопасных расстояний следует решать с привлечением специализированных организаций.

Для уменьшения поражающей способности УВВ могут быть использованы следующие способы:

а) засыпка (забойка) наружного заряда слоем грунта. При слое засыпки, равном не менее пяти высот заряда над всей площадью его основания, безопасное расстояние может быть уменьшено в 4 раза. Материал засыпки не должен содержать тяжелых предметов (камней, гальки и т. п.);

б) удаление створок оконных рам или открывание окон и закрепление их в открытом положении; закрывание оконных проемов прочными щитами и т. п.;

в) защита мешками или ящиками, заполненными песком;

г) применение перемещаемых укрытий-локализаторов, гасящих ударную воздушную волну.

6. Определение размера безопасных расстояний по сейсмическому действию взрыва (сейсмически безопасных расстояний).

При определении расстояний, безопасных по сейсмическому действию взрыва на механизмы, оборудование и сооружения, в ЕПБ за критерий опасности принято считать появление повреждений, нарушающих их нормальное функционирование (когда вероятность появления в отдельных зданиях и сооружениях легких повреждений составляет около 0,1). Значимость подвергаю-

щегося воздействию взрыва объекта учитывается коэффициентом $K_с$, зависящим от типа здания и характера застройки

Свойства среды распространения сейсмических колебаний (грунта в основании охраняемого здания) учитываются коэффициентом $K_г$, зависящим от свойств грунта в основании охраняемого здания.

Условия взрывания учитываются характером взрыва, средой и местом расположения заряда, взаимным расположением зарядов (когда их несколько) относительно охраняемого объекта, схемой коммутации взрывной сети, в том числе интервалами замедления.

При взрыве наружных зарядов на поверхности земли сейсмическое действие не учитывается.

Расстояния, на которых колебания грунта, вызываемые однократным взрывом сосредоточенного заряда взрывчатых веществ, становятся безопасными для зданий и сооружений, определяются по формуле:

$$r_с = K_г K_с \alpha \sqrt[3]{Q}, \qquad (4.16)$$

где $r_с$ – минимальное безопасное расстояние от места взрыва до охраняемого здания (сооружения), м;

$K_г$ – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения);

$K_с$ – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки;

α – коэффициент, зависящий от условий взрывания;

Q – масса заряда, кг.

Значения коэффициента $K_г$

Скальные породы плотные, ненарушенные	5
Скальные породы, нарушенные, неглубокий слой мягких грунтов на скальном основании	8
Необводненные песчаные и глинистые грунты глубиной более 10 м	12
Почвенные обводненные грунты и грунты с высоким уровнем грунтовых вод	15
Водонасыщенные грунты	20

Примечание. В тех случаях, когда характеристика грунта не в полной мере соответствует приведенной выше или известна ориентировочно, следует для расчета принимать ближайшее большее значение коэффициента $K_г$.

Значения коэффициента $K_с$

Одиночные здания и сооружения производственного назначения с железобетонным или металлическим каркасом	1,0
Одиночные здания высотой не более двух-трех этажей с кирпичными и подобными стенами	1,5
Небольшие жилые поселки	2,0

Примечание. При взрывании на расстоянии менее 100 м от зданий или сооружений сейсмическое действие взрыва имеет локальный характер, и поэтому определенная с помощью формулы (4.16) предельно допустимая масса заряда

получается заниженной. Допускается при необходимости увеличение этой массы.

Значения коэффициента α

Камуфлетный взрыв и взрыв на рыхление	1,0
Взрыв на выброс	0,8
Взрыв полууглубленного заряда	0,5

Примечание. При размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах значения коэффициента следует увеличить в 1,5 – 2,0 раза.

При одновременном (без замедления) взрывании группы из N зарядов взрывчатых веществ общей массой Q в тех случаях, когда расстояния от охраняемого объекта до ближайшего заряда и до наиболее удаленного заряда различаются не более чем на 20 %, минимальное безопасное расстояние (м):

$$r_{\text{с}} = N^{1/6} K_{\text{г}} K_{\text{с}} \alpha \sqrt[3]{Q}. \tag{4.17}$$

При большем различии в расстояниях охраняемый объект будет находиться вне сейсмически опасной зоны, если будет соблюдаться условие:

$$\left(K_{\text{г}} K_{\text{с}} \alpha\right)^3 \sum_{i=1}^{N} \frac{q_i}{r_i^3} \le 1, \tag{4.18}$$

где N – число зарядов взрывчатых веществ;

q_i – масса отдельного заряда взрывчатых веществ, кг;

r_i – расстояние от отдельного заряда взрывчатых веществ до охраняемого объекта, м.

При неодновременном взрывании N зарядов взрывчатых веществ общей массой Q со временем замедления между взрывами каждого заряда не менее 20 мс безопасное расстояние (м):

$$r_{\text{с}} = \frac{K_{\text{г}} K_{\text{с}} \alpha}{N^{1/4}} Q^{1/3}. \tag{4.19}$$

При определении N и Q можно не учитывать заряды, масса которых в 3 и более раза и меньше массы максимального заряда взрываемой группы.

В тех случаях, когда в группе неодновременно взрываемых зарядов расстояния от охраняемого объекта до ближайшего и до наиболее удаленного зарядов различаются более чем на 20 %, охраняемый объект будет находиться вне сейсмически опасной зоны при соблюдении условия:

$$\left(\frac{K_{\text{г}} K_{\text{с}} \alpha}{N^{1/4}}\right)^3 \sum_{i=1}^{N} \frac{q_i}{r_i^3} \le 1. \tag{4.20}$$

При определении N не учитываются заряды, для которых величина q_i / r_i в 3 и более раза меньше максимальной для остальных зарядов из всей взрываемой группы.

При взрывании взрывного блока, состоящего из групп зарядов с замедлениями между взрывами зарядов в отдельной группе менее 20 мс, каждую такую группу следует рассматривать как отдельный заряд с общей массой, равной

сумме зарядов в группе, а безопасное расстояние от взрывного блока (r_c) определять по формулам (4.19), (4.20), где число зарядов N равно числу групп.

Для поврежденных зданий (трещин в стенах и т. п.) безопасные расстояния, определенные по формулам (4.16) – (4.20), должны быть увеличены. Это увеличение устанавливается по заключениям специализированных организаций. При отсутствии таких заключений безопасные расстояния должны быть увеличены не менее чем в 2 раза.

Приведенная методика рассматривает не все факторы, определяющие радиус опасной по сейсмическому действию зоны. В частности, не учитываются направленность сейсмического действия группы зарядов большой протяженности, наличие повреждений зданий при повторяющихся взрывах, особенности сейсмического действия мощных (1000 т взрывчатых веществ и более) взрывов. При необходимости учета дополнительных факторов следует привлекать специализированные организации.

Специализированные организации необходимо привлекать и при определении безопасных расстояний для зданий и сооружений уникального характера (здания атомных электростанций, башни, высотные здания, монументальные общественные здания и т. п.) и для ответственных и сложных инженерных сооружений (мосты, реакторы различного назначения, гидротехнические сооружения, радиомачты и т. п.).

Сейсмическое действие взрыва тем меньше, чем больше его энергии используется в зоне дробления. Поэтому важнейшим условием обеспечения сейсмической безопасности является наиболее полное использование энергии взрыва на дробление горных пород.

Основным методом снижения сейсмического действия взрыва является применение замедленного и короткозамедленного взрывания.

Для уменьшения сейсмического действия взрыва используют также создание экранов из разрушенных пород. Для предохранения сооружений при взрывании зарядов на небольших расстояниях (до 100 радиусов заряда) создают защитные щели, оконтуривающие взрываемый массив на глубину, превышающую глубину фундамента здания в 1,2 – 1,5 раза.

На общее сейсмическое действие зарядов ВВ влияет также ориентировка взрываемых блоков относительно охраняемых объектов. Так, при расположении объекта на фланге взрываемого блока заряд может быть увеличен в два раза, если направление детонации в сторону объекта, и в 5 – 6 раз, если направление детонации от объекта. Если объект расположен со стороны фронта блока, а детонация направлена вдоль блока, то заряд может быть увеличен в два раза.

7. Определение размера опасной зоны по действию ядовитых газов.

При одновременном взрывании зарядов выброса общей массой более 200 т должна быть учтена газоопасность взрыва и установлено безопасное расстояние $r_г$, за пределами которого содержание ядовитых газов (в пересчете на условную окись углерода) не должно превышать предельно допустимых концентраций.

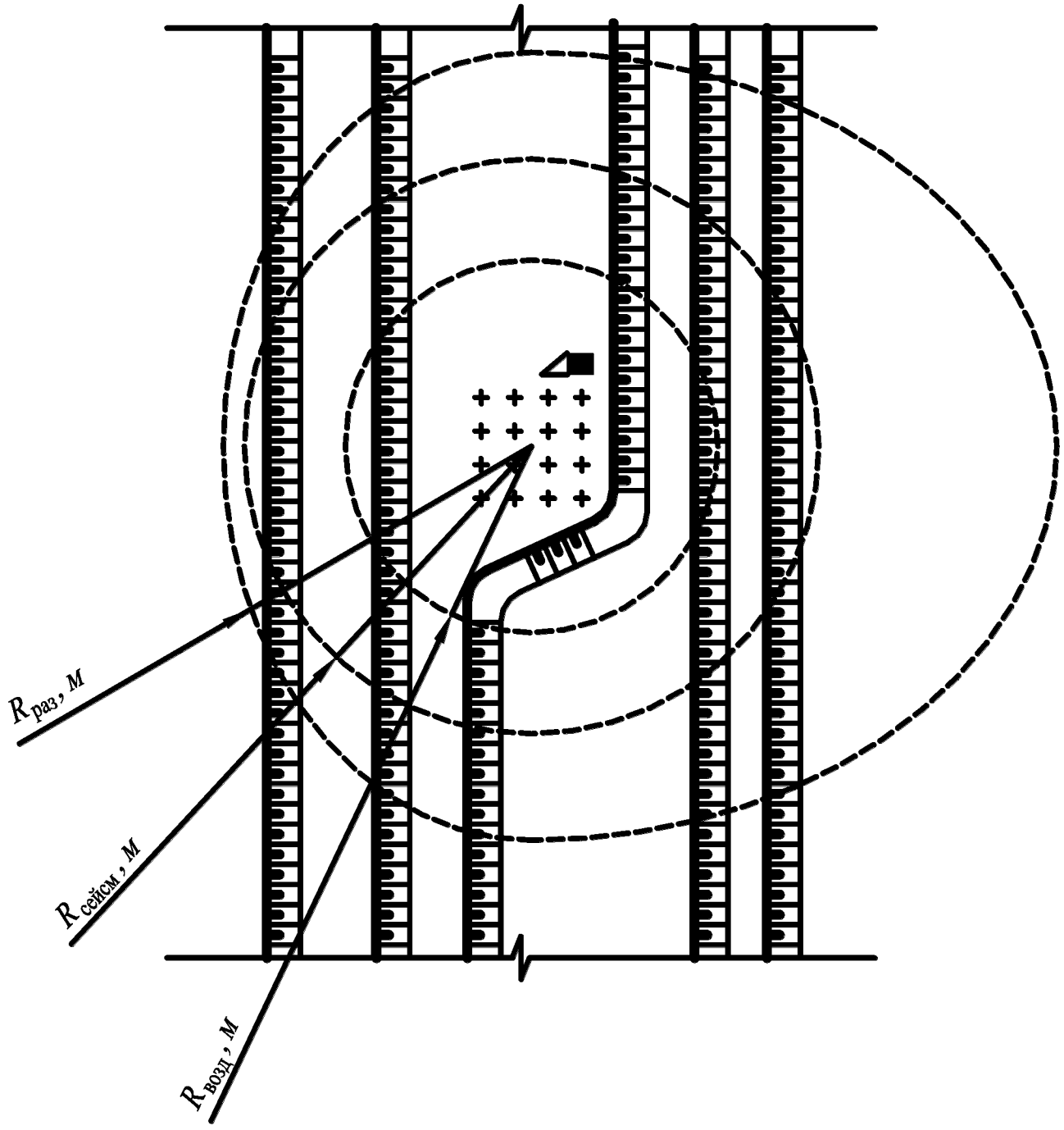


Рис. 4.1. Пример графического изображения схемы взрываемого блока и контуров опасных зон

Безопасное по действию ядовитых газов расстояние $r_г$ (м) в условиях отсутствия ветра или в направлении, перпендикулярном к распространению ветра, при взрыве зарядов на выброс определяется по формуле

$$r_г = 160\sqrt[3]{Q}, \qquad (4.21)$$

где Q – суммарная масса взрываемых зарядов, т.

В направлении, противоположном распространению ветра, радиус газоопасной зоны следует принимать также равным $r_г$. По направлению ветра радиус газоопасной зоны $r_{г1}$ определяется по формуле:

$$r_{г1} = 160\sqrt[3]{Q}(1 + 0{,}5V_в), \qquad (4.22)$$

где $V_в$ – средняя скорость ветра или его порывов в момент взрыва, м/с.

8. Результаты расчета свести в итоговую таблицу. По результатам выполнить графическое изображение в стандартном масштабе на формате А4 схемы взрываемого блока и контуров опасных зон рисунке.

Контрольные вопросы

1. По каким воздействиям от взрыва рассчитываются безопасные расстояния при взрывных работах?
2. По каким воздействиям от взрыва рассчитываются безопасные для людей расстояния при взрывных работах?
3. По каким воздействиям от взрыва рассчитываются безопасные для механизмов и оборудования расстояния при взрывных работах?
4. Какими факторами определяются размеры опасной зоны?
5. Какими факторами определяются характер распределения энергии взрыва в массиве?
6. Какие критерии используются для оценки опасности воздействия взрыва на человека?
7. Какие критерии используются для оценки опасности воздействия взрыва на механизмы, оборудование и сооружения?
8. От каких факторов зависит радиус разлета кусков при взрыве?
9. При взрывании какого заряда рассчитываются размеры опасной для людей зоны по действию ударной воздушной волны (УВВ)?
10. Сколько степеней допускаемого нарушения целостности сооружения учитываются при оценке радиуса опасной зоны по действию ударной воздушной волны (УВВ)?
11. По какому критерию опасности воздействия взрыва оцениваются размеры опасной зоны по действию ударной воздушной волны (УВВ) при взрыве скважных и шпуровых зарядов на рыхление?
12. Когда рассчитываются размеры опасной зоны по критерию целостности здания или сооружения в целом?
13. Как рассчитывается эквивалентная масса N скважных зарядов для оценки размеров опасной зоны от действия УВВ по критерию нарушения целостности застекления?
14. При взрыве каких зарядов не учитывается сейсмическое действие взрыва?
15. По какому критерию опасности определяется радиус опасной по сейсмическому действию взрыва зоны?
16. От каких факторов зависит радиус опасной по сейсмическому действию взрыва зоны?
17. Когда рассчитываются размеры опасной зоны по действию ядовитых газов?

Список использованных и рекомендуемых источников

1. *Хохряков В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: Учебник для техникумов. М.: Недра 1991. 336 с.
2. *Ржевский В. В.* Открытые горные работы. Ч. 1. Производственные процессы: Учебник для вузов. М.: Недра, 1985. 509 с.
3. *Томаков П. И., Наумов И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ: Учебник для вузов. М.: Изд-во МГИ, 1992. 516 с.
4. *Беляков Ю. И.* Проектирование экскаваторных работ. М.: Недра, 1983. 349 с.
5. *Друкованый М. Ф., Кукиб Б. Н., Куц В. С.* Буровзрывные работы на карьерах. М.: Недра, 1990. 367 с.
6. *Корнилков С. В., Стенин Ю. В.. Стариков А. Д.* Расчет параметров буровзрывных работ при скважинной отбойке на карьерах: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. 112 с.
7. *Кутузов Б. Н.* Разрушение горных пород взрывом. М: МГИ, 1992. 516 с.
8. *Кутузов Б. Н.* Разрушение горных пород взрывом (взрывные технологи и в промышленности). Ч. II.: Учебник для вузов. М.: Недра, 1994. 446 с.
9. Буровзрывные работы на угольных разрезах /Репин Н.Я., Богатырев В. П., Буткин В. Д. и др. /Под ред. Н. Я. Репина. М.: Недра, 1987. 254 с.
10. *Репин Н. Я.* Подготовка и эксплуатация вскрышных угольных разрезов. М.: Недра, 1978. 256 с.
11. *Угольников В.*К. Оптимизация параметров буровзрывных работ на карьерах. Учебное пособие. Магнитогорск: МГМА,1997. 84 с.
12. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с открытым способом разработки. ВНТП-13-1-86/МЧМ СССР. Л.: СКБ НТО АН СССР, 1986. 264 с.
13. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. 244 с.
14. Безопасность при взрывных работах: Сборник документов. Серия 13. Выпуск 1 /Колл. авторов /Отв. составители: А. И. Субботин, Н. И. Гаврилов, С. В. Колесникова. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2001. 244 с.
15. Справочник. Открытые горные работы /К. Н. Трубецкой, М. Г. Потапов, К. Е. Виницкий, Н. Н. Мельников и др. М.: Горное бюро, 1994. 590 с.
16. Нормативный справочник по буровзрывным работам /Ф. А. Авдеев, В. Л. Барон, Н. В. Гуров и др. М.: Недра, 1986. 511 с.
17. *Стенин Ю.В.* Расчеты параметров буровзрывной подготовки горной массы к выемке: Руководство по выполнению лабораторных работ по разделу «Подготовка горной массы к выемке» дисциплины «Процессы открытых горных работ. Часть I. Расчет параметров буровых работ. Екатеринбург: Изд. УГГГА, 2001. 30 с.
18. Сытенков В.Н., Давронбеков У.Ю., Бибик И.П.Проектирование скважинных зарядов при взрывном рыхлении пород в карьерах. Навоий. Информационный центр Центрального рудоуправления НГМК, 2004. 72 с.

Приложения

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Таблица П.1.1

Исходные данные

Характеристика горных пород					Температура воздуха t,°С	Угол откоса рабочего уступа $\alpha_р$, град	Угол откоса нерабочего уступа α_v, град.	Годовой объем взрываемой горной массы $V_{год}$ млн. м^3	Объем взрываемого блока $V_{бл}$ тыс. м^3	Угол откоса рабочего борта ($\gamma_{р.б.}$), град.	Высота столба воды в скважине $h_в$, м	Азимут линии откоса уступов (направление фронта работ) $\theta_о$, град	Азимут направления наибольшей оси зоны дробления θ, град.	Допустимый процент выхода негабарита, $V_н$, %
Предел прочности, МПа			Плотность γ, т/м^3	Категория трещиноватости										
$\sigma_{сж}$	$\sigma_{сд}$	$\sigma_р$												
180	18	9	3,2	IY	0	80	70	2.0	40,0	12	1	90	90	2
20	3.0	1	1,3	IY	+25	75	60	5,0	50,0	12	1	90		2
100	25	15	2,0	III	+7	80	65	10,0	200	17	5	45	120	3
170	21	8	2,9	Y	0	75	65	20,0	400	21	6	60	30	3
50	15	10	2,3	II	10	70	60	8,0	200	18	6	45	Н. д.	2
30	3	1	1,5	III	-20	65	55	1,5	30,0	10	3	30	75	5
120	12	5	2,7	III	-15	70	65	7,0	140	18	2	30	60	5
80	20	10	2,7	IY	+12	75	65	15,0	300	20	2	90	90	10
160	15	8	2,3	II	+18	75	65	0,8	20,0	11	2	60	120	10
70	7	3	2,0	II	-10	70	60	3,0	60,0	15	1	60	180	0,5
40	6	2	1,9	I	-17	65	55	2,0	40,0	15	5	33	Н. д.	1
130	13	5	2,4	I	0	65	60	1,5	20,0	20	5	40	Н. д..	7
90	10	4	2,4	III	+15	70	65	25,0	400	22	7	90	Н. д.	3
110	10	4	2,7	IY	+20	75	70	7.0	150	13	4	0	45	3
40	10	6	2,5	IY	+7	70	65	12,0	200	12	4	0	70	2
20	3	1	1,4	III	0	70	55	1,0	30,0	11	4	0	90	7
20	5	3	1,6	II	-21	65	55	370	60,0	11	4	25	90	5
180	18	9	3,0	Y	-12	80	70	15,0	300	21	1	30	90	3
100	12	4	2,2	III	-7	70	60	10,0	200	20	1	30	100	5
80	8	3	2,2	IY	0	70	65	2,0	40,0	15	12	30	45	10
60	5	3	2,6	IY	+17	70	65	1,5	30,0	13	3	60	30	10

Окончание табл П.1,1

Вариант	Характеристика горных пород					Температура воздуха t,°C	Угол откоса рабочего уступа $\alpha_р$, град	Угол откоса нерабочего уступа $\alpha_у$, град.	Годовой объем взрываемой горной массы $V_{год}$ млн. м^3	Объем взрываемого блока $V_{бл}$, тыс. м^3	Угол откоса рабочего борта ($\gamma_{р.б.}$), град.	Высота столба воды в скважине $h_в$, м	Азиму линии откос уступо (напра ление фронт работ ($\theta_о$), гр
	Предел прочности, МПа			Плотность γ, т/м^3	Категория трещиноватости								
	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{сд}$	$\sigma_р$										
22	140	20	7	2,7	III	+21	75	65	8,0	160	24	4	60
23	30	7	4	2,0	III	+5	70	60	0,6	20,0	10	2	45
24	60	6	3	2,5	III	0	70	60	1,5	40,0	12	5	45
25	160	20	8	3,0	II	-15	70	60	5,0	100	25	4	30
26	110	10	5	2,8	IY	-10	75	70	30,0	600	23	3	30
27	90	15	5	2,3	III	-30	70,	60	10,0	200	20	2	90
28	130	15	6	2,7	III	+18	75	65	8,0	150	23	1	90
29	150	15	7	2,4	Y	+24	80	75	15,0	300	17	1	150
30	50	8	2	2,1	III	+7	70	60	1,5	40,0	12	2	200
31	30	7	4	1,6	11	-25	65	55	2,0	60,0	13	2	240
32	40	7	3	1,8	III	-25	65	60	2,0	60.0	13	1	180
33	80	8	4	2,0	IY	0	70	65	5,0	100	15	1	200
34	140	15	5	2.5	111	0	75	65	7,0	150	20	3	270
35	20	2	1	1,2	III	-17	65	55	2,5	50,0	13	1	270
36	180	20	6	2,9	Y	+19	80	70	0,6	24,0	13	2	200

Примечание. А – автомобильный, К – конвейерный, Ж-Д – железнодорожный транспорт;

*$B_л$ = 1,2 м; **$B_л$ = 1,6 м

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1

Таблица П.2.1

Размеры элементов рабочих площадок

Экскаватор	C_1	T	C_2	$П_1$	$П_2$
При автотранспорте					
ЭКГ-5А; ЭКГ-4,6Б; ЭКГ-8И	1,5 – 2,0	12 - 14	1,5 – 2,0	6	
ЭКГ-8И; ЭКГ-6,3Ус; ЭГ-12	1,5 – 2,0	15 - 17	1,5 – 2,0	6	
ЭКГ-12,5; ЭКГ-15; ЭКГ-8Ус; ЭКГ-10Ус; ЭКГ-20	2,0 – 2,5	17 – 20	2,0 – 2,5	6	
При железнодорожном транспорте (одноколейный рельсовый путь)					
ЭКГ-5А; ЭКГ-4,6Б; ЭКГ-8И	1,5 – 2,0	3,5 – 4,0	1,5 – 2,0	6	6
ЭКГ-8И; ЭКГ-6,3Ус; ЭГ-12	1,5 – 2,0	3,5 – 4,0	1,5 – 2,0	6	6
ЭКГ-12,5; ЭКГ-15; ЭКГ-8Ус; ЭКГ-10Ус; ЭКГ-20	1,5 – 2,0	3,5 – 4,0	1,5 – 2,0	6	6
При конвейерном транспорте					
ЭКГ-5А; ЭКГ-4,6Б;	1,5 – 2,0	2,5 – 3,0	1,5 – 2,0	6	6
ЭКГ-8И; ЭКГ-6,3Ус;	1,5 – 2,0	3,0 – 3,5	1,5 – 2,0	6	6

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КАРЬЕРОВ

Таблица П. 2.2

Рабочие параметры экскаваторов

Емкость ковша, м^3 основного	Максимальный радиус черпания, м		Максимальный радиус черпания на уровне стояния, м	Максимальная высота черпания, м	Максимальный радиус разгрузки, м	Максимальная высота разгрузки, м	Рабочая масса экскаватора, т	Продолжительность цикла при угле поворота на 90°, с	
	основного	дополнительного							
ЭКГ-5А	5,2	3,2-7,0	14,5	9,04	10,3	12,65	6,7	196	23
ЭКГ-8И	8	10	18,2	12,2	12,5	15,5	9,2	370	26
ЭКГ-12	12	10 – 6	21,0	14,3	16,9	15,0	10,0	600	26
ЭКГ-20А	20	16 – 30	23,4	14,2	18,0	17,0	11,5	1040	28

Таблица П. 2.3

Годовая производительность одноковшовых экскаваторов на угольных разрезах, тыс. м^3

Объединение	ЭКГ-4У; ЭКГ-5	ЭКГ-8И; ЭКГ-10	ЭКГ-12,5; ЭКГ-15
Башкируголь.....	1404	1372	–
Вахрушевуголь.....	1347	1672	–
Востсибуголь.....	646	1540	–
Дальвостуголь.....	624	–	–
Красноярскуголь.....	580	1756	2358
Кемеровоуголь.....	819	1297	1567
Приморскуголь.....	954	1499	–
Тулауголь.....	108	–	–
Челябинскуголь.....	1279	1083	–
Якутуголь.....	550	1342	–
Александрияуголь.....	690	–	–
Экибастузуголь.....	506	1523	2514
Средазуголь.....	841	1719	–

Таблица П. 2.4

Техническая характеристика автосамосвалов БелАЗ с гидромеханической трансмиссией

Показатели	БелАЗ-540А	БелАЗ-7540	БелАЗ-7526	БелАЗ-548А	БелАЗ-7523	БелАЗ-7548	БелАЗ-7555
Грузоподъемность, т....	27	30	30	40	42	42	55
Масса снаряженного автомобиля, т.....	21	21,75	21,475	28,8	29,48	29,5	40,5
Объем кузова геометрический, м^3.....	15	15	19	21	21	21	25
Объем кузова с "шапкой", м^3.....	18	18	23,5	26	26	26	34,2
Ширина, м.....	3,48	3,48	3,48	3,79	3,79	3,79	5,24

Таблица П. 2.5

Техническая характеристика автосамосвалов БелАЗ с электромеханической трансмиссией

Показатели	БелАЗ-7509	БелАЗ-75091	БелАЗ-7519	БелАЗ-75191	БелАЗ-75199	БелАЗ-7512	БелАЗ-7521	БелАЗ-75213, 75214	БелАЗ-75202
Грузоподъемность, т.....	75	75	110	120	105	120	180	180	200
Масса снаряженного автомобиля, т.....	67,48	67,68	85	85,5	90	90	145	157	143
Объем кузова геометрический, $м^3$.....	35	35	41	41	82	47	80	80	85
Объем кузова с "шапкой", $м^3$.....	46	46	56	56	—	62	108	108	115
Ширина, м.....	5,36	5,36	6,10	6,10	6,98	6,10	7,64	7,70	7,78

Таблица П. 2.6

Рекомендации по рациональному сочетанию экскаваторов и диаметров скважин (по Н. Я. Репину)

Породы	Легковзрываемые				Средней взрываемости				Трудновзрываемые			
Экскаватор	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-12	ЭКГ-20А	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-12	ЭКГ-20А	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-12	ЭКГ-20А
Высота уступа, м...	10	15	15	20	10	15	15	20	10	15	15	20
	15	20	20	25	15	20	20	25	15	20	20	25
			25	30			25	30			25	30
Диаметр скважин, мм	190	190	215	244	142	165	190	215	120	132	146	190
	190	190	215	269	146	165	190	244	120	142	146	190
			244	269			215	244			165	215

Таблица П. 2.7

Рациональное сочетание оборудования при использовании железнодорожного транспорта

Выемочно-погрузочное оборудование			Характеристика горных пород			Буровое оборудование			Транспортное оборудование				
											думпкары		
экскаватор	условия работы	емкость ковша экскаватора, м^3	коэффициент крепости пород	взрываемость	средняя объемная масса, т/м^3	тип станка	диаметр скважины, мм	модель станка	полезная масса поезда, т	сцепной вес тяговых средств, тс	грузоподъемность, т	коэффициент тары	модель
ЭКГ-5	Легкие	6,3	2-6	Легковзрываемые	2,1	СБР	160	СБР-160	700—800	150—180	100—105	0,35—0,4	—
	Средние	5	2-6	Средневзрываемые	2,1	СБР	160	СБР-160	600—700	120—150	100—105	0,.35—0,4	—
	»	5	6-10	Средневзрываемые	2,7	СБШ	200	2СБШ-200Н	600—700	120—150	100—105	0,4 -0,45	2ВС-105
	»	5	10-15	Средневзрываемые	3,0	СБШ	250	СБШ-250	600—700	120—150	100—105	0,45—0,5	2ВС-105
ЭКГ-8	Легкие	10	2-6	Легковзрываемые	2,1	СБР	200	СБР-200	900—1000	180—240	140—180	0,35—0,40	ВС-180
	Средние	8	2-6	Средневзрываемые	2,1	СБР	200	СБР-200	800—900	150—200	140—180	0,35—0,40	ВС-180
	»	8	6-10	Средневзрываемые	2,7	СБШ	250	СБШ-250	800—900	150—200	105—140	0,4 —0,45	ВС-140
	»	8	10-15	Средневзрываемые	3,0	СБШ	300	СБШ-320	800—900	150—200	105—140	0,4 —0,45	ВС-140
ЭКГ-12,5	Легкие	16	2-6	Легковзрываемые	2.1	СБР	250	СБР-250	1100—1400	240—360	140—180	0,35—0,40	ВС-180
	Средние	12,5	2-6	Средневзрываемые	2,1	СБР	250	СБР-250	1100—1400	240—36	140—180	0,35-0,40	ВС-180
	»	12,5	6-10	Средневзрываемые	2,7	СБШ	300	СБШ-320	1100—1400	240—36	140—150	0,4 —0,45	ВС-140
	»	12,5	10-15	Средневзрываемые	3,0	СБШ	320	СБШ-320	1100—1400	240—36	140—150	0,4 —0,45	ВС-140

Таблица П. 2.8

Техническая характеристика думпкаров

Показатели	6ВС-60	ВС-85	2ВС-105	ВС-145	ВС-170
Грузоподъемность, т	60	85	105	145	170
Объем кузова, $м^3$	30	38	50	68	80
Тара вагона, т	27	35	48,5	78	75
Количество осей	4	4	6	8	8
Нагрузка от колесной пары на рельсы, кН	213	294	256	273	300
Габариты, мм:					
длина по осям автосцепок	11830	12170	14900	17630	16950
ширина	3210	3520	3750	3500	—
высота	2867	3236	3241	3635	—
Способ разгрузки	Двусторонняя				Односторонняя

Таблица П. 2.9

Ориентировочные параметры конвейеров для расчета размеров негабаритных кусков в развале взорванной горной массы

Глубина карьера, м	Годовая производительность конвейера, млн. т									
	10		15		20		25		30	
	Параметры конвейеров									
	тип става и роликоопор	ширина ленты, м	тип става и роликоопор	ширина ленты, м	тип става и роликоопор	ширина ленты, м	тип става и роликоопор	ширина ленты, м	тип става и роликоопор	ширина ленты, м
150	Ж	1,0	Ж	1,2	Ж	1,2-1,4	К	1,4-1,6	К	1,6-1,8
250	Ж	1,0-1,2	Ж	1,2-1,4	К	1,4	К	1,6	К	1,8

Примечание: Ж – с жестким ставом и роликоопорами; К – с канатным ставом и гибкими роликоопорами

Таблица П. 2.10

Рекомендуемые значения $H_{заб.max}/h_{коп.max}$ для карьерных мехлопат (с канатным приводом) при различных свойствах горной массы

Взорванная масса	Разрыхление горной массы	Тип обрушения		Угол откоса забоя после обрушения, град.	Отношение $H_{заб.max}/h_{коп.max}$			
		характерный	расчетный		при кусковатости $d_{ср}$, см			при негабаритных кусках (5 – 8 %)
					5—20	20—40	40—60	
Связная ($K_р$=1,02÷1,15)	Довольно равномерное или неравномерное	Одной волной	Одной волной	75—87	1,15	1,1	1,05	1,0
Связносыпучая ($K_р$=1,2÷1,35)	Неравномерное	Несколькими волнами	То же	60—80	1,4	1,3	1,15	1,05
Связносыпучая ($K_р$=1,3÷1,4)	Довольно равномерное	Течение	Несколькими волнами	50—70	1.7	1,5	1,3	1,1
Сыпучая ($K_р$=1,4÷1,5)	То же	То же	То же	32—50	2,5	2,1	1,5	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2

Таблица П. 3.1

Сопоставление методов эффективного дробления взрывом различных пород с учетом горнотехнических условий разработки

Качественная характеристика массива	Соотношение размера максимальной отдельности к размеру кондиционного куска	Требуемый характер воздействия на массив для получения высокой степени дробления при взрыве	Наиболее эффективные методы регулирования дробления
Мелкоблочный	До 1	Разделение отдельностей практически без их дробления	Большой диаметр скважин (250 мм). Средние удельные расходы ВВ. Порядные схемы КЗВ, ВВ пониженной и средней энергии
Среднеблочный	1–2	Дробление крупных отдельностей минимум на две части	Средний диаметр скважин (200-250 мм) . Средние и повышенные удельные расходы ВВ средней энергии. Врубовые схемы КЗВ
Крупноблочный	Свыше 2	Интенсивное дробление крупных отдельностей на много частей	Малый диаметр скважин (150 мм). Высокие удельные расходы ВВ средней и повышенной энергии врубовые схемы КЗВ. Большие диаметры скважин в сочетании с высокими удельными расходами мощных ВВ.

Таблица П.3.2

Характеристика схем соединения скважинных зарядов и условия их применения

Номер группы	Группа схемы	Индекс	Вариант схемы	Кратность воздействия зарядов на призму разрушения	Условия применения
1	2	3	4	5	6
I	Порядные	А	Сплошными рядами:		Фронтальный забой, подобранный откос уступа, легковзрываемые породы:
			при однорядном мгновенном взрывании	1	Один ряд скважин
			при шахматной сетке	2—3	Два-три ряда скважин
			при квадратной сетке	2	То же
		Б	Двусторонняя	2	Четыре-пять рядов скважин, ограничение по сейсмическому действию взрыва
		В	Секционная	2	То же, и значительная протяженность взрываемого блока

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6
II	Порядные врубовые	А	Секционная с однорядным врубом	2-3	Фронтальный или траншейный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, необходимость уменьшения развала, не менее трех рядов скважин, породы средней и ниже средней крепости
		Б	Секционная с двухрядным врубом	2-3	То же, но не менее четырех рядов скважин, возможность взрывания пород средней крепости и крепких
III	Порядные «через скважину»	А	Однорядная	2	Фронтальный забой, подобранный откос уступа, породы средней и ниже средней крепости, однородные по свойствам, необходимость уменьшения развала, ограничение по сейсмическому действию взрыва, один ряд скважин
		Б	Продольными рядами	3—4	То же, но большее число рядов скважин
		В	Продольными рядами с обособленными магистралями	4	То же, но более сложное строение массива горных пород
IV	Поперечными рядами	А	С однорядными врубами	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, не менее четырех рядов скважин, породы средней и ниже средней крепости, необходимость уменьшения развала
		Б	С двухрядным врубом	2-3	То же, но более сложное строение массива и более высокая крепость горных пород
		В	Последовательными рядами	3—4	То же, но меньшая протяженность взрываемого блока и обнажение откоса уступа на фланге
V	Диагональные	А	С клиновым врубом	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы со сложным геологическим освоением, не менее четырех рядов скважин, необходимость уменьшения развала, ограничение по сейсмическому действию взрыва, трудновзрываемые породы
		Б	С трапециевидным врубом фланговым и центральным	2—3	То же, весьма трудновзры4ваемыо породы
		В	Диагонально-клиновые: простая клиновая и клиновая с оконтуривающим звеном	2	Траншейные забои, породы с однородными свойствами, средней и ниже средней крепости, необходимость сохранения сплошности массива в бортах траншей
		Г	Диагональными рядами и последовательным врубом	2-4	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы средней и ниже средней крепости, сложное строение массива, не менее четырех рядов скважин, ограничение по сейсмическому действию взрыва

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6
VI	Диагонально-волновые	А	С прямолинейным опережающим врубом	2—3	Траншейные забои значительной ширины, трудновзрываемые породы, необходимость сохранения сплошности массива в бортах траншеи
		Б	С трапециевидными врубами	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, трудновзрываемые породы со сложной структурой, не менее четырех рядов скважин
		В	С объемными врубами	2-3	То же, но небольшая протяженность блока
		Г	С ломаным фронтом отбойки: при отсутствии зажима на фланге	2	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы средней и ниже средней крепости, не менее четырех рядов скважин
		Д	С оконтуривающей группой зарядов	2—3	То же, но имеется необходимость сохранения сплошности массива за линией последнего ряда (приконтурные взрывы), не менее четырех рядов скважин
		Е	Со щелевым опережающим врубом	2—3	Траншейный забой, породы средней и ниже средней крепости, необходимость получения компактного развала, не менее четырех-пяти рядов
		Ж	С опережающим врубом	2—3	То же, взрывание легкодробимых пород
VII	Радиальные	А	Односекционная	2—3	Специальные забои, неподобранный откос уступа, весьма крепкие трудновзрываемые породы, необходимость направленного и концентрированного перемещения пород, расположение скважин по концентрическим полуокружностям
		Б	Многосекционная	2—3	Фронтальный забой, неподобранный откос уступа, значительная протяженность взрываемого блока, весьма крепкие породы, не менее четырех рядов скважин, расположенных по концентрическим полуокружностям
		В	Секторная	2—3	То же, но значительное ограничение сейсмического действия взрыва
VIII	Волновые	А	Экранирующая	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы различной крепости со сложным геологическим строением, не менее двух-четырох рядов скважин, необходимость компактного развала, ограничение по сейсмическому действию взрыва
		Б	Развернутая	2—4	То же, но подобранный откос уступа
		В	С переменным направлением взрывания групп зарядов	2-4	Траншейный забой, весьма крепкие, трудно-взрываемые породы, сложное строение массива, не менее пяти рядов скважин, ограничение по сейсмическому действию взрыва
		Г	Двусторонняя	2-4	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы различной крепости, значительное число рядов скважин (не менее шести-семи), ограничение по сейсмическому действию взрыва

Окончание табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6
IX	Комбинированные	А	Радиально-волновая	2-4	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, наличие участков пород с различными свойствами, не менее пяти рядов скважин
		Б	Порядно-волновая	2—4	То же, но различное число рядов скважин на отдельных участках
		В	Порядно-диагональная	2—3	То же

Таблица П.3.3

Промышленные ВВ для буровзрывной подготовки горной массы в карьерах (для первичного дробления)

№ п.п.	Наименование ВВ	Теплота взрыва, кДж/кг	Плотность заряжания, г/см^3	Скорость детонации, км/с	Объемная концентрация энергии, кДж/см^3	Кислородный баланс, %	Коэффициент врывной эффективности	Условия применения (водоустойчивость), назначение
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Взрывчатые вещества гранулированные и порошкообразные, а также пороха и изделия из них предназначенные для использования на земной поверхности								
1	Алюмотол	5200*/5600	0,9	5,5*/6,5	7,7/6,9	-76,2	0,83*/0,77	Сухие и обводненные скважины
2	Гранулотол	3450*/4100	0,95-1,0	5,5*/6,5	4,6/2,11	-74	1,25*/1,05	То же
3	Аммонал скальный № 3	4950	1,0-1,15	4,0-4,45	6,11	+0,78	0,87	«
Гелекс								
4	Р-80 (230 долл./т)	3330	1,2-1,3	3,6-4,2		-0,1	1,3	Сухие и обводненные скважи-
5	Р-100 (260 долл./т)	3975	1,2-1,4	3,8-4,5		-0,06	1,1	То же
6	230М (300 долл./т)	4140	1,2-1,3	4,6		-0,08	1,04	«
7	650М (430 долл./т)	4800	1,2-1,4	4,9		-0,9	0,89	«
Граммониты								
8	А (180 долл./т)	3930				-0.21	1,1	
9	50/50	3700	0,9-0,95	3,6-4,2	4,25	-27,2	1,16	Сухие скважины
10	30/70	4350	0,95	5,2-5,6	4,06	-45,9	1,0	То же
11	79/21 (290долл./т)	4300	0,9-1,0	3,5-4,2	4,80	+0,02	1,0	«

Продолжение табл. П. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	РЗ-ЗОПР, 79/21ПР, 82/18ПР	4300	0,9-1,0	3,5-4,2	4,80	+0,02	1,0	Обводненные скважины (заряды в полиэтиленовых рукавах)
	Гранипоры							
13	БП-1	3350	1,2	5,5-6,5	4,2	-45	1,28	Обводненные скважины (специализированные организации) и разрез «Листвянский» концерна «Кузбассразрезуголь»
14	ФМ							Обводненные скважины
	Гранулиты							
15	Гранулит, игданит	3800	0,9	2,2-2.7	3,8	+0,12	1,14	Сухие скважины
16	М	3850	1,0	2,5-3,6	3,9	+0.14	1.11	Сухие шпуры (скважины)
17	АС-4	4552	0,90	2,6-3,5	4,1	+ 0,41	0,94	Сухие шпуры (скважины)
18	АС-4В	4552	0,90	2,6-3,5	4,1	+ 0,41	0,94	Сухие и обводненные шпуры (скважины)
19	АС-8	5200	1,0	3,0-3,6	6,1	+0,34	0,83	Сухие шпуры (скважины)
20	АС-8В	5200	1,0	3,0-3,6	6,1	+0,34	0,83	Сухие и обводненные шпуры (скважины)
21	НК – А (126 долл./т)	3400				-2,1÷0	1,26	Сухие скважины
22	НК – Б (126 долл./т)	3090				-0,3÷ +0,3	1,39	Сухие скважины
23	УП – 1 (126 долл./т)	3700				-2,5÷ +1,2	1,16	Сухие скважины
24	С-6М	3850	0,95	2,5-3,6	3,9	-1,3	1.12	Сухие и осушенные скважины
	Водосодержащие взрывчатые вещества, предназначенные для использования на земной поверхности							
25	Акванал (ипконит) (389 долл./т)	4220- -4300	1,4-1,45	3,8-4,6	4,52- 4,86	+0,2÷ +2,3	1,02÷ 1,0	Обводненные скважины
26	Акванал АРЗ-8Н	5230	0.9	3,0-3,6	6,2	-3,3	0,83	Сухие и обводненные шпуры (скважины)
27	Граммонит РЗ-30 (350 долл./т)	3600	1,35-1,4	4,5-5,0	3,9	-1,8	1,16	Сухие и обводненные скважины

Окончание табл. П. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	Граммонит 79/21	4300	0,85	3,5-4,2	4,8	+0.02	1.0	Сухие скважины
				Акватолы				
29	Т-20 (ифзаниты Т-20, Т-50, Т-80)	3300--3900	1,34-1,56	4,2-5,5	3,52-4,3	-1,6-0,0	1,3-1,11	Сухие и обводненные скважины
30	Т-20ГК (270 ддол/т)	3680	1,4	3,6–4,0		-0,4	1,16	Обводненные скважины
31	Т-20М (371 дол/т)	3700	1,5-1,6	4,6-5,0	3,78	+1,0 ÷+3,5	1,16	Сухие и обводненные скважины
32	Карбатолы ГЛ-10В, ГЛ-15Т	5700	1,55-1,60	4,5-5,5	6,8	-21,4	0,76	Сухие и осушенные скважины
				Эмульсионные				
33	Порэмит 1 марок 1ИМ-К, 1ИМ-Н, 1МТ-К, 1МТ-Н	2880 2900 2960 3030	1,25 1,25 1,25 1,25	4,9-5,2 4,9-5,2 4,9-5,2 4,9-5,2	3,6 3,6 3,7 3,8		1,49 1,48 1,45 1,42	Сухие и обводненные скважины
34	Порэмит 1А	3010	1,25	4,9-5,1	3,8	-0,9	1,43	Сухие и обводненные скважины на разрезах АООТ «Концерн «Кузбассразрезуголь», на карьерах АО «Ураласбест»
35	Порэмит М 4А (380 долл./т) 8А (460 долл./т)	3640 4350	1,3 1,35	4,8-5,1 4,9-5,3	4,7 5,8	-5,64 -9,8	1,18 0,99	Сухие и обводненные скважины
36	Гранэмит 30/70 (295 долл./т)	3190	1,3	4,8-5,2	4,5	- 1,1	1,35	Обводненные скважины
37	Гранэмит 70/30 (260 долл./т)	3530	1,15	3,5-4,2	4,1	- 1,4	1,22	Сухие скважины
38	Гранэмит 50/50 (280 долл./т)	3260	1,4	4,2-5,0	4,6	-0,3	1,32	Обводненные скважины
39	Эмулит 80/20	2870	1,23	4,3	3,5	-3,9	1,49	Сухие сважины
40	Эмулит 75/25	2930	1,26	4.7	3.7	-4.5	1,47	Сухие сважины
41	Нобелит 20/30	2900	1,28	4,5	3,7	-2,1	1.49	Обводненные скважины
42	Нобелан 20/70	3500	1,2	4,0	4,2	- 1,7	1,23	Сухие скважины
43	Сибириты 1000,1200							Сухие и обводненные скважины

* Числитель – в сухом; знаменатель – в водонаполненном состоянии

Таблица П. 3.4

Характеристика ВВ заводского изготовления

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва $A_и$, кДж/кг	Плотность ВВ, г/см^3	Коэффициент взрывной эффективности	Критический диаметр открытого заряда, мм	Скорость детонации, км/с
Гранулит М.....	3163	0,78-0,82	0,86	80-110	2.5-3,6
Гранулит АС-4.....	3645	0,85-0,9	1,09	60-100	2,6-3,5
Гранулит АС-4В....	3648	0,8-0,85	1,02	70-100	3-3,5
Гранулит АС-8В.....	3997	0,8-0,85	1,12	70-100	3-3,6
Аммонит 6-ЖВ.....	3561	0,90	1,00	10-13	3,6-4,8
Граммонит 79/21...	3561	0,8-0,85	1,0	40-60	3,2-4
Граммоинт 50/50....	3042	0,90	1,17	40-60	3,6-4,2
Граммониг 30/70....	3149	0,90	1,20	40-60	5,2-5,6
Алюмотол.....	4266	0,95	1,38	70-80 25-30*	5,5-6*
Гранулотол.....	2975	0,9	0,91	60-80 10-15*	5,5-6,5*

Примечание. Характеристики, отмеченные звёздочкой, относятся к ВВ в водонаполненном состоянии.

Таблица П. 3.5

Основные энергетические показатели ЭВВ в сравнении с промышленными ВВ

Показатели	Эмульсионные ВВ								Промышленные ВВ					
	Нобелит 2030	Гранэмит 30/70	Нобелан 20/70	Гранэмиты		Эмулиты		Порэмит	Игданит	Игданит А-6	МАНФС М*	Гранулит АС-4	Граммонит 79/21	Гранулотол ТНТ
				70/30	50/50	80/20	75/25							
Состав ЭВВ, % АС+ДТ… эмульсия…	30 70	30 70	70 30	70 30	50 50	80 20	75 25	100	94% -АС 6% - ДТ	90% -АС 4% - ДТ 6%-А1	92% - АС 4% - ДТ 4%-А1	92% -АС 4%-ДТ 4% - А1	79% -АС 21%-ТНТ	–
Теплота взрыва, кДж/кг (ккал/кг)….	2900 (693)	3190 (763)	3500 (836)	3530 (844)	3260 (779)	2870 (701)	2930 (904)	3000 (717)	3778 (904)	4500 (1075)	4430 (1060)	4552 (1030)	4295 (1026)	4095 (980)
Плотность заряжания, г/см……	1,28	1,3	1,2	1,15	1,4	1,23	1,26	1,25	0,85	0,90-,95	0,92	0,90	0,85	1,0
Скорость детонации, км/с……	4,5	4,8-5,2	4,0	3,5-4,2	4,2-5,0	4,3	4,7	4,4-5,2	2,2-2,7	2,5-3,2	3,9	2,6-3,5	3,2-3,6	5,0-5,2
Объемная концентрация энергии, кДж/см^3….	3,7	4,5	4,2	4,1	4,6	3,5	3,7	3,8	3,2	4,14	4,08	4,1	3,65	4,09
Кислородный баланс, %.....	-2,1	- 1,1	- 1,7	- 1,4	-0,3	-3,9	-4,5	- 1,05	- 1,65	- 1,2	-0,92	+ 0,41	+ 0,02	-74
Область применения……	Обводненные скважины		Сухие скважины		Обводненные скважины	Сухие скважины		Обводненные скважины	Сухие скважины				Сухие и слабообводненные скважины	Обводненные скважины

* ВВ, выпускаемые в Узбекистане СП «MSI-Турон», аналог - гранулит АС-4

Таблица П. 3.6

Рекомендуемый ассортимент ВВ по опыту эксплуатации карьера Мурунтау

Категория пород	Трещиноватость	Коэффициент крепости	Типы применяемых ВВ
Легковзрываемые	Весьма сильнотрещиноватые	6-8	Игданит, гранулит С-6М, ЭВВ 85/15, Нобелан 2070
Средневзрываемые.....	Сильнотрещиноватые	8-10	Игданит, Игданит А-6, гранулит АС-4, МАНФО-5, ЭВВ 85
Трудновзрываемые	Среднетрещиноватые	10-12	Игданит А-6, гранулит АС-4, МАНФО-4, ЭВВ 85/15 и 80/20, Нобелан 2070
Весьма трудновзрываемые.....	Малотрещиноватые	>12	Игданит А-6, граммонит 79/21, гранулит АС-8, МАНФО-4, ЭВВ 85/15 и 80/20, Нобелан 2070
Обводненные породы.....			Гранулотол, гранипоры, ЭВВ 30/70, Нобелит 2030

Таблица П. 3.7

Рекомендуемые согласно [7] условия применения ВВ на карьерах

Условия применения	Породы слабые (стоимость бурения 0,07 руб/дм^3 – 0,44)	Породы средней крепости (стоимость бурения 0,16 руб/дм^3 – 1,0)	Породы крепкие и весьма крепкие (стоимость бурения 0,25 руб/дм^3 – 1,56)
Сухие скважины и котлы или сухая часть обводненных скважин.....	Гранулит М, Игданит Граммонит 79/21, Акватолы, Ифзаниты, Карбатол 15Т	Акватолы, Ифзаниты Карбатол 15Т, Граммонит 79/21, Гранулиты АС-4М, Игданит	Акватолы, Карботол ГЛ-10В, Граммонит 79/21, Гранулит АС-4,
Обводненная часть скважин с непроточной водой.....	Граммониты 50/50, Граммониты 30/70, Ифзаниты, Карбатол 15Т, Гранулотол,	Акватолы,Ифзаниты,Карбатол 15Т, Граммониты 50/50, Граммониты 30/70, Гранулотол	Акватолы, Ифзаниты, Карбатол ГЛ-10В, Граммониты 50/50, Граммониты 30/70, Гранулотол, Алюмотол
Обводненная часть скважин с проточной водой.....	Акватолы, Граммонит 30/70, Гранулотол	Акватолы, Алюмотол, Гранулотол, Ифзанит, Граммонит 30/70	Акватолы, Алюмотол, Гранулотол, Граммонит 30/70
Камеры сухие и осушенные.....	Гранулит М, Игданит, Граммонит 79/21	Гранулит М, Игданит Гранулит АС-4, Граммонит 79/21	Гранулит АС-4, Граммонит 79/21, Гранулит М, Игданит

Таблица П. 3.8

Расчетный удельный расход взрывчатого вещества 6ЖВ (граммонита 79/21)

Порода	Группа (категория) грунтов и пород по классификации СНиП—82	Коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова	Средняя плотность породы, кг/м	Расчетный удельный расход ВВ q, кг/м	
				для зарядов рыхления $q_р$	для зарядов выброса $q_в$
Песок	I	—	1500	—	1,6—1,8
Песок плотный или влажный	III	—	1650	—	1,2—1,3
Суглинок тяжелый	II	—	1750	0,35—0,4	1,2—1,5
Глина ломовая	III	—	1950	0,35—0,45	1,0—1,4
Лесс	III-IV	—	1700	0,3—0,4	0,9—1,2
Мел, выщелоченный мергель	IV-V	0,8—1,0	1850	0,25—0,3	0,9—1,2
Гипс	IV	1,0—1,5	2250	0,35—0,45	1,1 — 1,5
Известняк-ракушечник	V-VI	1,5—2,0	2100	0,35—0,6	1,4—1,8
Опока, мергель	IV-VI	1,0—1,5	1900	0,3—0,4	1,0—1,3
Туфы трещиноватые, плотные, тяжелая пемза	V	1,5—2,0	1100	0,35—0,5	1,2—1,5
Конгломерат, брекчии на известняковом и глинистом цементе	IV-VI	2,3—3,0	2200	0,35-0,45	1,1 — 1,4
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, слюдистый, мергель	VI-VII	3,0—6,0	2200	0,4—0,5	1,2—1,6
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известняковом цементе**	VII-VIII	5,0—6,0	2700	0,4—0,5	1,2—1,8
Известняк, песчаник, мрамор	VII-IX	6,0—8,0	2800	0,45—0,7	1,2—2,1
Гранит, гранодиорит	VII-X	6—12	2800	0,5—0,7	1,7—2,1
Базальт, диабаз, андезит, габбро	IV-XI	6—18	3000	0,6—0,75	1,7—2,2
Кварцит	X	12—14	3000	0,5—0,6	1,6—1,9
Порфирит	X	16—20	2800	0,7—0,75	2,0—2,2

Примечание. В случае применения других ВВ приведенные в данной таблице значения $q_р$ и $q_в$ следует делить на коэффициент взрывной эффективности (табл. П. 3.4 и П. 3.5)

Таблица П. 3.9

Нормативный выход негабаритных кусков в разрыхленной взрывом горной массе, %

Заряды	Вместимость ковша экскаватора, м³ (минимальный размер негабарита, м)	Группа грунтов по СНиП ($F = \sqrt{f}2{,}5$)							
		IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI
Скважинные	<0,5 (<0,5)	7	13	14	18	20	25	30	35
	0,5—1 (0,5 – 0,7)	4	9	9,5	14	14,5	19,5	20	24
	1—2 (0,7 – 0,9)	3	5,5	6	8	8,5	11	12	14
	2—3 (0,9 – 1,0)	—		1	2,5	3	3,5	4	4,5
	>3 (>1,0)		—	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Котловые в скважинах	<0,5 (<0,5)	14	19	24	24,5	29			
	0,5—1 (0,5 – 0,7)	9,5	14	19	20,5	24			
	1—2 (0,7 – 0,9)	8	10	14	16	19			
	2—3 (0,9 – 1,0)		3	10	8	9			
	>3 (>1,0)	—	1	5	3,5	3			

Таблица П. 3.10

Выход негабарита (по данным ин-та «Гипроруда») в разрыхленной взрывом горной массе, %

Линейный размер негабарита, мм ($E_к$, м³)	Значение $P_я$ при категории трещиноватости, %				
	I	II	III	IV	V
500 (<0,5)	1,0	3,5	11,0	17,0	26,0
700 (0,5 – 1,0)	1,5	3,0	10,0	16,0	25,0
1000 (1,0 – 2.5)	-	1,0	4,0	13,0	18,0
1200 (2,5 – 4,5)	-	0,5	2,0	6,0	9,0
1500 (4,5 – 8,0)				2,0	4,0

Примечание. При наклонных скважинах выход негабарита уменьшается на 20 – 25%.
При взрывании на подпорную стенку выход негабаритных кусков размером 1100 – 1200 мм составит:

Категория пород по трещиноватости	Выход негабарита, %
II	0,5 – 1,0
III	1,0 – 1,5
IV	1,5 – 3,0
V	2,0 – 4,0

Таблица П. 3.11

Показатели простреливаемости при взрывании различных пород аммонитом 6ЖВ

Породы	Категория крепости породы по ЕНВиР, 1960	Категория крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова	Показатель простреливаемости, Дм /кг
Глина пластичная	I	VIII	500-1000
Глина плотная	II	VIII	200-400
Суглинок тяжелый	II	VIII	120
Крепкие глины	III	VII	110
Лесс	III-IV	VIIa	100
Мел	IV	VI	45
Гипс	IV-V	VI	30
Известняк ракушечник	V-VI	VI	20
Опока, мергель	IV-V	VI	20
Туфы трещиноватые, плотная тяжелая пемза	V	VI	15
Конгломерат и брекчия на известняковом цементе	V-VI	V	10
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, известняк, мергель	VI-VII	V	7-10
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известняковом цементе	VII-VIII	IV	4-7
Известняк, песчаник	VII	IV-III	—
Гранит, гранодиорит	VII-X	IV-I	4-7
Базальт, андезит	IX-XI	III-I	2-4
Кварцит	X	II	2
Порфирит	X	II-I	2

Таблица П. 3.12

Порошкообразные взрывчатые вещества для вторичного дробления на карьерах

Наименование ВВ	Теплота взрыва, кДж/кг	Плотность заряжания, г/см^3	Скорость детонации, км/с	Объемная концентрация энергии, кДж/см^3	Кислородный баланс, %	Коэффициент взрывной эффективности	Условия применения (водоустойчивость), назначение
Аммонал (патронированный	4950	1,0-1,15	4,0-4,5	5,86	0,18	1,15	Сухие и обводненные шпуры
Аммонал М-10 (патронированный)	5600	0,95-1,2	4,0-4,6	6,5	-0,5	1,3	Сухие и осушенные шпуры
6ЖВ (порошок в мешках)	4300	1,0-1,2	3,6-4,8	4,8	-0,53	1,0	Сухие шпуры и скважины
6ЖВ (патронированный d = 31 ÷ 32 мм)	4300	1,0-1,2	3,6-4,8	4,8	-0,53	1,0	Сухие и осушенные шпуры, скважины
6ЖВ (в полиэтиленовой оболочке d = 60÷90 мм)	4300	1,0-1,2	3,6-4,8	4,8	-0,53	1,0	Сухие и обводненные скважины

Таблица П. 3.13

Кумулятивные накладные заряды, рекомендуемые для дробления негабарита на карьерах

Заряд	Тротиловая шашка	ВВ узла детонации	Общая масса ВВ, г	Основные размеры, мм		Стальная облицовка в кумулятивной выемке	Предельная толщина дробимого куска, м
				диаметр	высота		
ЗКН-КЗ-180	Литая	Гексоген	180	90	35	Отсутствует	0,55
ЗКН-260	То же	То же	260	100	40	То же	0,75
ЗКН-500	"	"	500	130	50	"	1,0
ЗКН-1000	"	"	1000	150	75	"	1,2
ЗКН-2000	"		2000	190	90	"	1,6
ЗКН-4000	"	"	4000	230	115	"	2,0
ЗКН-25	Прессованная		48	48	24	Имеется	0,13
ЗКН-50	То же	"	76	58	29	То же	0,25
ЗКН-100	"	"	125	90	36	"	0,5
ЗКН-200	"	"	247	100	41	"	0,8
ЗКН-400	"	"	475	125	57	"	2,0
ЗКП-1000	Литая	Гексоген, тротил прессованный	1229	172	72	"	1,4
ЗКН-2000	То же	То же	2179	200	82	"	2,2
ЗКП-4000	"	"	4000	251	105	"	2,8
ПКЗ-1,3	"	Аммонит или аммонал	1200–1500	160	120	"	1,0
ПКЗ-2,4	"	То же	2200–2600	190÷230	120	"	1,3
ПКЗ-3,3	"	"	3000–3500	230	145	"	От 1,5 до 2,0

Таблица П. 3.14

Параметры шпуровых зарядов при дроблении негабарита в зависимости от линейных размеров куска

Длина ребра негабарита, м	Глубина бурения, м	Вес заряда, г	Диаметр заряда, мм
0,7	0,25	40 – 80	32
0,8	0,25 – 0,30	50 – 110	32
0,9	0,30 – 0,40	70 – 140	32
1,0	0,35 – 0,50	90 – 180	32
1,1	0,35 – 0,50	100 – 200	36
1,2	0,40 – (– 0,55)	120 – 250	36
1,3	0,49 – 0,60	140 – 280	36
1,4	0,45 – 0,70	170 – 340	36
1,5	0,50 – 0,80	190 – 380	36

Таблица П. 3.15

Параметры шпуровых зарядов при дроблении негабаритов в зависимости от объёма куска

Объем негабарита, $м^3$	Количество шпуров	Длина шпура, м	Удельный расход, $кг/м^3$	Вес заряда, кг
1,5 – 2,0	1	0,6 – 0,7	0,120	0,4 – 0,5
3,4 – 4,0	1	0,7 – 0,8	0, 120	0,5 – 0,6
5,0 – 6,0	1 – 2	0,7 – 0,9	0,250	0,6 – 0,8
8,0 – 9,0	2 – 3	0,8 – 1,0	0,250	0,8 – 1,2

Таблица П.3.16

Параметры шпуровых зарядов при уничтожении «порогов» и завышений подошвы уступов при диаметре шпура 42÷44 мм

Высота завышения, м	Параметры шпуровых зарядов	Класс взрываемости		
		III	IV	V
1,0 – 1,5	Сетка: W, м a_{min} Вес заряда, кг Длина перебура, м	0,8 – 1,0 1,0 – 1,5 0,58 – 1,2 0,1 – 0,15	0,8 – 1,0 1,0 – 1,4 0,43 – 1,2 0,1 – 0,15	0,7 – 0,8 1,0 – 1,2 0,42 – 1,2 0,1– 1,15
2,0 – 2,5	Сетка: W, м a_{min}, м Вес заряда, кг Длина перебура, м	1,5 – 2,0 1,2 –1,8 0,56 – 2,4 0,2 – 0,25	1,3 – 1,5 1,6 – 1,8 1,6 – 2,4 0,2 – 0,25	1,2 – 1,3 1,5 – 1,7 1,8 – 2,4 0,2 – 0,25
До 3,0	Сетка: W, м a_{min}, м Вес заряда, кг Длина перебура, м	1,6 2,1 3,0 0,3	1,6 1,9 3,0 0,3	1,5 1,8 3,0 0,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3

Таблица П. 4.1

Характеристика отечественных ДШ при скорости детонации 7 км/с

Марка	Диаметр, мм	Масса ВВ на 1 м шнура, г	Покрытие наружной оплетки	Допускаемое время выдерживания в воде, ч	Допустимая температура, °С	
					От	До
ДША	4,8 – 5,8	12	Водоизолирующая мастика	12	–28	+50
ДШВ	5,5 – 6,1	14	Полихлорвиниловый пластикат	24	–35	+60
ДШЭ-6	3,7 – 4,7	6	Кабельный полиэтилен	30	–50	+65
ДШЭ-12	4,5 – 5,5	12	То же	30	–50	+65
ДШЭ-6ВДТ	3,7 – 4,7	6	«		–50	+65

Таблица П. 4.2

Характеристика некоторых электродетонаторов замедленного действия

Марка	Интервал замедления, мс	Сопротивление, Ом	Безопасный ток, А	Импульс воспламенения, $А^2 \cdot$ мс	Примечание
ЭДКЗ	25, 50, 75, 100, 150, 250	1,8 + 3,0	0,18	0,6 + 2,0	Не предохранительные
ЭДКЗ-П	25, 50, 75, 100, 125	2,0 + 4,2	0,18	0,6 + 2,0	Предохранительные
ЭДКЗ-ПМ	15, 30, 45, 60, 80, 100, 120	1,8 + 3,0	0,18	0,6 + 2,0	Предохранительные

Таблица П. 4.3

Характеристика промежуточных детонаторов

Шашки	Используемые ВВ	Плотность, т/см^3	Скорость детонации, км/с	Форма и конструкция	Диаметр (ширина), длина, высота, мм	Диаметр канала (гнезда), мм	Водоустойчивость: допустимое время нахождения зарядов в воде	Масса, т
Прессованные ТП-200	Тротил	1,5-1,55	6,5-6,8	Прямоугольник с гнездом глубиной 38-65 мм под ЭД или 34-38 мм под ?	52×101××52	7,5-8,2	3 сут.	200
Прессованные ТП-400	Тротил	1,5-1,55	6,5-6,8	То же	52×101××27	7,5-8,2	3 сут.	400
Прессованные Т-400Г	Тротиловые прессованные гидроизолированные	1,52-1,59	6,8-7,0	Прессованный цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ	70×71	14,5	6 сут. при гидростатическом давлении 0,2 МПа	400
Литые ТГ-500	Сплав тротила с гексогеном	1,58-1,64	7,2-7,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ	70×86	14,5	Не ограничено	500
Прессованные Т-900Г	Тротиловые прессованные гидризолиованные	1,5-1,55	6,5-6,8				6 сут. при гидростатическом давлении 0,2 МПа	900
ДПУ-600	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут	600
ДПУ-700	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут.	700
ДПУ-800	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут.	800
ДПУ-900	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут.	900
ДПУ-1000	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут.	1000

Продолжение табл. П. 4.3

Шашки	Используемые ВВ	Плотность, т/см^3	Скорость детонации, км/с	Форма и конструкция	Диаметр (ширина), длина, высота, мм	Диаметр канала (гнезда), мм	Водоустойчивость: допустимое время нахождения зарядов в воде	Масса, т
ББТ-500	Баллистическое ракетное твердое топливо	1,5 – 1,59	6,8 – 7,0	Две цилиндрические шашки; одна обмотана четырьмя витками ДШЭ-12	100×75		Водоустойчив при длительном пребывании в воде Полностью совместимы с горячельющимися ВВ	500
ББТ-1000	Баллистическое ракетное твердое топливо	1,5 – 1,59	6,8 – 7,0	Две цилиндрические шашки; одна обмотана четырьмя витками ДШЭ-12	100×180		Водоустойчив при длительном пребывании в воде Полностью совместимы с горячельющимися ВВ	1000
ТГФ 850Э							Водоустойчив. Применим для систем типа «Нонель»	850
ТС -500 Л	тротиловые сенсибилизированные			Прессованный цилиндр			Для взрывания в сухих и обводненных скважинах , в том числе с проточной водой с pH 3-7 со сроком нахождения зарядов в воде до 7 суток	

Примечание. Шашки - детонаторы ТС -500 Л предназначены для инициирования скважинных и других зарядов малочувствительных промышленных ВВ , в том числе водосодержащих ВВ , с температурой при заряжании скважин от -50 до +50 °С ; могут применяться для ведения взрывных работ при инициировании от неэлектрических систем «СИНВ» или «Эдилин» , или от детонирующего шнура типа ДШЭ -12, ДШЭ - 6 или других детонирующих шнуров с массой сердцевины не менее 6 г / м

Таблица П. 4.4

Средства инициирования зарядов

2.1. Капсюли-детонаторы
КД-8С ГОСТ 6254-85
КДН-13 с накольным механизмом ТУ 84-775-78
КД-8МА ДИШВ.773.941.008 ТУ
ТКД-2 термостойкие в металлической гильзе ТУ 84-601-106-82
КДБИ-8 ТУ 7287-108-07513406-98
КВН-11 ТУ 84-601-103-86
КД-П ДИШВ.773.987.505
КД-Ск ДИШВ.773.987.504
2.4. Пиротехнические замедлители
Реле РП-8 (двухстороннего действия) ТУ 84-1137-87
Реле РП-8М ДИШВ.773.919.007 ТУ
Реле РП-Д ДИШВ.773.919.009 ТУ
Реле РП-Н (двухстороннего действия) ТУЗ-97 ИВШП.771.938.005, ТУ 84-1137-87
Реле РПЭ-2 ТУ 7287-120-07513406-99
2.5. Неэлектрические системы инициирования
СИНВ-П ДИШВ.773.979.008 ТУ
СИНВ-С ДИШВ.773.979.007 ТУ
СИНВ-Ш ДИШВ.773.979.010 ТУ
"Эдилин" ТУ 7287-032-07513406-97
"Динашок" Стандарт 4990707 (Швеция)
"Нонель" Стандарт 4990707 (Швеция)
УНСИ (низкоэнергетическая) с зарядом ЗДЭ-300
СИНВ-Ст ДИШВ.773.979.012 ТУ
СИНВ-ПС ДИШВ.773.979.016 ТУ
Неэлектрическая система инициирования Primadet детонаторы MS ТУ 7287-01-43908744-02
Неэлектрическая система инициирования Primadet детонаторы LP ТУ 7287-01-43908744-02
Неэлектрическая система инициирования Primadet детонаторы EZTL ТУ 7287-01-43908744-02
Неэлектрическая система инициирования Primadet детонаторы EZ Det ТУ 7287-01-43908744-02
Неэлектрическая система инициирования "Коршун" ТУ 7287-002-54634296-2004
Неэлектрическая система инициирования "Эксэл" ТУ 7287-005-23308410-2006
Неэлектрическая система инициирования "Коршун" детонаторы ДИН-П ТУ 7287-001-54634296-2004
Неэлектрическая система инициирования "Коршун" детонаторы ДИН-С ТУ 7287-001-54634296-2004
Неэлектрическая система инициирования "Коршун" детонаторы ДИН-Ш ТУ 7287 001-54634296-2004

Таблица П. 4.5

Характеристика средств инициирования зарядов

Наименование	**Обозначение**	**Характеристики**	**Цена Без НДС**
Детонатор усиленный ДУ-6	ТУ 7287-045-07513406-97	Детонатор усиленный ДУ-6	150 руб.
Капсюль-детонатор КДБИ-8	ТУ7287-108-07513406-98	Капсюль- детонатор(КДБИ-8 ТУ 7287-108-07513406-98), не содержащий инициирующего взрывчатого вещества, предназначен для возбуждения детонации зарядов взрывчатых веществ при проведении промышленных взрывных работ при температуре окружающей среды от минус) до плюс 95 град С за исключением шахт, опасных по газу и пыли.	150 руб.
Капсюль-детонатор КД8-МА для взрывных работ	ДИШВ.773941.008 ТУ	Предназначен для инициирования зарядов взрывчатых веществ при всех видах взрывных работ.	150 руб.
Касюль-воспламенитель КВ-9-1М	ТУ 7287-105-07513406-98	Капсюль-воспламенитель КВ-9-1М ТУ 7287-105-07513406-98 предназначен для воспламенения порохового заряда в патронах типаСП-4 при температуре окружающей среды от плюс (50+-3)град.С до минус(50+-)град.С Капсюли-воспламенители должны быть безопасными при транспортировке и при воздействии на них падающего груза массой(0, 25+0, 001)кг с высоты (20+-0, 5)мм. Капсюли-воспламенители после выдержки в эксикаторе над водой при температуре (25+-10)град.С в течении (4+-0, 4)ч должны безотказно срабатывать при воздействии на них падающего груза массой(0, 25+-0.001)кгс высоты (100+-1, 0)мм.	150 руб.

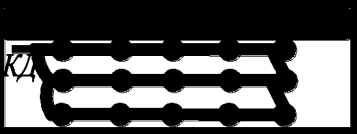
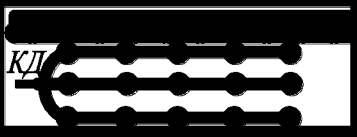
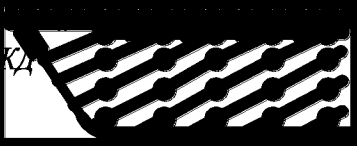
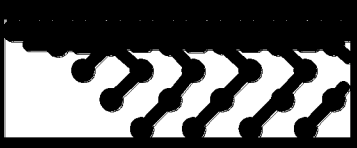
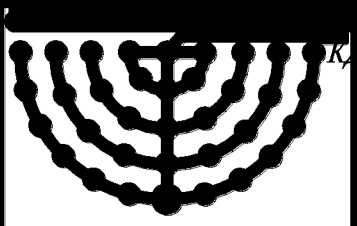
Таблица П. 4.5. Продолжение

Наименование	**Обозначение**	**Характеристики**	**Цена Без НДС**
Реле детонационное РП-Н	ТУ 3-95 ИВШП 771938.005 ТУ	Реле РП-Н двухстороннего действия предназначены для создания замедления во взрывных сетях детонирующего шнура при ведении взрывных работ на земной поверхности, а также в шахтах не опасных по газу или пыли. Имеют 3 серии замедления: 20, 35 и 50 мс. Идентификация серий замедления выполнена путём отличительной окраски (маркировки) гильз реле. Реле РП-Н-20 со временем замедления 20 мс имеют гильзу красного цвета, реле РП-Н-35 со временем замедления 35 мс - белого цвета, реле РП-Н-50 со временем замедления 50 мс - чёрного цвета. Реле состоит из двух капсюлей-детонаторов (КД) с замедлением, соединённых между собой с помощью пластмассовой втулки методом обжимки. В свободных концах гильз КД методом обжимки зафиксированы отрезки детонирующего шнура типа ДШ-В длиной 30-50 см. Материал гильзы - сталь с томпаковым покрытием.	150 руб.
Реле пиротехническое РП-8М	ДИШВ.773919.007 ТУ	Предназначены для создания замедления во взрывных сетях детонирующего шнура при ведении взрывных работ на открытых горных работах, в шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли.	150 руб.
Реле пиротехническое РП-Д	ДИШВ. 773919.009 ТУ	Предназначены для создания замедления во взрывных сетях детонирующего шнура при ведении взрывных работ на земной поверхности, также в шахтах и рудниках.	150 руб.

Таблица П. 4.5. Окончание

Наименование	Обозначение	Характеристики	Цена Без НДС
Реле пиротехническое РПЭ-2	ТУ 7287-120-07513406-99	Реле пиротехническое РПЭ-2 двухстороннего действия предназначено для создания задержки прохождения детонации в коротко-замедленном диапазоне при проведении взрывных работ с использованием детонирующих шнуров на земной поверхности и в шахтах (рудниках), не опасных по газу и (или) пыли при температуре окружающей среды от -50єС до +50єС. Длина волновода составляет не менее 500 мм. Реле пиротехнические сохраняют устойчивость к проникновению влаги в течение 24 часов на глубине 1 метра.	150 руб.
Система инициирования неэлектрическая "Primadet". Детонаторы MS, LP, EZ Det, EZTL	ТУ 7287-001-43908744-2002	Предназначены для ведения взрывных работ на земной поверхности и в подземных рудниках и шахтах, не опасных по газу и (или) пыли, при температуре окружающей среды от минус 50 до плюс 85 град.С для детонаторов MS, EZ Det и от минус 50 до плюс 65 град.С для детонаторов LP и EZTL.	150 руб.
Трубки ударно-волновые	ТУ 3-98 ИВШП 773941.008 ТУ	.Предназначены для трансляции импульса на расстояние в системах СИНВ. По степени опасности при транспортировании и хранении волноводы относятся к классу 9.1.	150 руб.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Название схемы	Монтажная схема	Условия использования
Однорядное взрывание		
С замедлением через скважину		*Легковзрываемые породы*
Волновая		*Средневзрываемые породы*
Последовательная		*Средневзрываемые породы*
Врубовая		*Трудновзрываемые породы*
Многорядное взрывание		
Продольная: последовательная		*Легковзрываемые породы, подобранный откос уступа*
Врубовая		*Породы средней и ниже средней взрываемости, число рядов скважин > 3, можно и н неподобранный откос*
Диагональная		*Крепкие породы, подобранный и неподобранны откос*
Поперечная		*Трудновзрываемые породы, необходимость сокращения ширины рабочей площадки, число рядов n > 3 - 4*
Волновая		*Трудно и очень трудно-взрываемые породы*
Радиальная		*При взрывании на подпорную стенку и радиальной сетке скважин*

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Б1.Б.2.01 ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть 1: Расчет параметров буровых работ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Стенин Ю.В., к.т.н., доцент

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение ... 3
Общие положения и указания ... 3
Практическая работа № 1. Расчет параметров режима и производительности станков вращательного бурения ... 5
Контрольные вопросы ... 11
Практическая работа № 2. Расчет режимов и производительности станков шарошечного бурения ... 12
Контрольные вопросы ... 16
Практическая работа № 3. Расчет режимов и производительности станков ударно-вращательного бурения ... 17
Контрольные вопросы ... 20
Практическая работа № 4. Компьютерный расчет режимов и производительности буровых станков ... 21
Контрольные вопросы ... 23
Список использованных и рекомендуемых источников ... 24
Приложения ... 25
Приложение 1. Исходные данные к работе № 1 ... 25
Приложение 2. Исходные данные к работе № 2 ... 26
Приложение 3. Исходные данные к работе № 3 ... 27
Приложение 4. Станки вращательного бурения ... 28
Приложение 5. Рекомендуемые значения частоты вращения инструмента при вращательном бурении ... 29
Приложение 6. Условия применения режущих долот ... 29
Приложение 7. Продолжительность основного и вспомогательного времени вращательного бурения, мин ... 30
Приложение 8. Коэффициенты снижения производительности шнековых буровых станков вращательного бурения в зависимости от высоты уступа (глубины скважины) ... 30
Приложение 9. Коэффициент снижения производительности буровых станков в зависимости от срока службы ... 30
Приложение 10. Нормативное годовое количество рабочих смен буровых станков ... 30
Приложение 11. Технические характеристики станков шарошечного бурения ... 31
Приложение 12. Выход горной массы с 1 м скважины (ориентировочные показатели) 40
Приложение 13. Типы и условия применения шарошечных долот ... 40
Приложение 14. Номенклатура выпускаемых шарошечных долот для горнорудной промышленности СССР ... 41
Приложение 15. Коэффициенты разбуривания скважин ($K_{раз}$) ... 41
Приложение 16. Рекомендуемые параметры режима бурения шарошечными долотами третьего поколения ... 42
Приложение 17. Размеры наружного диаметра буровых штанг ($d_{тр}$) для шарошечного бурения ... 42
Приложение 18. Техническая характеристика станков ударно-вращательного бурения ... 43
Приложение 19. Техническая характеристика бурового инструмента для ударно-вращательного бурения ... 45
Приложение 20. Значение коэффициента перебура ($K_{пер}$) ... 45

ВВЕДЕНИЕ

Руководство по выполнению практических работ разработано на основании учебной программы дисциплины СД.06 «Процессы открытых горных работ» для студентов специальности 090500 «Открытые горные работы» (ОГР) направления 650600 — «Горное дело». Часть I. «Расчёт параметров буровых работ». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ по теме «Технология и механизация буровых работ», проводимых в 5-м семестре обучения, и необходимые информационно-справочные материалы.

Основная цель практических работ — формирование у студентов навыков определения технологических параметров буровых работ на основе современных научных и практических достижений в этой области, в том числе, методов автоматизированных расчётов.

Каждая практическая работа рассчитана на два академических часа при соответствующей подготовке студента.

Руководство предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

Общие положения и указания

Цель всякой производственной деятельности — получение максимальных результатов (как правило финансовой прибыли) при минимальных капитальных затратах и расходах трудовых и материальных ресурсов.

Применительно к буровым работам минимизация капитальных затрат может быть достигнута при формировании минимального по численности парка буровых станков, обладающих высокой технической надежностью и производительностью в конкретных климатических и горнотехнических условиях (свойства обуриваемого горного массива, параметры системы разработки, тип и мощность машин и оборудования в смежных процессах).

Минимизация трудовых и материальных ресурсов достигается за счет ряда организационных и технических факторов. К числу последних относятся параметры режима бурения, обеспечивающие высокую скорость и производительность бурения при минимальных расходах энергии, бурового инструмента и прочих материальных ресурсов.

При выполнении данного цикла практических работ студент по заданным исходным данным производит обоснованный выбор бурового станка на базе знаний, полученных к моменту обучения на данном этапе, расчет рациональных параметров режима бурения, производительности и парка буровых станков.

Выбор модели бурового станка обычно производится в комплексе с погрузочным оборудованием. Рациональным считается применение станков, бурящих скважины диаметром до 150—160 мм, совместно с экскаваторами мощностью 5 м^3 и менее; диаметром 200—250 мм — с экскаваторами 5—8 м^3; диаметром свыше 250 мм — с экскаваторами мощностью 12,5 м^3 и выше.

В реальной практике расчетные значения параметров режима бурения и производительности станков являются базовыми для дальнейшей корректировки и совершенствования их в конкретных фактических условиях работы.

Общий порядок выполнения работ (прочитать обязательно!)

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен изучить рекомендуемую литературу и соответствующие лекции, а также изучить порядок и алгоритм выполнения работы.

3. Практически работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных, приведённых в приложении. Номера вариантов определяется преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта — технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учетом качества оформления.

7. Отчёты по практических работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ, наименование студенческой группы, ***полные*** *фамилия, имя и отчество студента-исполнителя*, также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКОВ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ

(2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий)

Цель работы

Освоить методику расчета параметров режима вращательного бурения.

Задачи работы

1. Изучить методику расчета и выбора параметров режима бурения, производительности и парка станков вращательного бурения режущим буровым инструментом.

2. Выполнить расчет параметров режима бурения, производительности и парка станков.

3. Исследовать зависимость производительности бурового станка от параметров режима бурения.

Примечание: для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [2, с. 48, 49], [6, с. 62—65, 80—85], [4, с. 23—31], [3, с. 62—69], [9, с. 40—46, 53—58, 72—75] изучить технологию и параметры режима вращательного бурения скважин режущим буровым инструментом.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с исходными данными к работе (Приложение 1).

2. Определить прочностные характеристики пород обуриваемого массива: коэффициент крепости f и предел прочности на сдвиг $\sigma_{сд}$, МПа, по заданному значению пределов прочности на сжатие $\sigma_{сж}$, МПа

$$f = \sigma_{сж}/10;\ \sigma_{сд} = \sigma_{сж}/k,$$

где k изменяется от 6 до 13.

3. Рассчитать показатель буримости

$$П_б = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\gamma, \qquad (1.1)$$

где γ — плотность породы, т/м^3.

4. Исходя из свойств пород, с учетом рекомендаций «Общих положений и указаний», по Приложению 4 выбрать модель бурового станка. *Обосновать принятые решения.*

5. Исходя из свойств горных пород, глубины скважины (высоты уступа) и технических возможностей бурового станка (Приложение 4), выбрать способ очистки скважины от буровой мелочи и буровую коронку (Приложение 6).

6. Рассчитать минимальную величину осевого усилия, которое обеспечивает разрушение забоя скважины, кН:

$$P_{н} = 3{,}5 d_{д} f m_{д} m_{р} F_{у}, \qquad (1.2)$$

где $d_д$ — диаметр долота, м;

$m_д$ — число лезвий долота;

$m_р$ — отношение длины линии контакта режущей кромки лезвия с породой к радиусу долота ($m_р$ = 0,7÷0,9 при сплошном лезвии, $m_р$ = 0,5÷0,7 при прерывистом лезвии — щелевой забой скважины);

$F_у$ — минимальная площадь притупления резцов долота, приходящаяся на 1 см длины лезвия (обычно $F_у$ = 1,2 мм^2/см — для пород с f = 2÷5 и $F_у$ = 1,5 мм^2/см — для пород с f = 6÷8).

7. Рассчитать значение эффективного осевого усилия, которое обеспечивает минимальную энергоемкость бурения, кН:

$$P_{эф} = K f d_{д} m_{д} m_{р} F_{у}, \qquad (1.3)$$

где K — коэффициент: для пород III и ниже класса абразивности по Л. И. Барону и А. В. Кузнецову K = 32,8, для пород IV, V и VI класса абразивности K = 18,37.

8. Сравнить полученное значение $P_н$ и $P_{эф}$ (кН) с техническими возможностями выбранного бурового станка, т. е. с обеспечиваемым станком максимальным осевым усилием (P_{max}). Если они обеспечивают эффективное осевое усилие $P_{эф}$, т. е. $P_э < P_{max}$, то принять за расчетное осевое усилие $P_р = P_э$ и выполнять п. 9. Если нет, то возвратиться к пунктам 5—8 и либо подобрать другой тип буровой коронки, конструкция которой согласно формулы (1.2) требует меньшего осевого усилия, либо другой станок, обеспечивающий большее значение P_{max}, и соответствующую ему буровую коронку так, чтобы выполнялось условие $P_э < P_{max}$. Если добиться выполнения этого условия не удается, то принять станок с максимальным значением P_{max} и $P_р = P_{max}$.

9. Определить расчетную скорость вращения бурового става.

Если принят шнековый или шнеко-воздушный способ очистки скважины, то:

9.1. Сначала определить минимальную скорость вращения бурового става (n_{min}, с$^{-1}$), обеспечивающую возможность транспортировки буровой мелочи:

$$n_{min} = \sqrt{\frac{q[\cos\beta(\sin\alpha + f_1 \cos\alpha) - P]}{2\pi^2 f_2 D_с}}, \qquad (1.4)$$

где q — ускорение свободного падения (9,8 м/с^2);

α — угол подъёма винтовой линии шнека (для существующих буровых станков α = 10÷12 град.);

f_1 и f_2 — коэффициенты трения пород соответственно о спираль (сталь) шнека и о стенку скважины (породу): f_1 = 0,6 и f_2 = 0,9;

β — угол наклона скважины к вертикали, град.;

$D_с$ — диаметр скважины, м: $D_с = D_д K_{раз}$; $K_{раз}$ = 1,02÷1,06 (Приложение 16);

P — параметр, учитывающий давление струи воздуха при шнеко-воздушной очистке:

$$P = \frac{0{,}4\gamma_{\text{в}} v_{\text{с}}^{2}}{\gamma_{\text{п}} q d_r},$$

где $\gamma_{\text{в}}$ — плотность воздуха (1,3 кг/м^3);

$\gamma_{\text{п}}$ — плотность породы, кг/м^3;

d_r — максимальный диаметр частиц бурового шлама, м (при бурении режущим инструментом d_r = 0,01÷0,02 м);

v_c — скорость струи воздуха, м/с:

$$v_c = \frac{Q_{\text{в}}}{0{,}8 D_{\text{с}} (D_{\text{с}} - d_{mp})},$$

где $Q_{\text{в}}$ — расход воздуха для очистки скважины, м^3/с (согласно [11], оптимальное значение $Q_{\text{в}}$ рекомендуется равным 0,083 м^3/с);

d_{mp} — диаметр вала шнека (м) принять для СБР-125 d_{mp} = 0,065, для СБР-160 d_{mp} = 0,07, для СБР-200, СБШК-200, СБШ-200 d_{mp} = 0,09.

9.2. Ориентируясь на Приложение 5, принять расчетную скорость вращения бурового става (n_p) такую, чтоб соблюдалось условие $n_p > n_{min}$. Затем перейти к п. 10.

Если принят воздушный способ очистки скважины, то:

9.3. Ориентируясь на Приложение 5, принять расчетную скорость вращения бурового става (n_p) и перейти к п. 10.

10. Рассчитать техническую (с учетом вспомогательных операций) скорость бурения и механическую скорость бурения, которая учитывает время, затрачиваемое на выполнение основных операций бурения — разрушения забоя скважины и извлечения буровой мелочи, т. е. на углубление скважины.

Для определения технической скорости $v_{\text{т}}$ вращательного бурения академиком В. В. Ржевским предложена ([2]) формула, м/ч:

$$v_{\text{т}} = \frac{7{,}5 \cdot 10^{-2} P_{\text{р}} n_{\text{р}}}{\Pi_{\text{б}}^{2} d_{\text{д}}^{2}}, \qquad (1.5)$$

где $n_{\text{р}}$ — скорость вращения бурового става, с$^{-1}$; $P_{\text{р}}$ — в кН; $d_{\text{д}}$ — в м.

Тогда механическая скорость бурения определится так, м/ч:

$$v_{\text{м}}^{\text{ч}} = K \cdot v_{\text{т}} \cdot k_{\text{о}}, \qquad (1.6)$$

или, м/с

$$v_{\text{м}} = v_{\text{м}}^{\text{ч}} / 3600, \qquad (1.6')$$

где K — коэффициент перехода от технической к механической скорости, учитывающий исключение при оценке механической скорости затрат времени на вспомогательные операции (Приложение 7);

k_o — коэффициент, учитывающий способ очистки скважины от буровой мелочи (по данным профессора Катанова Б. А. [11], значение этого коэффициента в зависимости от условий бурения составляет: при шнековой очистке скважины 1,0; при воздушной 1,1—1,2; при шнеко-воздушной 1,4—1,6).

11. Определить и проверить условия эффективной очистки скважин от буровой мелочи.

Система очистки скважины от буровой мелочи из скважины должна иметь производительность, обеспечивающую своевременное удаление буровой мелочи, образующейся при бурении.

11.1. Применительно к шнековой и шнеко-воздушной системам очистки должно выполняться условие:

$$Q_{\text{ш}} \geq Q_{\text{б.м.}}, \tag{1.7}$$

где $Q_{\text{ш}}$ — производительность бурового шнека, м^3/с;

$Q_{\text{б.м.}}$ — объём буровой мелочи, образующейся при бурении, м^3/с.

Производительность бурового шнека является функцией от следующих факторов:

$$Q_{\text{ш}} = f(D_{\text{с}}, d_{\text{тр}}, S, v_{\text{ср.в}}, \psi), \tag{1.7′}$$

где $D_{\text{с}}$ и $d_{тр}$ — соответственно диаметр скважины и диаметр вала шнека, м (п. 9.1);

$v_{\text{ср.в}}$ — средняя расчётная скорость транспортирования буровой мелочи из скважины в процессе бурения, м/с;

S — шаг спирали шнека, м ($S = 0{,}8D_{\text{с}}$);

ψ — коэффициент заполнения шнека (ψ = 0,25÷0,3).

Объём буровой мелочи, образующейся при бурении, является функцией от следующих факторов:

$$Q_{\text{б.м.}} = f(D_{\text{С}}, k_{\text{р}}, v_{\text{м}}), \tag{1.7″}$$

где $k_{\text{р}}$ — коэффициент разрыхления породы ($k_{\text{р}}$ = 1,05÷1,15).

При подстановке в условие (1.7) конкретных выражений функций (1.7′) и (1.7″) получена формула для расчета максимальной механической скорости бурения ($v_{\text{м. max}}$, м/с), при которой будет соблюдаться условие (1.7):

$$v_{\text{м..max}} = \frac{(D_{\text{С}}^2 - d_{\text{тр}}^2)\Psi \sin\alpha}{2D_{\text{С}}k_{\text{р}}} \cdot \left[\pi n_{\text{р}}(2-\sin\alpha) - \sqrt{\frac{2q}{D_{\text{С}}f_2}((\sin\alpha + f_1)\cos\beta - P) + (\pi n_{р} f_1 \sin\alpha)^2}\right]. \tag{1.8}$$

Если $v_{\text{м}} > v_{\text{м.max}}$, надо, учитывая техническую характеристику выбранного бурового станка и формул (1.5) и (1.6), подобрать такие значения параметров $P_{\text{р}}$

и $n_р$, при которых рассчитанное по формуле (1.8) значение $v_{м.max}$ будет больше или равно $v_м$.

Полученные при этом новые значения $v_т$, $v_м$, $P_р$ и $n_р$ и будут принятыми параметрами режима бурения. Затем переходим к п. 12.

11.2. Применительно к воздушному способу очистки скважины эффективность очистки от буровой мелочи определяется расходом воздуха для выноса частиц шлама по кольцевому зазору затрубного пространства.

Требуемый расход воздуха рассчитывают, исходя из скорости витания наиболее крупной частицы, по формуле, м^3/с:

$$Q_в = v_в \frac{\pi}{4}(D_с^2 - d_{тр}^2), \tag{1.9}$$

где $v_в$ — полная скорость восходящего потока в затрубном пространстве, м/с:

$$v_в = 8 + v_{кр}, \tag{1.10}$$

где $v_{кр}$ — критическая скорость восходящего потока, обеспечивающая невесомость расчётной частицы буровой мелочи, м/с:

$$v_{кр} = 3\sqrt{d_r \frac{\gamma_п}{\gamma_в}}. \tag{1.11}$$

Требуемый расход воздуха (требуемая производительность компрессора) с учетом утечек по трещинам в обуриваемом массиве составит, м^3/с:

$$Q_{в.тр} = Q_в K_{п.в}, \tag{1.12}$$

где $K_{п.в}$ — коэффициент, учитывающий потери воздуха в обуриваемом массиве.

Категория пород по трещиноватости	I	II	III	IV	V
$K_{п.в}$	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2

Полученное значение $Q_{в.тр}$ сравнить с производительностью штатных компрессоров 6ВКМ-25В (Q = 25 м^3/мин) и 7ВВ32/7 (Q = 32 м^3/мин), выбрать один из них и рассчитать обеспеченность станка воздухом для очистки скважины: $K_Q = Q / Q_{к.тр}$.

12. Рассчитать производительность бурового станка:

а) сменную, м/смену

$$A_{см} = v_т T_{см} k_н k_\beta k_т k_{ис} k_{ос}, \tag{1.13}$$

где $k_н$ — коэффициент, учитывающий глубину скважин $l_с = h_y + l_{пер}$ (Приложение 8);

$l_{пер}$ — длина перебура скважины; $l_{пер} = K_{пер} D_с$; где $K_{пер}$ — коэффициент (Приложение 20);

k_β — коэффициент, учитывающий угол наклона скважин к горизонту ($\beta_г$); $k_\beta = 0{,}95$, если $\beta_г \neq 90°$ и $k_\beta = 1$, если $\beta_г = 90°$;

$k_т$ — коэффициент, учитывающий трещиноватость пород; для пород I категории трещиноватости $k_т = 0{,}90 \div 0{,}95$, в остальных случаях $k_т = 1$;

$T_{см}$ — продолжительность рабочей смены бурового станка, ч;

$k_{ис}$ — коэффициент использования рабочего времени бурового станка $k_{ис} = 0{,}85 \div 0{,}90$);

$k_{ос}$ — коэффициент, учитывающий способ очистки скважин (при шнековой очистке $k_{ос} = 1$; при шнеко-воздушной $k_{ос} = 1{,}2 \div 1{,}3$; при воздушной $k_{ос} = 1{,}15 \div 1{,}25$).

б) суточную, м/сутки

$$A_{сут} = A_{см} n_{см}, \tag{1.14}$$

где $n_{см}$ — количество рабочих смен станка в сутки;

в) годовую, м/год

$$A_{год} = k_t A_{см} n_г, \tag{1.15}$$

где k_t — коэффициент, учитывающий срок службы станка (Приложение 9); срок службы принять равным номеру варианта, деленному на три, но не более 5 лет;

$n_г$ — количество рабочих смен станка в году (Приложение 10); режим работы карьера принять самостоятельно.

13. Определить парк буровых станков.

а) списочный парк, шт.

$$N_{сп} = \frac{v_{год}}{v_{г.м} A_{год}}, \tag{1.16}$$

где $v_{год}$ — годовой объем обуриваемой (взрываемой) горной массы, м^3;

$v_{г.м}$ — выход горной массы с 1 м скважины, м^3/м (Приложение 12).

б) рабочий парк, шт.

$$N_{раб} = \frac{N_{сп}}{K_р}, \tag{1.17}$$

где $K_р$ — коэффициент резерва буровых станков:

$$K_р = \frac{n_{г.к}}{n_б},$$

где $n_{г.к}$ — календарное количество рабочих смен карьера:

$$n_{г.к} = (N_{к.д} - N_{в.д}) n_{см},$$

где $N_{к.д}$ — календарное число дней в году;

$N_{в.д}$ — количество выходных и праздничных дней в году (рассчитать в соответствии с принятым режимом работы карьера).

14. Исследовать зависимость сменной производительности бурового станка от режимных параметров ($P_р$ или $n_р$ согласно заданию). Для этого вычислить производительность для пяти значений аргумента ($P_р$ или $n_в$), используя формулы (1.7), (1.13). По результатам вычислений построить график.

15. Дать письменный ответ на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами определяется режим вращательного бурения?
2. Какими условиями определяется минимально допустимая и максимальная величина скорости вращения бурового става?
3. От каких факторов зависит величина эффективного осевого усилия?
4. Какими условиями определяется минимально допустимая и максимальная величина осевого усилия?
5. От каких факторов зависит сменная производительность бурового станка?
6. Перечислить вспомогательные операции при бурении. От чего зависит продолжительность этих операций?
7. В каких пределах изменяется рекомендуемая скорость вращения шнека?
8. В каких пределах изменяется техническая скорость вращательного бурения?
9. В каких пределах изменяется производительность вращательного бурения?
10. Перечислить модели станков вращательного бурения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2
РАСЧЕТ РЕЖИМОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКОВ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ

(2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий)

Цель работы

Освоить методику расчёта параметров режима шарошечного бурения.

Задачи работы

1. Изучить методику расчёта и выбора режимов шарошечного бурения.
2. Выполнить расчёт параметров режима бурения, производительности и парка станков.
3. Исследовать зависимости производительности бурового станка от параметров режима бурения.

Примечание: для подготовки к выполнению работы необходимо изучить соответствующий материал лекций и литературу: [2, с. 55—57], [3, с. 69—71, 76—79], [4, с. 31—52], [6, с. 94—110], [8, с. 62—106], [9, с. 46—53].

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с исходными данными к работе (Приложение 2).
2. Определить прочностные характеристики пород обуриваемого массива: f, $\sigma_{сд}$, МПа (см. п.п. 2 и 3 практической работы № 1).
3. Рассчитать показатель буримости.
4. На основе исходных данных к работе выбрать модель бурового станка, долота и способ очистки скважины (Приложения 11, 13, 14). *Обосновать принятое решение.* Дать характеристику долота.
5. Рассчитать величину осевого усилия.

а) рациональную, кН

$$P_0 = 10^{-2} K П_б d_д, \qquad (2.1)$$

где $d_д$ — диаметр долота в мм;

K — коэффициент, учитывающий диаметр долота; K = 6÷8, большему значению диаметра долота соответствует больше значение K;

б) максимально допустимую по прочности долота, кН

$$P_{max} = 10^{-4} \cdot 55 \cdot d_д^2. \qquad (2.2)$$

С учетом технической характеристики бурового станка и рекомендации в Приложении 15 принять расчетное значение осевого усилия ($P_р$). При этом необходимо соблюдать условие:

$$P_р < P_{max} \text{ и } P_р \le P_{ном}, \qquad (2.3)$$

где $P_{ном}$ — осевое усилие, развиваемое станком согласно технической характеристике.

6. С учетом прочности пород и величины расчётного осевого усилия по Приложениям 13 и 15 принять расчётную скорость вращения долота ($n_р$).

7. Рассчитать механическую скорость бурения, м/с:

$$V_p = 5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{P_p n_p}{П_б d_Д^2}, \tag{2.4}$$

или, м/ч

$$V_{р.ч.} = 1{,}8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{P_p n_p}{П_б d_Д^2}, \tag{2.4'}$$

где $P_р$ — в кН; $n_р$ — в $с^{-1}$; $d_д$ — в м.

8. Определить расход воздуха для очистки скважины:

а) исходя из требуемой кинетической энергии для подъема частиц буровой мелочи с максимально возможными размерами, $м^3/с$

$$Q_в = v_в \cdot \frac{\pi}{4}\left(D_с^{\,2} - d_{тр}^{\,2}\right), \tag{2.5}$$

где $v_в$ — полная скорость восходящего потока в затрубном пространстве, м/с;

$D_с$ и $d_{тр}$ — диаметр соответственно скважины и буровой трубы, м;

$$D_с = d_д \cdot K_{раз},$$

где $K_{раз}$ — коэффициент разбуривания (Приложение 16); величину $d_{тр}$ принять из Приложения 17;

$$v_в = 8 + v_{кр} \text{ м/с}, \tag{2.6}$$

где $v_{кр}$ — критическая скорость восходящего потока, обеспечивающая невесомость расчётной частицы буровой мелочи, м/с:

$$v_{кр} = 3 \cdot \sqrt{d_r \frac{\gamma_r}{\gamma_в}}, \tag{2.7}$$

где d_r — максимальный диаметр частиц бурового шлама, м (принять равным 0,005—0,01 м);

$\gamma_г$ — плотность частиц породы буровой мелочи, $кг/м^3$;

$\gamma_в$ — плотность воздуха в нормальных условиях, $кг/м^3$ ($\gamma_в$ = 1,3 $кг/м^3$).

б) исходя из эффективной весовой пропорции смеси буровой мелочи в воздушном потоке, которая согласно экспериментальным исследованиям составляет не более 3[1].

[1] Для современных отечественных буровых станков фактическое значение этой величины достигает 6.

Величина весовой пропорции определяется так:

$$\mu = \frac{Q_{\text{п}}\gamma_r}{Q_{\text{в}}\gamma_{\text{в}}},$$

где $Q_{\text{п}}$ — интенсивность образования буровой мелочи, м^3/с.

Тогда требуемый расход воздуха по данному условию определится так:

$$Q_{\text{в}} = \frac{0{,}75 D_{\text{с}}^2 V_{\text{р}} \gamma_r}{3\gamma_{\text{в}}}. \qquad (2.8)$$

Из двух полученных значений $Q_{\text{В}}$ в пунктах а) и б) принимается большее и определяется требуемый расход воздуха (требуемая производительность компрессора) с учетом утечек по трещинам в обуриваемом массиве:

$$Q_{\text{в.тр}} = Q_{\text{в}} K_{\text{п.в}} \text{ м}^3/\text{с}, \qquad (2.9)$$

где $K_{\text{п.в}}$ — коэффициент, учитывающий потери воздуха в обуриваемом массиве.

Категория пород по трещиноватости	I	II	III	IV	V
$K_{\text{п.в}}$	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2

Полученное значение $Q_{\text{в.тр}}$ сравнить с производительностью штатных компрессоров 6ВКМ-25В (Q = 25 м^3/мин.) и 7ВВ32/7 (Q = 32 м^3/мин.), выбрать один из них и рассчитать обеспеченность станка воздухом для очистки скважины:

$$K_Q = Q/Q_{\text{к.тр}}.$$

9. Определить расход воды, если предусмотрена воздушно-водяная очистка скважин

$$Q_{\text{вод}} = 0{,}785\, D_{\text{с}}^2 \gamma_r \frac{W_{\text{м}} - W_{\text{е}}}{100} \text{ л/м}, \qquad (2.10)$$

где $D_{\text{с}}$ — диаметр скважины, м;

$W_{\text{е}}$ — естественная влажность пород, % (0,1—2,4);

$W_{\text{м}}$ — необходимая влажность бурового шлама, % (45—60);

$\gamma_{\text{г}}$ — в кг/м^3.

10. Рассчитать производительность бурового станка:

а) сменную, м/смену

$$A_{\text{см}} = \frac{3600 T_{\text{см}}}{\frac{1}{v_p} + t_{\text{вс}}} k_\beta k_{\text{Т}} k_{\text{в}} k_{\text{н}} k_{\text{ис}}, \qquad (2.11)$$

где $t_{вс}$ — продолжительность вспомогательных операций бурения в расчете на 1 м скважины, с (при $f = 8 \div 16$ $t_{вс} = 75 \div 100$ с; при $f = 17 \div 20$ $t_{вс} = 90 \div 120$ с);

$T_{см}$ — продолжительность смены, ч;

$k_{ис}$ — коэффициент использования времени смены (0,8—0,9);

$k_{в}$ — коэффициент, учитывающий обеспеченность станка воздухом. При $K_Q \geq 1$ $k_{в} = 1$; при $K_Q < 1$ $k_{в} = 0{,}97$;

k_{β} и $k_{т}$ — коэффициенты, учитывающие соответственно угол наклона скважины и трещиноватость пород (см. с. 9, п.12);

$k_{н}$ — коэффициент, учитывающий глубину скважин $l_{с} = h_{у} + l_{пер}$,

где $l_{пер}$ — длина перебура скважины; $l_{пер} = K_{пер} D_{с}$;

$K_{пер}$ — коэффициент (Приложение 20).

Коэффициент $k_{н}$ учитывает ухудшение условий очистки скважин, износ долота и повышение прочностных свойств пород и энергоемкости бурения. Его следует определять для конкретного карьера индивидуально с учетом конструкции станков и их технического состояния. Для учебных целей значение этого коэффициента можно принять следующим образом:

$l_{с}$, м	< 5	5—10	11—15	16—20
$k_{н}$	1,0	0,85	0,80	0,75

б) суточную, м/сутки

$$A_{сут} = A_{см} n_{см}; \tag{2.12}$$

в) годовую, м/год

$$A_{год} = A_{см} n_{г} k_{t}, \tag{2.13}$$

где $n_{г}$ — количество рабочих смен в году (Приложение 10);

k_{t} — коэффициент, учитывающий срок службы станка (Приложение 9); срок службы принять равным номеру варианта, деленному на три, но не более 5 лет.

11. Определить парк буровых станков согласно алгоритму, приведенному в пункте 13 практической работы № 1.

12. Исследовать зависимость сменной производительности бурового станка от режимных параметров ($P_{р}$ или $n_{р}$ согласно заданию), используя формулы (2.1), (2.2), (2.3), (2.4) и (2.10), и построить график зависимости.

13. Дать письменный ответ на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами определяется режим шарошечного бурения?
2. Чем определяется максимально допустимая величина осевого усилия при шарошечном бурении?
3. Объясните процесс поверхностного разрушения забоя скважины.
4. Объясните процесс объёмного разрушения забоя скважины.
5. Какими факторами определяется скорость шарошечного бурения?
6. Какими факторами определяется требуемая скорость потока воздуха для очистки скважины?
7. От каких факторов зависит требуемый расход воздуха для очистки скважины?
8. В каких пределах изменяется расход воздуха для очистки скважины?
9. В каких пределах изменяется величина осевого усилия при шарошечном бурении?
10. В каких пределах изменяется частота вращения бурового става при шарошечном бурении?
11. Какие шарошечные станки рассчитаны на применение водно-воздушной очистки скважин?
12. Перечислите модели станков шарошечного бурения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3
РАСЧЕТ РЕЖИМОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКОВ УДАРНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ

(2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий)

Цель работы

Освоить методику расчёта параметров режима ударно-вращательного бурения.

Задачи работы

1. Изучить методику расчёта и выбора параметров режима ударно-вращательного бурения.
2. Выполнить расчёт параметров режима бурения, производительности и парка станков.
3. Исследовать зависимости производительности бурового станка от параметров режима бурения.

Примечание: для подготовки к выполнению работы необходимо изучить соответствующий материал лекций и литературу: [2, с. 62—65], [3, с. 71—72], [4, с. 52—60], [6, с. 85—94].

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с исходными данными к работе (Приложение 3).
2. Определить прочностные характеристики пород обуриваемого массива (см. п.п. 2 и 3 лаб. работы № 1).
3. Рассчитать показатель буримости.
4. На основе исходных данных к работе выбрать модель бурового станка, пневмоударника и долота (Приложения 18, 19). *Обосновать принятое решение.*
5. Рассчитать глубину погружения лезвия долота при единичном ударе (h), м:

$$h = \sqrt{\frac{2w}{z d_д \sigma_{мб} (\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + \mu_1) k_з}}, \qquad (3.1)$$

где w — энергия удара пневмоударника, Дж;

z — коэффициент, учитывающий форму коронки долота, $z = 2$ — для долотчатой (зубильного типа) коронки, $z = 4$ — для крестовой и штыревой коронки, $z = 3$ — для трёхперой коронки);

$d_д$ — диаметр долота, м;

$\sigma_{мб}$ — приведённый предел прочности породы, Па:

$$\sigma_{мб} = 0{,}5(\sigma_{сж} + \sigma_{ск}),$$

где $\sigma_{ск}$ — предел прочности пород на скалывание ($\sigma_{ск} = \sigma_{сд}$), Па;

α — угол заострения лезвия долота (при $f < 10$ $\alpha = 90 \div 100°$, при f от 10 до 15 $\alpha = 101 \div 110°$ и при $f > 15$ $\alpha = 111 \div 120°$);

μ_1 — коэффициент трения стали коронки долота о породу (μ_1 от 0,5 при воздушно-водяной продувке до 1 при сухой продувке);

k_3 — коэффициент, учитывающий затупление лезвия коронки (k_3 = 1,2÷1,3).

6. Рассчитать минимально необходимое для разрушения забоя скважины число ударов за один оборот долота ($n_о$), уд./об.:

$$n_о = \frac{\pi d_д \sigma_{ск}}{2 z h \sigma_{мб}}, \tag{3.2}$$

где $d_д$ — в м.

7. Рассчитать максимально допустимую частоту вращения долота ($n_в$), мин$^{-1}$:

$$n_в = \frac{60 n_у}{n_o}, \tag{3.3}$$

где $n_у$ — частота ударов пневмоударника, с$^{-1}$.

8. С учетом технической характеристики станка принять за расчётную ($n_р$) такую частоту вращения, которая бы отвечала условию

$$n_р \le n_в . \tag{3.4}$$

9. Определить теоретическую (механическую) скорость бурения ($v_б$), м/мин:

$$v_м = n_р \cdot h \tag{3.5}$$

10. Определить скорость бурения с учетом глубины скважины ($v_р$), м/мин:

$$v_р = v_м \left(1 - k \cdot l_с\right), \tag{3.6}$$

где $k = 0{,}0034$;

$$l_с = h_у + l_{пер},$$

где $l_{пер}$ — длина перебура скважины; $l_{пер} = K_{пер} D_с$; $K_{пер}$ — коэффициент (Приложение 20); h_y — высота уступа.

11. Определить расход воздуха для очистки скважины по алгоритму, приведённому в пункте 8 практической работы № 2. Средний диаметр частиц бурового шлама ($d_ч$) принять равным 0,01 м, диаметр буровой штанги — по Приложению 18.

12. Определить расход воды на 1 м скважины (q), если предусмотрена воздушно-водяная очистка скважин, л/м

$$q = \frac{1000}{v_p} q_0, \tag{3.7}$$

где q_o — удельный расход воды, л/мин, (q_o изменяется от 0,1 л/мин при диаметре скважины 100 мм до 0,25 л/мин при диаметре скважины 200 мм);

v_p — в мм/мин.

13. Рассчитать производительность бурового станка:

а) сменную, м/смену

$$A_{см} = 60 T_{см} v_p k_\beta k_т k_{ис}^{б}, \tag{3.8}$$

где $k_{ис}^{б}$ — коэффициент использования времени смены станка на чистом бурении ($k_{ис}^{б}$ = 0,5÷0,7; нижний предел для пород с f = 12÷14, верхний предел — с f = 18÷20);

$T_{см}$ — продолжительность смены, ч;

k_β $k_т$ — коэффициенты см. с. 9, п.12,

б) суточную, м/сутки

$$A_{сут} = A_{см} n_{см}; \tag{3.9}$$

в) годовую, м/год

$$A_{год} = A_{см} n_г k_t, \tag{3.10}$$

где $n_г$ — количество рабочих смен станка в году (прил. 10; режим работы карьера принять самостоятельно);

k_t — коэффициент, учитывающий срок службы станка (Приложение 9); срок службы принять равным номеру варианта, деленному на три.

14. Определить парк буровых станков согласно алгоритму, приведённому в п. 13 практической работы № 1.

15. Исследовать зависимость сменной производительности бурового станка от определяющих режимных параметров (w и $n_р$ согласно заданию), используя формулы (3.1), (3.5), (3.8), и построить график зависимости.

16. Дать письменный ответ на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами определяется режим ударно-вращательного бурения?

2. Какими факторами определяется скорость ударно-вращательного бурения?

3. В каких пределах изменяется скорость ударно-вращательного бурения?

4. В каких пределах изменяется величина осевого усилия при ударно-вращательном бурении?

5. В каких пределах изменяется энергия удара у пневмоударников?

6. В каких пределах изменяется частота ударов пневмоударника?

7. В каких пределах изменяется производительность ударно-вращательного бурения?

8. Перечислите модели станков ударно-вращательного бурения?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ РЕЖИМОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВЫХ СТАНКОВ

(2 часа аудиторных)

Цель работы

Сформировать системное представление об определении режимов и производительности буровых станков; закрепить навыки работы с компьютерами.

Задачи работы

1. На базе раннее выполненных работ изучить общий алгоритм расчета и выбора параметров режима бурения, производительности и парка карьерных буровых станков.

2. Изучить компьютерную программу автоматизированного расчета параметров режима бурения и производительности буровых станков.

3. Выполнить автоматизированный расчет параметров режима бурения производительности и парка буровых станков вращательного, шарошечного и ударно-вращательного бурения по исходным данных в практических работах № 1, 2, 3.

4. Выполнить сравнительный анализ результатов ручного и автоматизированного расчетов. Дать объяснение выявленным расхождениям.

Примечание: для подготовки к выполнению работы необходимо повторить материал по ранее выполненным практическим работам № 1, 2, 3 и ответы на контрольные вопросы в этих работах.

Порядок выполнения работы

1. Используя ниже приведенную инструкцию, и с помощью преподавателя познакомиться с работой программы автоматизированного расчета параметров буровых работ.

2. Используя исходные данные по предыдущим работам, выполнить автоматизированный расчет для станков вращательного, шарошечного и ударно-вращательного бурения.

3. Результаты расчетов распечатать.

4. Составить сравнительную таблицу результатов ручного и автоматизированного расчетов.

Примечание: если обнаружатся расхождения в результатах автоматизированного и ручного расчетов, то найти причину расхождений и объяснить ее.

Инструкция по использованию программы автоматизированного расчета технологических параметров бурения на карьерах

Для выполнения данной работы необходимо загрузить Windows 95/98, перейти в каталог, который вам укажет преподаватель, и запустить программу *Lab1.exe*, *Lab2.exe* или *Lab3.exe* для выполнения первой, второй или третьей практической работы, соответственно.

На экране дисплея появится окно ввода данных. В нем указываются характеристики пород, характеристики бурового станка, различные коэффициенты, способ очистки скважины и другие параметры (например, выход горной массы с 1 м скважины, продолжительность смены и т. д.).

Все данные вводятся с клавиатуры в соответствующие им поля или выбираются из списка. Используя клавишу *Tab*, вы можете перемещаться по полям. Каждое поле имеет всплывающую подсказку, где написано, что нужно в нем указать. Наведите указатель мыши на поле и немного подождите. Вы увидите, что рядом с указателем появилась подсказка. Если вы не успели прочитать эту подсказку, то можете увидеть ее снизу в строке состояния.

В окне ввода данных есть особые типы полей.

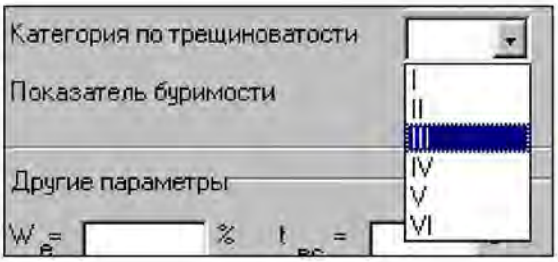


Рис. 4.1. Выпадающий список

1. Поля, имеющие выпадающий список (рис. 4.1). Чтобы посмотреть список или выбрать из него какое-либо значение, щелкните мышкой на кнопке со стрелкой, направленной вниз (она находится справа от поля).



Рис. 4.2. Поля с функциональными кнопками

2. Поля, имеющие справа кнопку с изображением калькулятора (рис. 4.2). В такое поле программа записывает вычисленное значение параметра. Нажмите эту кнопку, и программа рассчитает соответствующее значение.
3. Поля, имеющие справа кнопку с изображением красной галочки (рис. 4.2). Нажмите эту кнопку, и программа вычислит оптимальное значение соответствующего параметра. После чего будет выведено окно, где вы можете отказаться от значения, полученного программой, нажав на кнопку «нет» в этом окне и введя свое значение в данное поле.

После того как вы ввели все необходимые данные, нажмите кнопку *«Вычислить»*. В появившемся окне вы увидите отчет с результатами, который можно распечатать нажатием кнопки с изображением принтера.

Если ваши расчеты на бумаге не совпадают с расчетами программы, то можно проверить применяемые формулы, нажав на кнопку *«Формулы»* или *«Проверка»*.

При выполнении работы обратите внимание, чтобы вводимые данные соответствовали указанной размерности и типу. При появлении ошибок обратитесь к преподавателю или попробуйте выйти из программы и запустить ее снова, но при этом будут утеряны все введенные вами данные.

Чтобы закрыть программу, нажмите комбинацию клавиш *Alt+F4* или кнопку с изображением крестика в правом верхнем углу окна ввода данных.

Контрольные вопросы

1. Изложите алгоритм расчета параметров вращательного бурения.
2. Изложите алгоритм расчета параметров шарошечного бурения.
3. Изложите алгоритм расчета параметров ударно-вращательного бурения.
4. Перечислите преимущества и недостатки вращательного бурения.
5. Перечислите преимущества и недостатки шарошечного бурения.
6. Перечислите преимущества и недостатки ударно-вращательного бурения.
7. Какая кнопка в окне ввода данных позволяет просмотреть рассчитанные параметры?
8. С помощью какой кнопки можно распечатать исходные данные и рассчитанные параметры?
9. Назовите условия эффективного применения станков вращательного, шарошечного и ударно-вращательного бурения.
10. Как посмотреть формулы, по которым программа производит расчет?
11. Как закрыть программу?
12. Что означает кнопка с изображением калькулятора?
13. Что означает кнопка с изображением красной галочки?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Хохряков В. С.* Проектирование карьеров: учебник для вузов. М.: Недра, 1992. 383 с.

2. *Ржевский В. В.* Открытые горные работы. Ч. 1. Производственные процессы: учебник для вузов. М.: Недра, 1985. 509 с.

3. *Томаков П. И., Наумов И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ: учебник для вузов. М.: Изд-во МГИ, 1992. 516 с.

4. *Друкованый М. Ф., Кукиб Б. Н., Куц В. С.* Буровзрывные работы на карьерах. М.: Недра, 1990. 367 с.

5. *Корнилков С. В., Стенин Ю. В., Стариков А. Д.* Расчет параметров буровзрывных работ при скважинной отбойке на карьерах: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. 112 с.

6. *Кутузов Б. Н.* Разрушение горных пород взрывом. М.: Изд-во МГИ, 1992. 516 с.

7. *Кутузов Б. Н.* Разрушение горных пород взрывом (взрывные технологи и в промышленности): учебник для вузов. Ч. 2. М.: Недра, 1987. 254 с.

8. *Симкин Б. А., Кутузов Б. Н., Буткин В. Д.* Справочник по бурению на карьерах. М.: Недра, 1990. 224 с.

9. *Буровзрывные работы на угольных разрезах* / Репин Н. Я., Богатырев В. П., Буткин В. Д. и др. / Под ред. Н. Я. Репина. М.: Недра, 1987. 254 с.

10. *Репин Н. Я.* Подготовка и эксплуатация вскрышных пород угольных разрезов. М.: Недра, 1978. 256 с.

11. *Катанов Б. А., Сафохин М. С.* Инструмент для бурения взрывных скважин на карьерах. М.: Недра, 1989. 173 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Исходные данные к работе № 1

Расчет режимов и производительности станков вращательного бурения

Вариант	Характеристика горных пород				Высота уступа ($h_у$), м	Суточный режим работы бурового станка	Годовой объем обриваемой горной массы ($V_{год}$), млн м^3	Угол наклона скважины к вертикали, град.	Исследуемая зависимость
	предел прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$), МПа	плотность ($\gamma_п$), т/м^3	класс абразивности	категория трещиноватости					
1	15	1,3	II	III	7	1×8	0,5	0	$A_{см}=f(P_р)$
2	60	2,1	II	IV	12	2×8	5,0	15	$A_{см}=f(n_р)$
3	60	2,5	III	IV	15	2×12	15,0	0	$A_{см}=f(n_р)$
4	20	2,0	II	II	15	3×8	15,0	15	$A_{см}=f(n_р)$
5	70	2,6	IV	IV	15	2×8	7,0	10	$A_{см}=f(n_р)$
6	70	2,5	V	III	10	2×8	10,0	10	$A_{см}=f(P_р)$
7	30	2,3	II	III	10	1×8	1,0	20	$A_{см}=f(P_р)$
8	80	2,6	V	IV	12	2×8	3,0	10	$A_{см}=f(P_р)$
9	20	1,8	II	III	15	2×8	10,0	20	$A_{см}=f(n_р)$
10	40	2,2	III	II	10	2×12	15,0	15	$A_{см}=f(n_р)$
11	15	1,4	II	III	10	2×8	3,0	0	$A_{см}=f(n_р)$
12	40	2,0	II	II	7	1×8	0,8	0	$A_{см}=f(n_р)$
13	40	1,9	IV	III	12	2×8	4,0	15	$A_{см}=f(n_р)$
14	80	2,5	IV	III	15	2×8	5,0	15	$A_{см}=f(P_р)$
15	50	2,5	III	III	15	2×8	10,0	0	$A_{см}=f(n_р)$
16	50	2,7	IV	IV	7	1×8	2,0	0	$A_{см}=f(P_р)$
17	30	2,0	II	III	10	2×8	15,0	25	$A_{см}=f(P_р)$
18	20	2,0	II	II	12	1×8	0,8	0	$A_{см}=f(P_р)$
19	70	2,5	IV	II	15	3×8	15,0	10	$A_{см}=f(n_р)$
20	20	1,8	II	III	10	1×8	3,0	0	$A_{см}=f(n_р)$
21	15	1,3	II	III	12	2×8	4,0	0	$A_{см}=f(n_р)$
22	40	2,0	III	II	12	2×8	8,0	15	$A_{см}=f(n_р)$
23	60	2,5	IV	III	15	2×8	10,0	10	$A_{см}=f(n_р)$
24	80	2,7	III	IV	12	3×8	15,0	20	$A_{см}=f(P_р)$
25	40	2,0	III	III	7	1×8	2,0	0	$A_{см}=f(P_р)$
26	30	2,1	II	II	12	3×8	8,0	0	$A_{см}=f(P_р)$
27	70	2,3	IV	III	10	2×8	5,0	0	$A_{см}=f(P_р)$
28	50	2,3	II	II	15	1×8	5,0	0	$A_{см}=f(n_р)$
29	30	2,0	III	III	7	1×8	0,5	15	$A_{см}=f(n_р)$
30	80	2,5	IV	III	15	2×12	12,0	10	$A_{см}=f(n_р)$
31	80	2,4	III	III	12	2×8	10,0	15	$A_{см}=f(n_р)$
32	15	1,4	II	II	30	2×8	3,0	0	$A_{см}=f(P_р)$
34	20	1,9	II	IV	15	2×12	15,0	20	$A_{см}=f(P_р)$
35	50	2,4	IV	IV	12	2×8	6,0	10	$A_{см}=f(P_р)$

Приложение 2. Исходные данные к работе № 2

Расчет режимов и производительности станков шарошечного бурения

Вариант	Характеристика горных пород				Высота уступа ($h_у$), м	Суточный режим работы бурового станка	Годовой объём обуриваемой горной массы ($V_{год}$), млн м^3	Исследуемая зависимость
	предел прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$), МПа	плотность ($\gamma_п$), т/м^3	класс абразивности	категория по трещиноватости				
1	80	2,5	II	III	12	2×8	4,0	$A_{см}=f(n_р)$
2	160	2,7	III	III	15	3×8	10,,	$A_{см}=f(n_р)$
3	100	2,7	III	II	10	1×8	2,5	$A_{см}=f(n_р)$
4	150	2,8	III	II	20	3×8	50,0	$A_{см}=f(n_р)$
5	120	2,6	III	III	10	2×8	6,0	$A_{см}=f(P_р)$
6	180	3,0	IV	IV	15	2×12	20,0	$A_{см}=f(P_р)$
7	120	3,2	VII	V	15	2×12	25,0	$A_{см}=f(P_р)$
8	130	2,4	II	IV	15	3×8	30,0	$A_{см}=f(P_р)$
9	90	2,4	II	III	12	2×8	15,0	$A_{см}=f(n_р)$
10	110	2,5	II	II	12	3×8	25,0	$A_{см}=f(P_р)$
11	140	2,5	III	III	20	2×12	35,0	$A_{см}=f(n_р)$
12	100	2,5	II	III	10	1×8	3,0	$A_{см}=f(n_р)$
13	80	2,4	II	II	20	3×8	40,0	$A_{см}=f(n_р)$
14	80	2,3	III	III	10	1×8	7,0	$A_{см}=f(P_р)$
15	130	2,6	II	III	12	2×8	15,0	$A_{см}=f(P_р)$
16	90	2,4	II	II	15	2×12	25,0	$A_{см}=f(P_р)$
17	150	2,7	IV	IV	12	2×8	25,0	$A_{см}=f(P_р)$
18	170	2,7	VI	IV	12	2×8	30,0	$A_{см}=f(P_р)$
19	140	2,6	V	IV	10	1×8	8,0	$A_{см}=f(n_р)$
20	160	2,9	IV	V	10	2×8	15,0	$A_{см}=f(n_р)$
21	100	2,5	II	IV	15	3×8	20,0	$A_{см}=f(n_р)$
22	120	2,4	III	IV	20	2×8	35,0	$A_{см}=f(n_р)$
23	120	2,6	III	III	15	1×8	10,0	$A_{см}=f(P_р)$
24	160	2,6	IV	V	20	3×8	50,0	$A_{см}=f(P_р)$
25	150	2,5	III	III	20	1×8	20,0	$A_{см}=f(P_р)$
26	170	2,6	V	IV	12	2×8	20,0	$A_{см}=f(n_р)$
27	130	2,4	III	II	12	2×8	16,0	$A_{см}=f(P_р)$
28	100	2,4	II	III	15	3×8	30,0	$A_{см}=f(P_р)$
29	110	2,5	II	II	20	3×8	55,0	$A_{см}=f(P_р)$
30	90	2,3	II	III	10	2×8	15,0	$A_{см}=f(n_р)$
31	140	2,7	III	IV	12	2×8	17,0	$A_{см}=f(n_р)$
32	90	2,4	III	III	15	2×8	15,0	$A_{см}=f(P_р)$
33	120	2,6	IV	IV	15	2×8	12,0	$A_{см}=f(P_р)$
34	150	2,5	IV	V	12	3×8	24,0	$A_{см}=f(P_р)$
35	100	2,5	III	II	10	2×8	15,0	$A_{см}=f(n_р)$

Приложение 3. Исходные данные к работе № 3

Расчёт режимов и производительности станков ударно-вращательного бурения

Вариант	Характеристика горных пород				Высота уступа ($h_у$) , м	Суточный режим работы бурового станка	Годовой объём обуриваемой горной массы ($V_{год}$), млн м^3	Исследуемая зависимость
	предел прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$), МПа	плотность ($\gamma_п$), т/м^3	класс абразивности	категория по трещиноватости				
1	150	2,7	III	II	10	2×8	0,8	$A_{см} = f(w)$
2	200	3,2	V	III	10	2×8	1,5	$A_{см} = f(w)$
3	170	2,5	III	IV	12	2×8	2,0	$A_{см} = f(n_р)$
4	160	2,6	IV	III	15	2×8	1,8	$A_{см} = f(n_р)$
5	150	2,6	IV	III	10	1×8	0,6	$A_{см} = f(n_р)$
6	180	2,8	VI	IV	12	2×8	2,5	$A_{см} = f(n_р)$
7	200	2,9	VII	V	12	3×8	3,0	$A_{см} = f(n_р)$
8	140	2,4	III	III	12	2×8	2,7	$A_{см} = f(w)$
9	180	3,0	III	IV	15	3×8	2,7	$A_{см} = f(w)$
10	170	2,8	III	III	10	1×8	1,0	$A_{см} = f(n_р)$
11	160	2,8	IV	IV	15	3×8	3,2	$A_{см} = f(w)$
12	200	3,4	VI	IV	12	2×8	3,5	$A_{см} = f(w)$
13	150	2,7	IV	IV	10	2×8	2,6	$A_{см} = f(w)$
14	170	2,6	III	III	10	2×8	2,0	$A_{см} = f(w)$
15	160	2,5	III	III	10	3×8	2,5	$A_{см} = f(w)$
16	160	2,8	III	II	15	2×8	2,5	$A_{см} = f(n_р)$
17	140	2,4	II	III	15	2×8	2,0	$A_{см} = f(w)$
18	180	2,6	III	IV	12	1×8	1,2	$A_{см} = f(n_р)$
19	180	2,6	IV	III	10	1×8	1,5	$A_{см} = f(n_р)$
20	150	2,5	IV	II	12	2×8	1,8	$A_{см} = f(n_р)$
21	170	2,7	III	IV	15	2×8	1,8	$A_{см} = f(n_р)$
22	190	2,7	IV	IV	10	2×8	1,9	$A_{см} = f(w)$
23	150	2,6	IV	III	10	1×8	0,7	$A_{см} = f(w)$
24	170	2,4	III	III	12	1×8	0,9	$A_{см} = f(w)$
25	140	2,4	III	II	12	2×8	2,0	$A_{см} = f(w)$
26	200	2,8	VII	V	15	3×8	2,5	$A_{см} = f(w)$
27	200	2,9	VIII	V	10	3×8	3,0	$A_{см} = f(n_р)$
28	140	2,5	III	III	10	1×8	0,8	$A_{см} = f(n_р)$
29	200	3,0	V	IV	12	2×8	1,8	$A_{см} = f(w)$
30	130	2,6	II	III	15	2×8	2,4	$A_{см} = f(n_р)$
31	150	2,5	IV	II	10	2×8	2,6	$A_{см} = f(n_р)$
32	170	2,5	III	III	10	2×8	2,0	$A_{см} = f(w)$
33	160	2,7	III	IV	10	2×8	1,8	$A_{см} = f(w)$
34	180	2,6	IV	III	10	2×8	2,5	$A_{см} = f(w)$
35	180	2,6	IV	IV	10	1×8	0,6	$A_{см} = f(w)$

Приложение 4. Станки вращательного бурения

Показатель	Модель станка									
	СВБ-2М	1СБР-125	СБР-160А-124	СБР-160Б-32	2СБР-160-24	2СБР-125	СБР-200-24	СБШК-200	БТС-150	УРБ-2А-2
Номинальный диаметр скважины, мм	160	125	160; 200	160; 200	160	125	160 (шарош. долото); 200 (резцов. корон.)	190 (шарош. долото); 4 (резцов. корон.)	150	93
Глубина скважины, м	25	25	24	32	24	29	48	50	32	30
Угол наклона скважины к вертикали, град.	до 30	до 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	до 30	
Максимальное осевое усилие, кН	50	10	80	80	70	50	120	200	150	
Частота вращения бурового става, $мин^{-1}$	120; 220	220	102; 132; 198	102; 132; 198	42; 144; 126; 180	0—240	168	3—180	195	140; 225; 325
Способ очистки скважины	Шнековый			Шнековый, шнеко-воздушный			Шнековый, шнеко-воздушный, воздушный			

Примечания: 1. Станки СБР-125 предпочтительно применять в породах с коэффициентом крепости $f \leq 4$ и при мощности карьера по горной массе меньше 3—5 млн $м^3$ в год, остальные модели станков применяются в более крепких породах.

2. При бурении скважин в уступах высотой 15 м и выше предпочтительно применение шнеко-воздушного или воздушного способа очистки скважин.

3. У станков БТС-150 в качестве шасси использован трактор Т-170, а у станков УРБ-2А-2 — трактор трелевочный ТТ-4-02

Приложение 5. Рекомендуемые значения частоты вращения инструмента при вращательном бурении

Характеристика пород	Частота вращения инструмента, $с^{-1}$
Неабразивные слабые породы с $f = 2 \div 4$ (уголь, суглинки, сланцы)	3,0—3,5
Крепкие малоабразивные с $f = 5 \div 6$ (известняки)	2,25—3,25
Крепкие абразивные монолитные с $f = 5 \div 6$ (песчаники)	2,0—2,5

Приложение 6. Условия применения режущих долот

Характеристика пород	1СБР-125	2СБР-125	СВБ-2М	СБР-160А-24; СБР-200; СБШК-200; СБШ-200	
	Способ удаления буровой мелочи				
	шнековый	шнековый, шнеко-воздушный	шнековый	шнековый, шнеко-воздушный	воздушный
Уголь и мягкие породы $f \le 4$	РП-120 ($d_д$ = 120 мм; 2-лучевое)		НПИ-2 ($d_д$ = 160 мм; 2-лучевое); РК-4М ($d_д$ = 160 мм; 2-лучевое)		
Породы $f \le 5$			2ЛШ-158,7МС ($d_д$ = 158,7 мм; 2-лучевое); ДЛ-160Ш ($d_д$ = 161 мм; 2-лучевые; съемные лопасти)		
Породы повышенной крепости $f \le 6$ с прослойками пород $f \le 8$			КБЛ-160Е; КБС-160У ($d_д$ = 160 мм; 2-лучевые; съемные резцы);НПИ-6 ($d_д$ = 150; 160 мм; 3-лучевые; съемные резцы); 7РД-160Ш; 8РД-160Ш; 10РД-160Ш; ДР-160Ш ($d_д$ = 160 мм; 2-лучевое; съемные резцы)	ДРВ-160Ш ($d_д$ = 161 мм; вращающиеся лезвия)	1РД-215,9*; 1РД-190; 1РД-244,5 ($d_д$=215,9; 190; 244,5 мм; 4-лучевые) КБК-1 ($d_д$=190 мм; 3-лучевое) КБТ-1У ($d_д$=200 мм; 3-лучевое)
Конгломератные залежи слабоцементированные галечники и гравийно-галечные отложения		ДРВ-125ШВ ($d_д$ = 125 мм; вращающиеся резцы)			

* Все коронки со съемными резцами.

Приложение 7. Продолжительность основного и вспомогательного времени вращательного бурения, мин

Коэффициент крепости пород f (категория по ЦБНТ)	1—2 (III—IV)	3—4 (V—VI)	5—6 (VII—X)	7 (XI)	8 (XII—XIII)
Вспомогательное время бурения на 1 м скважин ($t_в$)	1,32	1,37	1,43	1,48	1,59
Основное время бурения на 1 м скважины ($t_о$)	0,50	0,75	1,75	3,40	4,50
$K = (t_в + t_о)/t_о$	3,64	2,83	1,82	1,48	1,35

Примечание: вспомогательное время бурения 1 м скважины в конкретных условиях зависит, в том числе, и от глубины скважины

Приложение 8. Коэффициенты снижения производительности шнековых буровых станков вращательного бурения в зависимости от высоты уступа (глубины скважины)

Крепость пород	Значения коэффициента при высоте уступа, м		
	< 5	5—10	> 10
до 2	1	0,91	0,75
2—6	1	0,94	0,80

Приложение 9. Коэффициент снижения производительности буровых станков в зависимости от срока службы

Срок службы, лет	0—3	4	5 и больше
Коэффициент снижения производительности, k_t	1,0	0,95	0,85

Приложение 10. Нормативное годовое количество рабочих смен буровых станков

Диаметр бурения, мм	Непрерывная рабочая неделя при работе (смен)		Прерывная рабочая неделя с одним выходным днем при работе (смен)		Прерывная рабочая неделя с двумя выходными днями при работе (смен)	
	2	3	2	3	2	3
Шнековое бурение						
125	555	815	470	700	390	575
160	690	770	455	655	370	545
Шарошечное бурение						
160, 200	505	705	430	600	350	495
250	500	695	425	595	350	490
320, 400	495	680	420	580	—	—
Ударно-вращательное бурение						
100, 125	545	795	465	680	385	560
160	540	790	465	675	—	555
200	500	700	425	600	—	495

Приложение 11. Технические характеристики станков шарошечного бурения

Таблица П.11.1

Отечественные буровые станки

Показатель	УСБШ-30/165/200-32	СБШС-250Н	СБШС-250/270-32	6СБШ-200-32	3СБШ-200-60
Изготовитель	НКМЗ			Бузулукский з-д	
Диаметр долота, мм	130; 165; 200	200; 250; 270	250; 270	200; 250	200; 250
Глубина скважины, м, не более	32	50	32	40	60
Направление бурения к вертикали, град.	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 22,5; 30	0…30	0…30
Длина штанг / ход непрерывной подачи, м	н. д.	10,45	н. д.	8,06 / 1	12 / 1
Осевое усилие, кН, не более	200	350	400	300	300
Скорость подачи / подъема бурового снаряда, м/с	— / 0,31	— / 0,3	— / 0,25	0,033 / 0,5	0,033 / 0,5
Частота вращения долота, $с^{-1}$	до 2,67	до 2,5	2,5	до 2,5	до 2,5
Способ очистки скважин	воздушный			воздушный	
Подача компрессора, $м^3/с$	0,417	0,53	0,67	0,417	0,53
Установленная мощность электродвигателей, кВт	н. д.	506	н. д.	377	400
Напряжение питания, В	н. д.	6000; 380	н. д.	380	380; 6000
Скорость передвижения, км/ч	0,12; 0,95	1,7	1,04	0,75	1,0
Габариты, м	8,7×4,4×14,3	10,9×5,1××17,9	н.д.	12,1×4,9××13,8	12,1×5,4×17,32
Масса станка, т	43	68; 64	88	62	65

Окончание табл. П.11.1

Показатель	СБШ-160-48	СБШ-190/250-60	СБШ-250МНА-32	СБШ-250/270-60 (РД-10)	СБШ-2 70ИЗ
Изготовитель	ОАО «Рудгормаш»				Ижорский з-д
Диаметр долота, мм	160	190; 250	160; 215; 250; 270	244,5; 269,9	250; 270
Глубина скважины, м, не более	48	61,5	32	60	32
Направление бурения к вертикали, град.	0; 15; 30	0; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30
Длина штанг/ход непрерывной подачи, м	н. д.	н. д.	8/8	8;12;17,5/8;12;17,5	11/11
Осевое усилие, кН, не более	н. д.	н. д.	300	350	450
Скорость подачи/подъема бурового снаряда, м/с	н. д.	н. д.	0,017/0,12	н. д.	0,1/0,2
Частота вращения долота, $с^{-1}$	н. д.	н. д.	0,2-2,5	0,2-2,0	0-1,68
Способ очистки скважин	Воздушно-водяной		Воздушный, воздушно-водяной		Воздушный
Подача компрессора, $м^3/с$	н. д.	н. д.	0,417-0,53	0,53-0,67	0,67
Установленная мощность электродвигателей, кВт	н. д.	н. д.	400	н. д.	650
Напряжение питания, В	380	380	380; 6000	380; 6000	380
Скорость передвижения, км/ч	н. д.	н. д.	0,737	н. д.	1,6
Габариты, м	н. д.	н. д.	9,2×5,45×15,35	н. д.	19,0×6,4×19,3
Масса станка, т	45	75	71,5	90	136

Примечание: станки типа СБШ-200 предпочтительно применять в породах с коэффициентом крепости $f = 6 \div 12$ и при мощности карьера по горной массе меньше 3—5 млн $м^3$ в год. При мощности карьера более 5 млн $м^3$ в год предпочтительно применять станки типа СБШ-250, если $f = 10 \div 14$ и РД-10 и СБШ-220ИЗ, если $f = 12 \div 16$.

Таблица П.11.2

Станки фирмы Ingersoll – Rrand (США)

Модель станка	DM-45E	DM-50E	DM-L	DM-M2	DM-H
Диаметр скважины, мм	130—200	200—251	200—251	229—270	229—381
Глубина бурения, м	45,7	50,0	54,9	53,4	76,0
Угол наклона скважины, град.	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30	0, 5, 10, 15, 20, 30	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
Осевое давление на забой, кН	204	227	272	340	497
Частота вращения, $мин^{-1}$	0—200	0—130	0—120	0—150	0—150
Крутящий момент, кНм	9,7	9,7	10,17	11,7	17,6
Производительность, млн т/год	2	2,5	3	4	5,5
Установленная мощность, кВт	118	118	118	130	373
Скорость передвижения, км/ч	3,1	3,1	3,1	2,2	1,12
Угол подъема с опущенной мачтой, град.	17	17	17	17	17
Давление на грунт, МПа	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11
Масса, т	31,8	34,7	38,6	56,7	111,1
Длина буровых штанг, м	7,62; 9,14	7,62; 9,14	9,14	10,7	9,14; 13,7; 16,8; 19,8
Количество штанг в кассете	5	3, 4	5	2, 4	1, 2, 3, 4
Ширина станка, м	3,96	3,96	4,6 / 3,8	5,0 / 4,6	7,1
Длина с опущенной мачтой, м	12,5	12,5	12,7	15,5	21,0
Высота с поднятой мачтой, м	13,3	13,3	13,0	17,1	21,5

Таблица П.11.3

Станки фирмы Bucyrus-Erie (США)

Модель станка	34R	35R11	36R	37R	45R	47R	49R11	59R	60R
Диаметр скважины, мм	155—229	155—229	200—279	299—311	279	311	311	273—444	381
Глубина бурения, м	7,62	7,62	9,14	10,67	16,76	16,76	18,29	18,29	15,54
Рабочая масса, т	36,29	38,56	47,63	68,04	108,0	113,0	140,5	183,67	148,5
Мощность привода вращения, кВт	н. д.	н. д.	190	190	37,3	82,0	102,0	153	91,0
Скорость вращения долота, $мин^{-1}$	134	134	135	135	123	123	130	120	121
Нагрузка на долото, кН	184	204,1	272,2	340,2	362	409	453,6	589,7	544
Скорость подачи, м/мин	38,1	38,1	32,0	25,91	4,7	4,7	7	62	8,07
Скорость подъема / опускания, м/мин	68,6	68,6	68,6	54,86	38,1	38,1	27,43	30,48	33,0
Производительность воздушного компрессора, $м^3$/мин	21,2	25,5	25,5	34,0	46,34	46,34	46,7	97,6	73,6
Максимальное давление, кПа	690	690	690	690	448	448	448	448	448
Скорость передвижения, км/ч	3,2	2,41	2,0	2,09	н. д.	н. д.	1,8	1,5	н. д.
Длина штанги, м	10,36	10,36	9,14	10,67	16,76	16,76	18,29	18,29	15,24
Угол наклона бурения, град.	90	90	90	90	60—90	60—90	60—90	60—90	60—90
Мощность двигателя, кВт	250*	298*	336*	455*	н. д.	н. д.	298	520	224
Высота станка, м	4,16	4,17	4,32	4,69	6,5	6,5	6,86	6,5	6,35
Ширина станка, м	3,81	3,81	4,27	4,27	6,25	6,25	7,12	6,0	6,2
Длина станка, м	11,43	11,43	14,53	16,36	24,31	24,31	31,4	34,2	25,83

* Дизельный привод

Таблица П.11.4

Техническая характеристика буровых станков вращательного бурения фирмы Driltech концерна Tamrock

Параметры	Модель							
	D25KS	D40KS	D45KS	D50KS	D400SP	D60KS*	D75KS	D90KS
Диаметр бурения, мм	130—203	152—203	152—229	152—229	152—254	229—279	229—279	229—311
Глубина бурения, м:								
– одной штангой	8,67; 9,38	8,67; 9,4; 11,2	8,67; 9,4; 11,2	7,6; 8,7	12,2; 15,2; 18,3	10,2; 11,2	10,2; 11,2	11,8; 12,7; 19,8
– максимальная	64	53,4	53,4	64	19,8	53,3	53,3	85
Осевое усилие, кН	126	182	204	227	182	272	343	499
Мощность вращателя, кВт	82	82	134,3	134,3	109	142	142	171,6
Крутящий момент на долоте, кН·м	8,2	6,8	9,8	9,8	6,8	14,1	14,1	16,9
Скорость подъема бурового става, м/с	1,1	0,7	0,83	0,83	0,61	0,63	0,63	0,6
Мощность главного привода, кВт	320	320,8	320,8	320,8	320,8	410	477	477
Подача компрессора, $м^3$/мин	19,8	21—28,3	26—37	26—45	26—45	37—45	37—57	45—73,6
Скорость хода, км/ч	2,9	2,9	3,2	3,5	2	2,4	2,4	1,27
Масса станка, т	28,2	47	47,8	43,6	52	59	63,6	120,3

Таблица П.11.5

Техническая характеристика буровых станков вращательного бурения фирмы «P&P» (США)

Параметры	Модель		
	P&P 250XP	P&P 100XP	P&P 120A
Диаметр бурения, мм	273—349	до 349	251—559
Глубина бурения, м – одной штангой – максимальная	 12 73	 19,8 59,4	 15,2; 16,8; 19,8 39,6
Наклонное бурение, град.	0—20 (30)	0—20	–
Осевое усилие максимальное, кН	476	495	680
Мощность вращателя, кВт	200	208	120 / 200
Скорость вращения, $мин^{-1}$	0—200	0—125	119 (138)
Крутящий момент, кН·м	до 16,2	до 16,2	до 17,2
Скорость подъема, м/с	0—38	0—38	0—24,4
Тип главного привода	Д	Э	Э
Мощность главного привода, кВт	735	522	1000
Подача компрессора, $м^3$/мин	71—83	до 85	85—102
Давление, МПа	0,448	0,551	0,387
Скорость хода, км/ч	3,05	1,3	1,6
Габаритные размеры, м: – общая ширина – длина, мачта опущена / поднята – высота, мачта опущена / поднята	 7 20,5 / 14,3 20,1 / 7,8	 7 25,7 / 13,5 30,3 / 9,9	 6,7 28,8 / 13,4 28,3 / 6,1
Рабочая масса станка, т	113,6	129,2	165,5

Таблица П.11.6

Техническая характеристика буровых станков для вращательного бурения скважин фирмы Bucyrus International

Параметры	Модель				
	35R*	39R	49RIII	59R	60/61R
Диапазон диаметров бурения, мм	до 270	до 311	до 406	до 444	до 381
Глубина бурения, м – одной штангой – максимальная	 7,6 36,4	 16,8 82,2	 21,3 85,2	 18,3 79,2	 19,8 45,7
Осевое усилие, кН	340	55	640	748	до 590
Мощность вращателя, кВт	59	73,2—82	153	153	91—182
Частота вращения, $мин^{-1}$	0—130	0—160	0—125	0—120	0—125
Крутящий момент на долоте, кН·м	9,5	16,8	16,8	20,7	15,6
Скорость подъема става, м/с	1,14	0,64	0,46	0,51	0,55
Главный привод	Д	Э	Э	Э	Э
Мощность главного привода, кВт	298	350	600	до 750	до 840
Компрессор: – подача, $м^3$/мин – давление, МПа	 38,2 0,223	 85,4 0,48	 85,4 0,48	 103,2 0,48	 85,4 0,4
Скорость хода, км/ч	3,2	3,2	1,1—1,8	0,9—1,5	1,7
Масса станка, т	54,4	122,5	154,2	183,7	155

*Модель имеет исполнение для работы с погружным пневмоударником.

Таблица П.11.7

Техническая характеристика станков вращательного бурения скважин фирмы Atlas Copco

Параметры	Модель						
	DM-30*	DM-45/50	DML*	DM-M2	DM-M3	PV271	PV351
Диаметры бурения, мм	130—171	127—171	152—270	251—270	251—311	200—270	270—410
Глубина бурения, м: – одной штангой – максимальная	 9,1 15,2	 9,1 55/45	 9,1; 10,7 55	 10,7 53, 3	 12,2 48,8	 6,8; 12,21 60	 19,8 55
Наклонное бурение, град.	0—20	0—30	0—30	0—30	0—30	–	–
Осевое усилие, кН	136	227	272	340	409	340	522
Мощность вращателя, кВт	113	108	120	130	160	145	160
Частота вращения, мин$^{-1}$	0—100	0—160	0—160	0—150	0—200	0—170	0—170
Крутящий момент на долоте, кН·м	7,3	7,3; 12,2	7,35; 12,2	11,8	13,8	6,44; 12	25,7; 14,2
Скорость подачи / подъема, м/мин	0—30 / 0—85	0—44 / 0—62	0—44 / 0—62	0—25 / 0—30	0—44 / 0—30	0—39 / 0—48	0—21 / 0—47
Тип привода	Д	Д	Д	Д/Э	Д/Э	Д	Д/Э
Мощность дизеля, л.с.	425; 525	425; 600	525; 760	760	850; 950	760	1000—1500
Компрессор: – подача, м^3/мин – давление, МПа	 25,5 0,76	 25,5; 34 0,76	 34; 53,8 0,76	 54; 73 0,76	 54 0,76	 54 0,76	 85—108 0,76
То же с ударником	25,5 2,4	30 2,4	34 2,4	–	–	–	–
Скорость хода, км/ч	0—4,0	0—3,2	0—2,7	0—1,9	0—1,8	0—1,8	0—1,8
Ходовая часть	CAT-D4	CAT 320L	CAT 320S	CAT 320E	CAT 350	CAT 345L	CAT 375L

* Модели могут оснащаться оборудованием для бурения погружным пневмоударником.

Приложение 12. Выход горной массы с 1 м скважины (ориентировочные показатели)

Диаметр скважины (DC), мм	110	160	200	250	320
Выход горной массы с 1 м скважины ($V_{г.м}$), м^3/м	12—35	18—35	25—40	35—50	50—80

Примечание: большей крепости пород соответствует меньшее значение показателя.

Приложение 13. Типы и условия применения шарошечных долот

Таблица П.13.1

Типы долот третьего поколения и область их применения

Тип	Породы	Вооружение долота
М	Мягкие	Фрезерованные зубья
МЗ	Мягкие абразивные	Вставные зубья
С	Средней твёрдости	Фрезерованные зубья
Т	Твёрдые	То же
ТЗ	Твёрдые абразивные	Вставные зубья
ТК	Твёрдые с пропластками крепких	Комбинация фрезерованных и вставных зубьев
К	Крепкие	Вставные зубья

Таблица П.13.2

Рациональные области применения долот второго поколения (по данным ВНИИБТ)

Долото	Горные породы	Коэффициент крепости пород, f	Диаметр долот, мм
С и СТ	Неабразивные породы ниже средней и средней твёрдости: плотные глины, гипс, алевролиты, соли, мергели, углистые и глинистые сланцы, рыхлые известняки и т. п.	6	190, 214
Т	Неабразивные и малоабразивные горные породы: амфиболовые сланцы, аргиллиты, песчанистые сланцы, твёрдые известняки, слабые доломиты, фосфатные руды, опоки и т. п.	6—8	145, 190, 214, 243
ТК	Малоабразивные твёрдые породы с пропластками крепких пород и руд: известняки с пропластками угля, малокристаллические известняки с пропластками доломитов и т. п.	8—10	190, 214, 243
ТЗ	Вязкие абразивные твёрдые горные породы: апатит-нефелиновые руды, доломитизированные известняки и плотные доломиты, разрушенные граниты, габбро и диориты, магнезиты	8—14	190, 214, 243
ТКЗ	Перемежающиеся абразивные твёрдые вязкие и крепкие хрупкие горные породы и руды: окварцованные доломитизированные известняки с прослойками рыхлого кварцита, кварцевые сланцы и т. п.	8—14	190, 214
ОК	Абразивные хрупкие крепкие и очень крепкие горные породы и руды: гранит, скарны, кварциты, диориты, джеспилиты, крепкие песчаники и т. п.	12	76, 97, 112, 145, 190, 214, 269, 320

Примечание: предпочтительно выбирать долота третьего поколения; стандартное значение их диаметра в Приложении 15

Приложение 14. Номенклатура выпускаемых шарошечных долот для горнорудной промышленности СССР

Марка долота	Схема опор	Изготовитель	Масса долота, кг
III76T III760K	С-Ш-С С-Ш-С	Уралбурмаш	2
III98.40K III112КЦВ	Ш-Ш-Ш Ш-Ш-С	Уралбурмаш, Востокмашзавод	4
III146ТПВ III146КПВ III146ОКПВ	Р-Ш-Ш Р-Ш-Ш Р-Ш-Ш	Уралбурмаш, Востокмашзавод	12
III161ТПВ III161КПВ	Р-Ш-Ш Р-Ш-Ш	Уралбурмаш, Востокмашзавод	15,5
III215.9ТПВ2 III215.9ТЗПВ III215.9ТКЗПВ III215.9КПВ1 III215.90КПВ	Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р	Куйбышевбурмаш	32
III244.5ТПВ2 III244.5 КПВ III244.5ОКПВ1 III244.5ОКПВ2 III244.5ОКПВ3	Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р	Уралбурмаш, Дрогобычский долотный завод, Поваровский опытный завод	45
III269.9ТПГВ III269.9ТЗПГВ III269.9ОКПВ2	Р-Ш-УПС-Р Р-Ш-УПС-Р Р-Ш-Р	Дрогобычский долотный завод	60
III320ТПГВ1 III320 ТЗПГВ1 III320ОКПВ1	Р-Ш-Р-УПС Р-Ш-Р-УПС Р-Ш-Р-УПС	Дрогобычский долотый завод, Востокмашзавод, Уралбурмаш	90

Примечания: С — подшипник скольжения; Ш — подшипник шариковый; Р — подшипник роликовый; УПС — упорная пята скольжения. Цифра (римская) III — число шарошек. Арабские цифры — диаметр долота, мм. Первая буква (буквы) — тип вооружения долота. П — с центральной продувкой с помощью продувочных каналов в лапах и их цапфах, предназначенных для охлаждения подшипников опор шарошек и предотвращения их зашламовывания. ПГ — периферийная схема очистки забоя. В — опоры шарошек на подшипниках качения.

Приложение 15. Коэффициенты разбуривания скважин ($K_{раз}$)

F	4	6	8—10	12—14	>16
$K_{раз}$	1,05	1,04	1,037—1,031	1,03—1,024	1,02

Приложение 16. Рекомендуемые параметры режима бурения шарошечными долотами третьего поколения

Диаметр долота, мм	Наружный диаметр бурильных труб, мм	Осевое усилие на долото, кН		Частота вращения, $с^{-1}$		Расход продувочного агента*	
		М, С, Т, ТК	МЗ, ТЗ, К, ОК	М, С, Т, ТК	МЗ, ТЗ, К, ОК	сжатого воздуха, $м^3/с$	технической воды, $дм^3/с$
Долота на подшипниках качения							
146	89—114	60—80	80—100	2,5-2,0	2-1	0,16—0,2	-
161	127	100—130	130—150	2,5-2,0	2-1	0,25	-
215,9	180	140—180	160—200	2,5-1,3	2-0,83	0,42	<0,02
244,5	203	180—220	180—250	2,5-1,3	2-0,83	0,42—0,53	<0,03
269,9	219	200—270	250—300	2,5-1,3	2-0,83	0,6—0,7	<0,05
320	273	<350	<500	2,5-1,3	2-0,83	0,83—1,0	<0,06
Долота на подшипниках скольжения							
76	63,5	<30	<40	<2,5	<2	0,15	<0,01
98,4	73	<40	<60	<2,5	<2	0,15	<0,02
112	89	<50	<80	2,5-1,7	2,5-1,0	0,15	<0,02
146	89—114	<80	<120	2,5-1,0	2,5-1,0	0,15	<0,03
161	127	120—140	130—150	2-1,0	1,7-1,0	0,25	<0,03
215,2	180	160—200	180—220	2-1,0	1,7-0,83	0,42	<0,05
244,5	203	200—250	220—270	2-1,0	1,7-0,83	0,42—0,53	<0,05
269,9	219	220—270	250—320	2-1,0	1,7-0,83	0,6—0,7	<0,06
320	273	<400	<500	2-1,0	1,7-0,83	0,8—1,0	<0,07

Примечания: * расход технической воды имеет место при воздушно-водяной очистке скважин.

1. Верхние пределы осевых усилий на долото соответствуют нижним пределам частот вращения долот.

2. С увеличением абразивности и трещиноватости пород частоту вращения рекомендуется уменьшать. В высшей степени крепких абразивных (VIII класс абразивности) или сильнотрещиноватых породах частоту вращения рекомендуется уменьшать до 1 $с^{-1}$.

3. По мере изнашивания вооружения шарошек долот М, С, Т, ТК необходимо постепенно увеличивать осевое усилие на долото до верхнего предела.

Приложение 17. Размеры наружного диаметра буровых штанг ($d_{тр}$) для шарошечного бурения

$d_д$, мм	161	190	214 (215,9)	243 (244,5)	269 (269,9)	320 (320)
$D_{тр}$, мм	130	152	180	203	219	275

Приложение 18. Техническая характеристика станков ударно-вращательного бурения

Таблица П.18.1

Отечественные буровые станки

Показатели	2СБУ-100-32М (СБУ-100Н-35)	3СБУ-100-32	СБУ-100-35; СБУ-100ГА-50	СБУ-125-24; СБУ-125А-32	СБУ-125У-52	СБУ-160
Диаметр скважины, мм	110 (125)	85;110; 125	110; 130	125	125—160	110 (125)
Глубина скважины, м, не менее	32 (35)	32	35; 50	24; 32	52	32
Диаметр штанги, мм	83	83	83	89	108	114
Длина штанги, мм	950	950	950	2930	4250	-
Масса штанги, кг	10	10	10	32,5	42,5	-
Число штанг в комплекте или кассете	30	30	30	8	14	-
Угол наклона скважины к вертикали, град.	0—90	манипулятор	0; 15; 30	0; 15; 30	0—30	
Пневмоударник	П-110К; П-125К	П-110К	П-125К	П-125К	П-125К	П-160А
Установленная мощность, кВт	Н..Д.	59 (дизель)	24	42	80	-
Мощность вращателя, кВт	4	4	4	3,8/6,2	35	
Частота вращения бурового става, $мин^{-1}$	0,77	0,65—1,33	0,77	0,37; 0,75	0,77	0 — 60
Крутящий момент на долоте, кН·м	0,83	2	0,83	1,67; 1,37	2,4	–
Усилие подачи на забой, кН	1,0—6,0	До 25	1,0—6,0	4,5—20	До 50	– / 30
Ход подачи, мм	1050	1800	1050	3700	4400	
Скорость подачи, м/с	0,25	0,33	0,25	0,17	0,4	
Тип долота	К-110	К-110К	К-125К	К-125К	К-125К	
Способ очистки скважины	Воздушный		Воздушно-водяной	Воздушный		
Скорость передвижения, км/ч	-	0,8—1,6	0,83	1	0,9	
Габариты станка в транспортном положении, мм	1135×430××2375	-×-×-	4000×2210×2210	4250××3000××3000	5600××3200××3200	4800××2800××6700
Масса станка, т	0,27	8,50	5,0	8,5	13,5	20

Примечание: станки СБУ-100 и СБУ-125 предпочтительно применять в породах крепких, очень крепких абразивных (f = 10÷16); станки СБУ-160 — в породах очень крепких, в высшей степени крепких абразивных (f = 14÷20).

Таблица П.18.2

Буровые станки серии ECM 570/670 фирмы Ingersoll-Rand с гидроударником

Модель станка	ECM-570	ECM-670
Фирма- изготовитель	Ingersoll-Rand США	Ingersoll-Rand США
Тип гидроударника	HC-80	HC-120
Производитель	IR/Montabert	IR/Montabert
Диаметр скважины, мм	64—102	76—115
Скорость вращения, $мин^{-1}$	0—140	0—140
Крутящий момент, Нм	800	881
Частота удара, $мин^{-1}$ ($с^{-1}$)	2800 (47)	2400 (40)
Диаметр штанги, мм	38—45	45—51
Двигатель		
Тип	Cummins 6 CT 8.3	Cummins 6 CT 8.3
Мощность, кВт	142	160
Скорость вращения, $мин^{-1}$	2200	2350
Буровые штанги и направляющие		
Ход штанги, м	5,0	5,0
Усилие подачи, Н	22240	22240
Общая длина направляющих, м	8,49	8,49
Компрессор		
Производительность, $м^3$/мин.	6,5	7,7
Давление, бар	9	9,7
Общие данные		
Преодолеваемый уклон, град.	35	35
Клиренс, см	46	46
Скорость движения, км/ч	3	3,14

Приложение 19. Техническая характеристика бурового инструмента для ударно-вращательного бурения

Таблица П.19.1

Техническая характеристика пневмоударников

Показатели	П-105К	П-125	П-160А
Номинальный диаметр, мм	105	125	165
Номинальное давление воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5
Работа единичного удара, Дж	96	140	280
Частота ударов, $с^{-1}$	27	21	21
Удельный расход сжатого воздуха, $м^3 \cdot с^{-1} \cdot кВт^{-1}$	0,037	0,045	0,0253
Ударная мощность, кВт	2,6	2,8	7,9
Наружный диаметр пневмоударника, мм	94	116	142
Масса без коронки, кг	20	31	40

Таблица П.19.2

Техническая характеристика долот к пневмоударникам

Типоразмер долота	К-105КА	К-130К	КНШ-105У	КНШ-125У	БК-155	К-105	К-125	К-160	БК-105
Диаметр долота, мм	105	130	108	125	150	105	125	160	105
Число штырей (лезвий) на долоте	(4)	(4)	14	15	(4 и 1 опереж.)	(4)	(4)	(4)	(3 и 1 опереж.)
Общая длина лезвий, мм	128	144	–	–	168	148	208	280	130
Масса долота, кг	4	5,8	5,0	6,0	9,2	3,0	5,6	12,5	3,5

Примечание: штыревые долота рационально применять в крепких малотрещиноватых породах.

Приложение 20. Значение коэффициента перебура ($К_{пер}$)

Категория трещиноватости пород	I	II	III	IV	V
Коэффициент перебура	6 ÷ 8	8 ÷ 10	10 ÷ 12	12 ÷ 14	14 ÷ 16

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.
Кокунина Л.В., ст. преподаватель, к.т.н.
Беляев В.Л., ст. преподаватель
Ганиев Р.С., ст. преподаватель
Сорокин Л.А., доцент, к.т.н.

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ **3**
2. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА **4**
3. ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ **6**
4. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА **8**
4.1. Геолого-экологическая характеристика месторождения 9
4.2. Параметры карьерного поля 9
4.3. Режим и объемы работ 10
4.4. Механизация горных работ 10
4.5. Система разработки 10
4.6. Вскрытие карьерного поля 11
4.7. Подготовка новых горизонтов 12
4.8. Горно-строительные работы 12
4.9. Генплан карьера 13
4.10. Экономические показатели разработки 13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ **14**
5. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНОЙ ГРАФИКИ **14**
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ **16**
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ..... **17**
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ..... **По какой схеме осуществляет** 18
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ..... **19**
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 ..... **20**
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 ..... **22**
ЗАКЛЮЧЕНИЕ **52**

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовое проектирование – завершающий этап в изучении дисциплины "Технология и комплексная механизация открытых горных работ " и его цель – приобретение навыков творческого решения принципиальных задач открытой разработки месторождений - вскрытия и системы их разработки.

Объектом проектирования, как правило, является месторождение (карьер) по месту прохождения студентом производственной практики.

Тема проекта – одна из трех альтернативных, определяемая руководителем проекта в зависимости от сложности объекта и состояния горных работ на нем:

1) вскрытие и система открытой разработки рудного (угольного, нерудного) типа ...;

2) дальнейшая разработка (поддержание мощности) рудного (угольного, нерудного) карьера ...;

3) реконструкция ... карьера (например, в связи с увеличением глубины карьера).

При теме 1 " Вскрытие и система ..." предполагается, что месторождение еще не разрабатывалось, и цель проекта – принять рациональные решения по освоению и разработке месторождения в выделенных границах карьера и при заданной его мощности. В задачи проекта входит: оптимизация параметров горных работ, их развития и вскрытия карьерного поля на три фиксированных момента (год сдачи карьера в эксплуатацию, полное развитие горных работ и, наконец, – их завершение), расчет и обоснование размеров и объема карьерного поля, ожидаемого уровня потерь и разубоживания сырья, запасов полезного ископаемого, включаемых в карьер, среднегодовых объемов горных работ, структуры механизации и технопарка основных горных машин, состава и объема горно-строительных работ, длительности строительства карьера, состава и параметров размещения промышленных объектов карьера на поверхности, технологии проходки и параметров подготовительных выработок, уровня технико-экономических показателей разработки.

При теме 2 "Дальнейшая разработка ..." ("Поддержание мощности ...") за исходное принимается состояние горных работ на момент проектирования, и цель проекта – выбрать рациональные пути вскрытия, развития горных работ и их параметров на последующие периоды разработки месторождения. Необходимо проанализировать сложившееся положение горных работ, особо отметив соответствие механизации уровню развития техники, а вскрытия и системы разработки – производственной мощности, уровню извлечения полезного ископаемого и задачам будущего развития горных работ на карьере; обосновать схему и параметры вскрытия, систему разработки на последующий период (в том числе на конец разработки); рассмотреть целесообразность модернизации структуры механизации, рассчитать потребность в оборудовании и в случае перехода на новое оборудование рассчитать новые па-

раметры технологических процессов; определить оставшиеся запасы полезного ископаемого и предложить вариант их использования во времени (сократить, увеличить мощность и объемы работ или сохранить их на прежнем уровне); рассмотреть технологию подготовки новых горизонтов и изменения в инфраструктуре предприятия.

В теме 3 "Реконструкция ..." целевая направленность проекта формулируется заданием на проектирование. Непременными должны быть задачи реконструкции и вскрытия, системы разработки, контуров карьера, а также сохраняются некоторые другие задачи темы 2.

Содержание разделов при любой теме уточняется руководителем в задании на проектирование (прил. 1).

Состав проекта: пояснительная записка с расчетами и обоснованиями объемом до 25 – 35 страниц текста и графики на двух-трех листах формата А1.

2. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Расчетно-пояснительная и графическая части проекта оформляются строго по действующим в РФ стандартам. Проекты, оформленные с существенными отклонениями от принятых норм, подлежат переоформлению.

Пояснительная записка должна содержать достаточно исчерпывающую аргументацию в форме умозаключений, расчетов, анализа принимаемых решений и т. д. Ни одно из принимаемых положений не может быть принято априорно, и важнейшее требование к текстовой части проекта - доказательность решений.

Структура записки – по типу прил. 2 или устанавливается руководителем проекта с соответствующей записью в особых условиях задания на проектирование (прил. 1).

Текст излагается кратко, логично, пишется от руки или представляется в печатном виде. Формат бумаги 297×210 мм. Текст размещается на одной или двух сторонах листа. По краям страниц оставляются поля шириной слева 30 мм, справа 15 мм, сверху 20 мм снизу 30 мм. Страницы нумеруются по нижнему полю.

Разделы выделяются шрифтом. Между текстом и наименованием разделов и подраздел оставляется двойной или тройной пробел (примеры см. в настоящем издании).

Предложения строятся в безлично-именной форме. Запрещаются зачеркивания текста, помарки, сокращения слов, кроме общепринятых (КПД – коэффициент полезного действия, проч. – прочие, т. е. – то есть и т. д. – так далее). Допускается введение аббревиатур, часто используемых словосочетаний. Например, вместо слов "карьерное поле" (КП) можно после введения аббревиатуры (см. выше) далее писать КП.

Таблицы и рисунки, помещаемые в записку, нумеруются и им даются краткие названия по сущности содержания. Нумерация их последовательная по разделам: так, рисунок (таблица), размещенный в разделе 1 вторым, имеет номер 1.2, а размещенный в разделе 3 первым – номер 3.1 и т. д. Слово "таблица" и ее номер – в правой части над таблицей, название таблицы – второй строкой, по центру таблицы. Название рисунка – над ним, а номер – под ним в записи, например, "Рис. 1.2". Все графические материалы, помещаемые в записку, именуются как рисунки.

В тексте должны быть (хотя бы раз) ссылки на таблицы и рисунки.

При аналитических расчетах сначала записывается в символах зависимость, ставится знак равенства, в последовательности размещения символов подставляются их цифровые значения и после второго знака равенства записывается результат вычислений. Размерность последнего указывается в конце предложения, предшествующего расчетной формуле. Ниже формулы дается расшифровка входящих в нее параметров. Значения параметров обосновываются ранее, либо приводятся со ссылками на источник при расшифровке символов. Расчеты проводятся с точностью, принятой для данного показателя или параметра.

Записка брошюруется и должна иметь обложку. Лицевая обложка оформляется как титульный лист (прил. 3). Он считается первой страницей записки (но не нумеруется!). К записке прилагается оригинал задания на проектирование (с. 2). Текстовая часть предваряется отдельной страницей (с. 3) с содержанием (оглавлением) записки по типу прил. 2 и таблицей на одной (с. 5) или двух (с. 5 и 6) страницах основных технико-экономических показателей проекта (прил. 4). Нумерации подлежат все страницы записки, включая страницы с рисунками и другими возможными приложениями (кроме страниц с титульным листом и заданием на проектирование).

Титульный лист печатается на принтере.

Графическая часть представляется основными чертежами (с. 19) и схемами, графиками и другими рисунками, прилагаемыми к тексту (в случае необходимости).

Основные чертежи размещаются на листах формата А1. При необходимости для размещения крупномасштабного изображения (например, плана горных работ) допускается приложение к основному половины листа.

Изображения выполнять только в стандартных масштабах (1:5, 1:0, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10 000, 1:25 000).

Их построение – согласно стандартам и принятым нормам изображения элементов горных работ.

Графика вычерчивается в карандаше или в программной среде AutoCAD (по согласованию с руководителем проекта). Некоторые элементы выделяются другим цветом: оси железнодорожных путей – красным, проезжая часть автодорог – желтым, изолинии рельефа местности – коричневым, залежи – цветом согласно виду ископаемого и проч.

На всех чертежах обязательна размерная разметка. Размеры наносить с точностью, принятой для измерения данного параметра.

Основная надпись чертежа помещается в нижнем правом углу листа (а если чертеж размещается на 1½ или двух листах – в правом углу второго листа), оформляется в соответствии с ГОСТ 21.103-78 (прил. 5). Если на листе один главный чертеж, то его название и масштаб указываются только в "штампе". Если на листе равноценные изображения разного содержания, то названия указываются над чертежами, а масштабы – под названиями, и в этом случае в поле 8 штампа дается обобщающее название изображений и там же перечисляются все использованные на листе масштабы.

3. ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Большинство задач вскрытия карьера и развития горных работ взаимосвязано, что обусловливает их решение по "челночной" схеме: с опережением принимаются ориентировочные решения некоторых задач, на базе их решаются логически ближние задачи и после этого уточняются параметры решения задач "второго эшелона". В этой связи рекомендуется оформление расчетной и графической частей производить только после полностью выполненной вчерне всей работы.

Графические изображения и, в частности, планы горных работ строятся параллельно с расчетами.

Алгоритм действий при теме проекта "Вскрытие и система..." может быть следующим:

1. Обоснование приближенных значений устойчивых углов погашения бортов карьера.

2. Ориентировочные (в записке не фиксируются) решения по размерам дна карьера, длине и ширине карьерного поля на уровне поверхности, объемам карьера, вскрыши и полезного ископаемого в приближенных контурах, по сроку и годовым объемам горных работ.

При поэтапной разработке месторождения выделяются показатели первой очереди.

3. Компоновочные решения по размещению отвалов пород и некондиционного сырья, складов или перерабатывающих (дробильных, обогатительных) комплексов (окончательное решение).

4. Выбор структур механизации для добычных и вскрышных работ (окончательное решение).

При длительной (более 20 – 25 лет) или поэтапной разработке обязателен прогноз вида и параметров карьерного транспорта на период за пределами первых 12 – 15 лет работ или первой очереди разработки (разд. 4.6).

5. Обоснование высоты уступов: рабочих вскрышных и добычных, погашенных.

6. Обоснование (в том числе расчетным путем) ширины берм очистки, углов погашения уступов. Принятие окончательных значений устойчивых углов погашения бортов, ширины берм очистки, профиля бортов.

7. Обоснование вскрытия карьерного поля в конечных контурах (в границах I очереди):

– способ вскрытия и тип вскрывающих выработок;

– место размещения вскрывающих выработок в карьерном пространстве;

– расчеты параметров вскрывающих выработок (уклонов, ширины оснований и т. д.);

– принятие ориентировочных конструктивных углов погашения бортов;

– конструирование масштабной (1:5000) абрис-схемы вскрытия карьерного поля;

– конструирование плана карьера на конец разработки (1:2000, 1:1000).

8. Уточняющие расчеты конструктивных углов погашения бортов карьера; размеров карьерного поля; объемов карьера, вскрыши и эксплуатационных запасов полезного ископаемого; годовых расчетных объемов работ.

9. Обоснование системы разработки и ее параметров (кроме высоты уступов).

10. Технология подготовки новых горизонтов и параметры подготовительных выработок.

11. Решения по строительству карьера и конструирование карьера на год сдачи его в эксплуатацию. Определение объемов горно-строительных работ и других показателей карьера на это момент.

12. Выбор года, соответствующего моменту полного развития горных работ. Расчеты и обоснования на этот год:

– числа погашенных уступов;

– схемы вскрытия;

– потребного основного оборудования (экскаваторов, буровых станков;

– показателей системы разработки (рабочих забоев, минимальных фронтов работ и проч.);

– конструирование плана горных работ;

– определение по плану работ основных исполнительных показателей карьера (фактические фронты вскрышных и добычных работ, резервы готовой к разработке горной массы и т. д.).

13. Конструирование генплана карьера.

14. Экономические показатели проекта.

15. Сводные технико-экономические показатели.

16. Оформление графической и текстовой частей проекта.

При теме проекта "Дальнейшая разработка..." ("Поддержание мощности...") рекомендуется изложение проекта построить по следующей схеме:

1. Анализ существующего положения горных работ: глубина карьера, величина отработанных запасов, оставшиеся запасы полезного ископаемого, выполненные объемы вскрыши, оставшиеся объемы вскрыши в контурах карьера; сколько и какие именно уступы погашены или временно законсервированы, сколько и какие уступы находятся в работе; описание общей схемы вскрытия карьерного поля и вскрытия отдельных горизонтов, параметры вскрывающих выработок; направление и порядок развития горных работ, параметры и показатели системы разработки (высота рабочих уступов, ширина рабочих площадок, фронты работ и проч.); структура механизации (СМ); применяемое оборудование, сроки службы машин, их производительность и другие показатели СМ; параметры и организация буровых, взрывных, выемочных, транспортных, отвальных работ и других процессов; частные особенности разработки, выявленные при эксплуатации (например, в устойчивости бортов карьера, в мерах по снижению потерь и разубоживания, в работе оборудования и т. д.); общие технико-экономические показатели работы карьера за последние год – два.

Вычерчивание (воспроизводство) плана карьера на один из последних годов.

2. Доказательства целесообразности технического перевооружения горных работ и внедрения нового (какого?) оборудования.

3. Дальнейший порядок расчетов и обоснований аналогичен теме "Вскрытие и система ..." с существенной особенностью: должна быть обеспечена преемственность новых решений любой задачи с существующим положением горных работ. Например, дальнейшее вскрытие карьерного поля должно учитывать существующую схему вскрытия, контуры бортов отстраиваются с учетом конструкции уже погашенных участков, объемы работ устанавливаются на базе оставшихся запасов и объемов горной массы и т. д.

При теме проекта "Реконструкция ..." обязательными являются задача 1-й темы 2-й «Анализ существующего положения горных работ и обоснование преимуществ, направления (вида) реконструкции карьера и ее мотивов» (например, реконструкция вскрытия карьерного поля в связи с поэтапной разработкой карьера или реконструкция системы разработки с целью сокращения потерь и разубоживания угля и проч.)

Перечень других решаемых задач, как отмечалось ранее, устанавливается руководителем проекта и фиксируется в задании на его выполнение.

4. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

Ниже излагается содержание разделов темы проекта по основной теме 1 "Вскрытие и система..." и общих (кроме раздела 1) для двух других тем. В последнем случае производится некоторая корректировка содержания (по указанию руководителя).

4.1. Геолого-экологическая характеристика месторождения

Раздел базируется на данных реального объекта по месту прохождения студентом производственной практики и задания на курсовое проектирование. Включает только следующие сведения, необходимые и достаточные для решения технологических задач проекта.

Типы сырья и месторождения. Число и форма залежей. Их структура. Мощность, углы падения, длина залежей по простиранию, относительные размер и объем включений. Глубины залегания от поверхности и выклинивания залежей.

Геологические нарушения в массиве и место их расположения.

Содержание полезного компонента (ПК) в сырье и его разделение в недрах по простиранию залежей и глубине. Промышленное и бортовое содержание ПК.

Кондиции на полезное ископаемое (ПИ) по мощности залежей, по содержанию ПК или по другим признакам (обогатимости, зольности и проч.).

Разведанность месторождения (степень, распределение запасов по категориям, границы подсчета запасов).

Физико-механические и технологические свойства пород: их геологические разновидности, крепость, плотность, буримость, взрываемость, разрабатываемость, устойчивость. Трещиноватость массива.

Гидрогеологические условия разработки: степень обводненности, водопритоки, уровень подземных вод, влияние на устойчивость откосов и на разработку в целом и т. д.

Агрохимические свойства пород и почв. Их сельскохозяйственная и промышленная ценность.

Резюме по разделу: относительная оценка сложности разработки месторождения, возможные осложнения и особенности в горных работах, вызванные природными характеристиками объекта, возможность проектирования и разработки по степени разведанности запасов и по геолого-экологическим условиям.

4.2. Параметры карьерного поля

Глубина карьера. Этапы разработки месторождения по глубине или в плане (для горизонтальных и пологопадающих).

Углы устойчивости откосов уступов и бортов в покрывающих и вмещающих породах. Целесообразный устойчивый профиль бортов карьера.

Конструкция бортов карьера на конец разработки: высота и углы уступов, ширина берм очистки, ширина транспортных берм (из раздела 4.6), конструктивные углы откосов бортов.

Исполнительные углы погашения бортов карьера.

Конструкция временно нерабочих бортов (ВНБ) при поэтапной разработке месторождения: высота и углы откосов уступов, ширина берм погашения и шаг их размещения по глубине, угол откоса ВНБ.

Размеры карьерного поля (КП) в плане: ширина по дну и по поверхности, длина по простиранию на уровнях дна и поверхности. Размеры очередей разработки.

Объемы горной массы в границах КП и его частей. Геологические, балансовые и промышленные запасы. Ожидаемый уровень потерь ПИ в недрах и при добыче, уровень разубоживания (засорения), эксплуатационные запасы ПИ в КП, в том числе в границах I очереди разработки. Коэффициент извлечения руды (угля) из недр. Объем вскрыши, в том числе рыхлой. Средний коэффициент вскрыши в границах КП. Объемы некондиционного ПИ, биоагрессивных пород, подлежащих отдельному складированию.

4.3. Режим и объемы работ

Годовые объемы добычи ПИ и вскрышных работ (по разновидности пород). Ориентировочный срок работ в границах КП, в том числе I очереди разработки.

Календарный режим работы карьера, вскрышных и добычных работ в течение года, недели, суток, смены. Режим работы в течение суток и смены выемочного, бурового и другого оборудования.

Расчетные сменные объемы работ: вскрышных (с подразделением) и добычных, выемочно-погрузочных и буровзрывных.

4.4. Механизация горных работ

Структура механизации вскрышных и добычных работ: класс, подкласс, тип оборудования процессов, модели машин основных производственных процессов. Механизация вспомогательных процессов.

Сменная производительность оборудования основных процессов на добыче и вскрышных работах.

Рабочий и инвентарный парки оборудования на два расчетных момента: на год после сдачи карьера в эксплуатацию и на год, принятый как момент полного развития горных работ.

4.5. Система разработки

Обоснование системы разработки на периоды строительства и эксплуатации карьера. Ориентировка фронтов уступов, подвигания фронта и углубки карьера. Способ подготовки новых горизонтов, место размещения подготовительных выработок и порядок развития работ при подготовке горизонтов.

Общая организация вскрышных и добычных работ на уступах и в рабочей зоне в целом. Конструкция рабочей зоны.

Способ выемки ПИ и вскрыши.

Мероприятия по снижению уровня потерь и разубоживания (засорения) ПИ.

Обоснования главных параметров системы разработки: высоты рабочих уступов, углов их откоса, типа забоев и технологических параметров их разработки (высоты забоев, порядка выемки пород в забое по высоте и ширине забоя и т. д.), минимальная ширина рабочих площадок, резервов готовой к разработке горной массы, нормальной ширины рабочих площадок, параметров взрывных блоков (если ведутся буровзрывные работы), удельных фронтов горных работ, общих минимальных фронтов добычных и вскрышных работ.

Технологически максимальные подвигания фронта работ и углубки карьера. Проверка пропорциональности показателей развития, принятие скорости подвигания и углубки.

Описание системы работ на год полного развития (по одноименному плану горных работ): число погашенных уступов; рабочие горизонты с выделением добычных; горизонт, находящийся в подготовке; фактическая ширина рабочих площадок; число забоев; фронты работ; угол откоса рабочего борта; резервы вскрытых и готовых к разработке (выемке) запасов горной массы.

4.6. Вскрытие карьерного поля

Задачи вскрытия решаются на три момента: год сдачи карьера в эксплуатацию, полное развитие горных работ, погашение карьера в конечных границах.

Обоснованию и расчетам в первую очередь подлежит вскрытие на конец разработки, решения по вскрытию на два других вышеуказанных момента лишь описываются.

В обязательном порядке прогнозируются система транспорта за срок эксплуатации месторождения (сохраняется один вид транспорта или последовательно происходит замещение видов транспорта), примерные зоны и этапы использования видов по глубине карьера и в связи с этим – трансформация (если будут несколько видов транспорта) схем вскрытия. В глубоких карьерах можно ожидать, что строится карьер с одним видом транспорта, а отсюда соответствующая схема вскрытия, в период разработки средней по глубине зоны применяется другой вид, а на этапе разработки глубинной части карьера – третий (а может, четвертый) вид транспорта. Все изменения фиксируются в текстовой части проекта и учитываются при отстройке карьера в разные периоды.

Этапы разработки и вскрытия с прогнозом применяемых видов транспорта.

Выбор способа вскрытия КП на конец разработки. Места и направления ввода трасс в карьере, пространственное размещение вскрывающих вырабо-

ток в КП. Форма трасс вскрывающих выработок. Число траншей основных и вспомогательных с учетом пропускной и провозной способностей траншей.

Параметры вскрывающих выработок и элементов трасс: руководящий и принятый уклоны траншей, радиусы кривых, длина съездов, длина тупиковых площадок и площадок примыканий, ширина съездов и промежуточных площадок, глубина погружения внешних траншей и другие параметры последних и т. д.

Абрис-схема вскрытия КП. План карьера на конец разработки, его описание и расчет показателей вскрытия: места размещения площадок, петлевых разворотов и т. д.; глубина ввода трасс; коэффициент развития трасс; конструктивные углы погашения бортов карьера; необходимость в разносе отдельных участков бортов и объем разноса.

Описание вскрытия на момент полного развития работ (по одноименному чертежу): вскрытие нерабочей зоны, вскрытие рабочей зоны и отдельных горизонтов, размещение вскрывающих выработок, особенности организации движения и транспортного обслуживания забоев горизонтов, размещение перегрузочных пунктов и зона обслуживания ими, наиболее нагруженный элемент трассы и проверка пропускной и провозной способности элемента.

Описание вскрытия на год сдачи карьера в эксплуатацию (по приведенной выше схеме).

4.7. Подготовка новых горизонтов

Тип подготовительных выработок. Предпочтительное место их размещения. Параметры подготовительной выработки (котлована, разрезной траншеи) в расчете на параметры карьера в год полного развития работ или сдачи его в эксплуатации: ширина по дну, длина, объем. Объем работ по подготовке горизонта. Способ, механизация и организация подготовительно-проходческих работ. Длительность подготовки горизонта, максимальная скорость углубки карьера.

4.8. Горно-строительные работы

Пусковая мощность карьера по ПИ. Динамика ее наращивания во времени и срок развития. Объем добычи и вскрышных работ в году, следующем после года ввода в эксплуатацию.

Объекты, включаемые в состав горно-строительных работ, и их объемы. Состав и объем работ по подготовке территории, развитию инфраструктуры рудника.

Механизация горно-строительных работ, в том числе проходки траншей, и ожидаемый парк основного оборудования в первый год эксплуатации.

Принятые при строительстве параметры работ: ширина рабочих площадок на вскрышных и добычных уступах, длина выемочных блоков, резерв готовой к разработке (выемке) горной массы; размеры подготовительных вы-

работок, производительность основного оборудования, необходимые минимальные фронты вскрышных и добычных работ в конце года строительства.

Конструирование карьера на год сдачи его в эксплуатацию. Расчет параметров карьера, объема горно-строительных работ и его составляющих. Описание состояния горных работ на этот момент: место расположения пионерного карьера относительно залежей и проектных контуров карьера, нерабочие и рабочие уступы, фактически принятые фронты работ, расстановка оборудования в рабочей зоне, особенности развития работ в этот период и пр.

Длительность строительства карьера, в том числе производства горно-строительных работ.

4.9. Генплан карьера

Состав основных объектов, размещаемых в промзоне карьера (карьер, отвалы пород и некондиционного ПИ, промплощадка, подъездные коммуникации, обогатительная и дробильная фабрики и пр.).

Укрупненный расчет площадей основных промобъектов.

Природные и технические объекты в районе разработки (водоемы, лес, пашня, линии ЛЭП, магистральные автодороги, линии МПС и т. д.). Перечень объектов, подлежащих охране, и выделение охраняемых зон по сейсмическим, экологическим и другим обстоятельствам.

Энергоснабжение и теплоснабжение промобъектов (чем, как, откуда?).

Система транспортной связи с внешними сетями. Способ вывоза продукции.

Защита рудничных объектов от возможных форс-мажорных обстоятельств. Меры по защите территории от загрязнений горного производства.

Компоновка объектов рудника и краткое описание принятых решений.

Горный и земельный отводы: границы, площади.

4.10. Экономические показатели разработки

Прогнозные экономические показатели рассчитываются укрупненно, по методике, согласованной с руководителем проекта. Расчеты – в ценах базового года (например, 1984 г.) с пересчетом на год проектирования.

Определяются: себестоимость франко-карьер 1 т руды (угля), 1 м^3 вскрыши, 1 м^3 горной массы; себестоимость обогащения (если оно есть) 1 т ПИ; полная себестоимость 1 т продукции; удельные и общие инвестиции на горные работы и технологический комплекс; цена реализации товарной продукции; доходы при выходе карьера на номинальную мощность; прибыль и рентабельность предприятия.

Сводные технико-экономические показатели проекта (прил. 4) рекомендуется поместить в начале пояснительной записки (после титульного листа, задания на проектирование и содержания записки).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очень кратко (3 – 4 предложения) делается заключение об относительной экономичности производства работ, соответствии полученных показателей уровню лучших предприятий и мировой практике, дается заключение о целесообразности открытой разработки (реконструкции) карьера.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНОЙ ГРАФИКИ

(Тема 1 "Вскрытие и система...")

5.1. План карьера на конец разработки (при поэтапной разработке месторождения допускается по согласованию с руководителем проекта вычерчивание карьера на момент начала реконструкции карьера или условно погашенного карьера в границах I очереди).

Масштабы чертежа 1:2000, 1:1000. В исключительных случаях (горизонтальное, пологопадающее месторождение) 1:5000.

На чертеже показать: все погашенные уступы; внешние траншеи, внутренние съезды (основные и вспомогательные), тоннели и стволы (если есть); залежи ископаемого в границах выхода на горизонты; оси железнодорожных путей, автодороги, конвейеры, перегрузочные узлы; рельеф поверхности; отметки горизонтов; путевые знаки (только для железнодорожных съездов); углы откосов бортов в 1 – 2 сечениях; координатную сетку, соответствующую масштабу чертежа; линии природных разломов, сдвигов, сбросов массива в границах карьерного поля.

5.2. Сечения по бортам карьера (два – три). Масштаб 1:2000, 1:1000. Обязательны размеры всех элементов борта: высоты уступов, углов их откосов, ширины берм, устойчивых и конструктивных углов погашения борта. Показать отметки базовых горизонтов.

5.3. План горных работ на момент полного развития (момент задается руководителем проекта). Масштабы 1:2000, 1:1000 и как исключение, по согласованию с руководителем – 1:5000.

Отображается то же, что в 5.1, и дополнительно – границы карьерного поля по поверхности, выемочные забои (включая резервные), развалы пород после взрывов и буровые блоки (если есть БВР), все определенные расчетом выемочные машины и буровые станки, находящиеся в работе перегрузочные пункты, разрезные траншеи (котлованы), находящиеся в проходке временные съезды, в том числе по развалам пород.

Чертеж должен отображать систему развития работ и вскрытия рабочей и нерабочей зон, технологию выемочно-погрузочных и проходческих работ, организацию транспортного обслуживания забоев, конструкцию рабочей зоны и принятые принципы развития горных работ.

5.4. План горных работ на год сдачи карьера в эксплуатацию. Масштабы 1:2000, 1:1000.

Состав чертежа аналогичен чертежу 5.3.

5.5. Геологический разрез месторождения. Масштабы 1:5000, 1:2000, 1:1000.

Показать: породно-минеральные разновидности горной массы и границы их контактов; геологические нарушения в поле разреза; границы карьера на моменты погашения, полного развития горных работ и сдачи в эксплуатацию, а также контуры этапов при поочередной разработке месторождения; высотные отметки дна карьера.

5.6. Генеральный план карьера. Масштабы 1:10 000, 1:5000.

Показываются: планы залежей; границы карьерного поля и очередей разработки; зоны – санитарная, взрывоопасная, горного отвода; отвалы; поверхностные склады; промплощадка и технологический комплекс обогащения (дробления), если он вне промплощадки; внешние транспортные примыкания и поверхностные транспортные коммуникации; природоохранные зоны; рельеф поверхности и природные объекты (лес, луга, водоемы и пр.); роза ветров; границы земельного отвода под промзону; координатная сетка в условных координатах с шагом 100 мм в масштабе чертежа.

5.7. Конструкция добычных площадок минимальной и нормальной ширины (в разрезе). Масштабы 1:500, 1:250.

Указать размеры всех элементов рабочих площадок. Сделать привязку чертежа к плану горных работ (рис. 5.3).

5.8. Реконструкция внешних траншей или внутренних съездов (план и разрез). Масштабы 1:1000, 1:500.

Указать размеры всех элементов траншей, включая пункты примыкания к горизонтам, высотные отметки примыканий, углы откосов уступов и бортов.

5.9. По указанию руководителя на чертежах могут изображаться (дополнительно или взамен некоторых чертежей):

– схемы структур механизации вскрышных и добычных работ;

– масштабная схема, характеризующая систему вскрышных и добычных работ (как правило, при бестранспортной и транспортно-отвальной схемах);

– схема развития фронта работ на каком-либо горизонте;

– паспорта буровзрывных работ и порядок уборки развалов (например, при бестранспортно-взрывной со сбросом горной массы в выработанное пространство схеме вскрышных работ);

– график строительства карьера (линейно-кусочный или сетевой);

– график подготовки нового горизонта.

В темах проекта 2 и 3 вместо чертежа 5.4 выполняется чертеж "План карьера на текущий момент (фактическое положение горных работ на один из последних моментов)". Кроме того, могут представляться:

– схема расконсервации временно погашенного борта (ВПБ) карьера;

– график расконсервации ВПБ;

– график реконструкции карьера и пр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анистратов Ю. И. Технология открытой добычи руд редких и радиоактивных металлов: Учебник для вузов. М.: Недра, 1988. 430 с.

Арсентьев А. И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. М.: Недра, 1981.

Виницкий К. Е. Управление параметрами технологических процессов на открытых разработках. М.: Недра, 1984.

Временные методические указания по управлению устойчивости бортов карьеров цветной металлургии. М.: Унипромедь, 1989. 128 с.

Галустьян Э. Л. Геомеханика открытых горных работ. М.: Недра, 1992.

Гопаков П. И., Наумов И. Н. Технология, механизация и организация открытых горных работ. – М., МГИ, 1992. 464 с.

Единые правила безопасности при взрывных работах/Редкол. М.П.Васильчук и др. М.: НПО ОБТ, 1992. 238 с.

Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. 3-е изд., доп. и перераб. М.: НПО ОБТ, 1992. 109 с.

Научные основы проектирования карьеров/Под общ. ред. В. В. Ржевского, М. Г. Новожилова, Б. П. Юматова. М.: Недра, 1971. 598 с.

Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с открытым способом разработки. ВНТП 13-1-86. Л., 1986. 264 с.

Нормы технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с открытым способом разработки. ВНТП 35-86. Свердловск, 1986. 100 с.

Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых разрезов. М.: Минуглепром СССР, 1986. 56 с.

Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. СПб., ВНИМИ, 1998. 208 с.

Ржевский В. В. Открытые горные работы. Ч. 2. М.: Недра, 1985. 520 с.

Сорокин Л. А. Взаимодействие процессов: Учеб. пособие. Екатеринбург, УГГГА, 1996. 96 с.

Сорокин Л. А. и др. Вскрытие и система разработки месторождений открытым способом//Методические указания по курсовому проектированию. – Екатеринбург, УГГГА, 1997. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. М.: Недра, 1982. 406 с.

Сорокин Л. А. Технологические и методические основы проектирования вскрытия и системы разработки карьеров: Учеб.-метод. пособие. Екатеринбург, УГГГА, 2000.

Хохряков В. С. Проектирование карьеров. М.: Недра, 1992. 383 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Бланк задания

Уральский государственный горный университет
Кафедра РМОС

ЗАДАНИЕ
на курсовое проектирование по дисциплине
"Технология и комплексная механизация открытых горных работ"

Исполнитель проекта: студент группа
Руководитель проекта
Тема проекта:

Базовые условия

1. Параметры и характеристики месторождения:
число залежей ; угол падения залежей ; мощность залежи (продуктивной толщи) м; длина залежей по простиранию м; доля включений пород %; мощность покрывающих пород м; глубина выклинивания залежей м; степень разведанности запасов – принять по данным реального объекта; геологические и балансовые запасы – подлежат расчету; типы и геотехнологические свойства пород и массива – принять по данным реального объекта; гидрогеологические условия – принять по данным реального объекта.
2. Параметры карьерного поля: глубина м; размеры в плане – определить расчетом.
3. Очередность разработки –
4. Производственная мощность по
5. Способ выемки ископаемого –
6. Состав и размещение объектов рудника – подлежат обоснованию.
7. Характеристика поверхности карьера – принять по данным реального карьера.
8. Особые условия:

Задание выдано Руководитель проекта

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Содержание проекта (пример)

1. Технико-экономические показатели проекта…….. 4
2. Геолого-экологическая характеристика месторождения…….. 6
3. Параметры карьерного поля…… 9
4. Режим и объемы работ…… 12
5. Механизация горных работ…….. 14
6. Система разработки…….. 16
7. Вскрытие карьерного поля……... 18
8. Подготовка новых горизонтов…… 20
9. Горно-строительные работы……... 22
10. Генплан карьера……..… 25
11. Экономические показатели разработки……..……..…… 27
Список использованных источников…….. 30

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример титульного листа

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО
Уральский государственный горный университет
Кафедра РМОС

ВСКРЫТИЕ И СИСТЕМА ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ
ГРАНИТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА
КУРМАНСКОГО НА ЩЕБЕНЬ

Курсовой проект
по дисциплине "Технология открытых горных работ"
специальности 130403 – "Открытые горные работы"
направления подготовки 130400 – "Горное дело"

Пояснительная записка

Исполнитель:
студент гр. ОРМ-96-2 С. В. Старицын

Руководитель:
профессор, канд. техн. наук Л. А. Сорокин

Зав. кафедрой:
проф., доктор техн. наук Ю. И. Лель

Екатеринбург, 2005

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Технико-экономические показатели проекта

Общие по карьеру

1. Параметры карьерного поля на конец разработки/I очереди:
   - глубина, м
   - длина по простиранию, м
   - ширина, м
   - конструктивные углы погашения бортов, град.
2. Объемы (запасы) в контурах КП/I очереди:
   - эксплуатационные запасы руды (угля), тыс. т
   - вскрышных пород, тыс. $м^3$
3. Средний коэффициент вскрыши, $м^3$/т (т/т)
4. Производительность карьера годовая:
   - по добыче, тыс. т
   - по вскрыше, тыс. $м^3$
5. Срок существования карьера, лет
6. Механизация горных работ:
   - класс структуры механизации (СМ)
   - подкласс СМ
   - выемочные машины на добыче (модель и число)
   - на вскрыше (модель и число)
   - вид транспорта и модели транспортных машин
   - подготовка горной массы (способ, модели и число машин)
7. Площади, га:
   - земельного отвода
   - горного отвода
8. Себестоимость, руб.:
   - 1 т добытого ПИ
   - 1 $м^3$ вскрыши
   - 1 т продукции
9. Удельные инвестиции, руб./т:
   - горной массы франко-карьер
   - руды (угля) франко-карьер
   - товарной продукции
10. Рентабельность производства, %

Показатели на период строительства

11. Пусковая мощность карьера, тыс. т
12. Объем горно-строительных работ, тыс. $м^3$
13. Срок строительства карьера, лет

Показатели системы разработки и развития

14. Принятая система разработки (по классификации...)
15. Направления:
    - углубки карьера

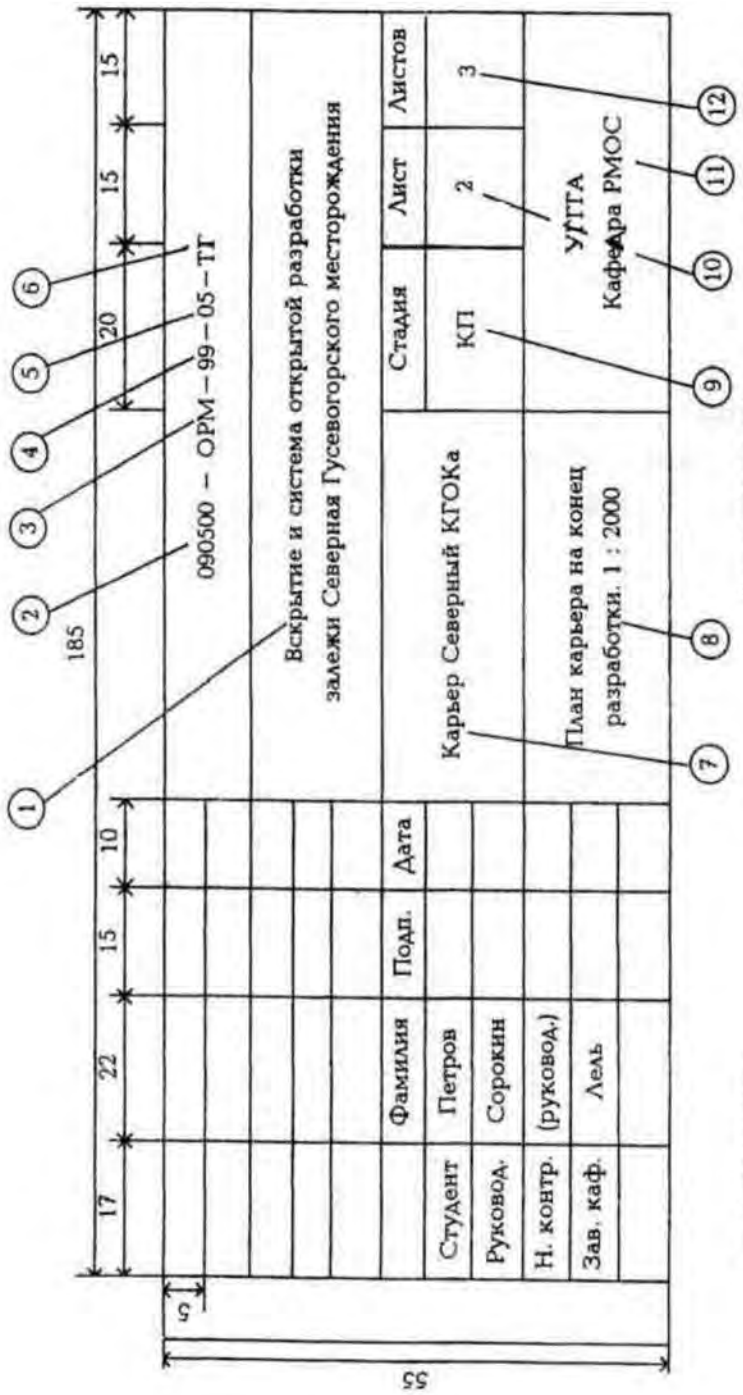
подвигания фронта работ
16. Высота рабочих уступов, м:
добычных
вскрышных
17. Ширина рабочих площадок, м:
технологически минимальных
нормальных (принятых)
18. Фронта горных работ, м:
удельные расчетные на 1 забой
общие в год сдачи карьера в эксплуатацию
общие в расчетный год эксплуатации,
в том числе активные
19. Показатели потерь:
общие при разработке, %
эксплуатационные, %
коэффициент извлечения
20. Показатель разубоживания ПИ, %
21. Скорости развития, м/год:
углубки карьера
подвигания фронта работ

Показатели КП и подготовки горизонтов

22. Способ вскрытия КП
23. Уклон вскрывающих выработок:
капитальных
скользящих
24. Число капитальных траншей
25. Объем работ по подготовке горизонтов, тыс. $м^3$
26. Длительность подготовки горизонта, мес.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Содержание углового штампа



1 — тема проекта
2 — шифр специальности
3 — шифр специализации
4 — год выпуска чертежа
5 — номер задания на проектирование
6 — шифр документации (технологическая, горная)
7 — предприятие
8 — содержание материала на листе и масшаб
9 — стадия разработки (курсовой проект)
10 — номер листа
11 — подразделение выпускающей организации
12 — число листов проекта

Примечание. Допускается компьютерное изготовление углового штампа.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Пример расчетов по проекту на тему "Вскрытие и система разработки меднорудного месторождения типа С"

Ниже излагается пример расчетов и обоснований проекта разработки указанного выше объекта. Задание на проектирование и содержание разделов не приводится, а все необходимые сведения даны в соответствующих разделах.

Читая текст примера, контролируйте ход рассуждений и действий с рекомендациями разделов программы проекта!

П.6.1. Технико-экономические показатели проекта

Общие показатели

1. Параметры карьерного поля по поверхности:	
глубина, м	240
длина по простиранию, м	1240
ширина вкрест простирания, м	810
конструктивные углы погашения бортов, град	34-37
2. Эксплуатационные запасы руды, тыс. т	30 347
3. Объем вскрыши в контурах карьера, млн $м^3$	72 584,7
4. Средний коэффициент вскрыши, $м^3$/т ($м^3$/$м^3$)	2,39(10)
5. Мощность карьера годовая:	
по сырой руде, тыс. т	1000,0
по вскрыше, тыс. $м^3$	3333,4
по горной массе, тыс. $м^3$ (тыс. т)	2580 (9356)
6. Срок работ, лет	31
7. Механизация горных работ:	
класс СМ для руды (вскрыши)	3В(4В)
выемочные машины	ЭКГ-5А (4 ед.)
буровые станки	5СБШ-200-36 (3 ед.)
транспорт внутрикарьерный	Авто (БелАЗ-7523)
8. Площади, га:	
земельного отвода	320
горного отвода	96
9. Себестоимость, руб.:	
1 т добытой руды	162,81
1 $м^3$ вскрыши	43,5
1 т товарной продукции	3124,4
10. Удельные инвестиции, руб./т:	
горной массы, франко-карьер	43,65
руды, франко-карьер	407,55
концентрата (товарной продукции)	10 160,6
11. Рентабельность производства, %	27,6

Показатели на период строительства

12. Пусковая мощность, тыс. т	1000,0
13. Объем горно-строительных работ, тыс. м^3	15 122
14. Срок строительства карьера, лет	3

Показатели системы разработки

15. Принятая система разработки (по классификации В. В. Ржевского):	
углубочная,	
кольцевая,	
центральная	
16. Направление углубки карьера	По центру залежи
17. Высота рабочих уступов, м:	
добычных	7,5
вскрышных	10 и 15
18. Ширина рабочих площадок, м:	
технологически минимальных	56,3
нормальных	Более 69,1
19. Фронта горных работ, м:	
удельные расчетные на 1 забой	400-500
общие в расчетный год,	2600
в том числе активные	2600
20. Показатели потерь (разубоживания) руды, %:	
общие при разработке	6,5(7,5)
эксплуатационные	3(7,5)
извлечение руды из недр	93,5
21. Скорости развития, м/год:	
углубки принятая	7,3
углубки допускаемая (по фактору подготовки горизонта	13,6
подвигания фронта работ	64,0

Показатели вскрытия КП и подготовки горизонтов

22. Способ вскрытия на конец разработки:	
комбинированное	
внешней и внутренней	
спиральной формы	
траншеями	
23. Уклоны вскрывающих выработок, ‰ :	
капитальных	80
скользящих	80
24. Число капитальных траншей	1
25. Объем подготовительных работ, тыс. м^3	800,7
26. Длительность подготовки горизонта, мес.	8,0

П.6.2. Геолого-экологическая характеристика месторождения

Меднорудное месторождение типа С представлено залежью сложной линзообразной формы, крутого падения и простирающейся с юго-запада на северо-восток (рис. П.6.2.1)*.

Оно приурочено к субвулканическому телу, сложенному липаритовыми и липарит-дацитовыми породами, шириной до 1,5 км и длиной до 2 км. По-

этому рудная зона представлена комплексом гидротермально измененных субвулканических пород: порфирами, ультрабазитами, а также медными, медно-цинковыми и цинковыми рудами (в верхней части массивными, в нижней – прожилково-вкрапленными).

Мощность рудного тела – наименьшая в южной части и возрастает к северу, колеблясь от 22 до 180 м. Углы падения залежи от вертикальных до 35 – 40°. Длина залежи по простиранию – 650 м в верхней части и 530 м в нижней (отм. –140 м).

Она выклинивается на глубине 450 – 500 м.

Залежь прикрыта наносами из глинистых и суглинистых пород (0,5 – 1,0 м) и дезинтегрированными выщелоченными сильно разрушенными породами (29 – 31 м). Средняя мощность слоя покрывающих пород 30 м.

Покрывающие породы относятся к классу мягких, вмещающие и руды – скальных, крепких, подлежащих рыхлению перед выемкой. Крепость их по шкале проф. М. М. Протодьяконова f = 10÷14, показатели буримости $П_б$ = 14÷16 и взрываемости $П_в$ = 15÷17 (по классификации В. В. Ржевского). Плотность наносов ($\gamma_н$ = 1,8 т/м^3, вмещающих пород ($\gamma_в$ = 2,75 т/м^3, руд $\gamma_р$ = 4,2 т/м^3). Сцепление в образцах пород наносов С = 1,2 МПа, вмещающих $C_о$ = 28÷30 МПа. Углы внутреннего трения, соответственно, ($\rho_о$ = 26° и $\rho_о$ = 38°).

Массив слабо нарушен тектоническими явлениями. Опасных, осложняющих разработку, нарушений нет. Трещиноватость массива в среднем IV класса. Выделяются субтрещины простирания с юго-запада на северо-восток с падением на запад под углом 65 – 70°. Обводненность его слабая, предварительного осушения месторождения перед разработкой не требуется, влияние на устойчивость откосов обводненность существенно не оказывает.

Общая устойчивость пород наносов удовлетворительная, а вмещающих - хорошая.

Залежь разведана до глубины 320 м. Запасы по категориям: А – 12 %, В – 34 %, $С_1$ – 50%, $С_2$ – 4 %.

Месторождение разрабатывается на медь и цинк. Содержание меди в руде до 5,2 % (в среднем 2,7 %), содержание цинка до 4,7 % (в среднем 1,5 %). Распределение Cu и Zn в блоках неравномерное, и разработка требует селективной выемки и усреднения добытого сырья.

---

* Рис. П. 6.2.1, П. 6.6.1, П. 6.7.1, П. 6.9.1 выполнены бакалавром М. Н. Чернецовым

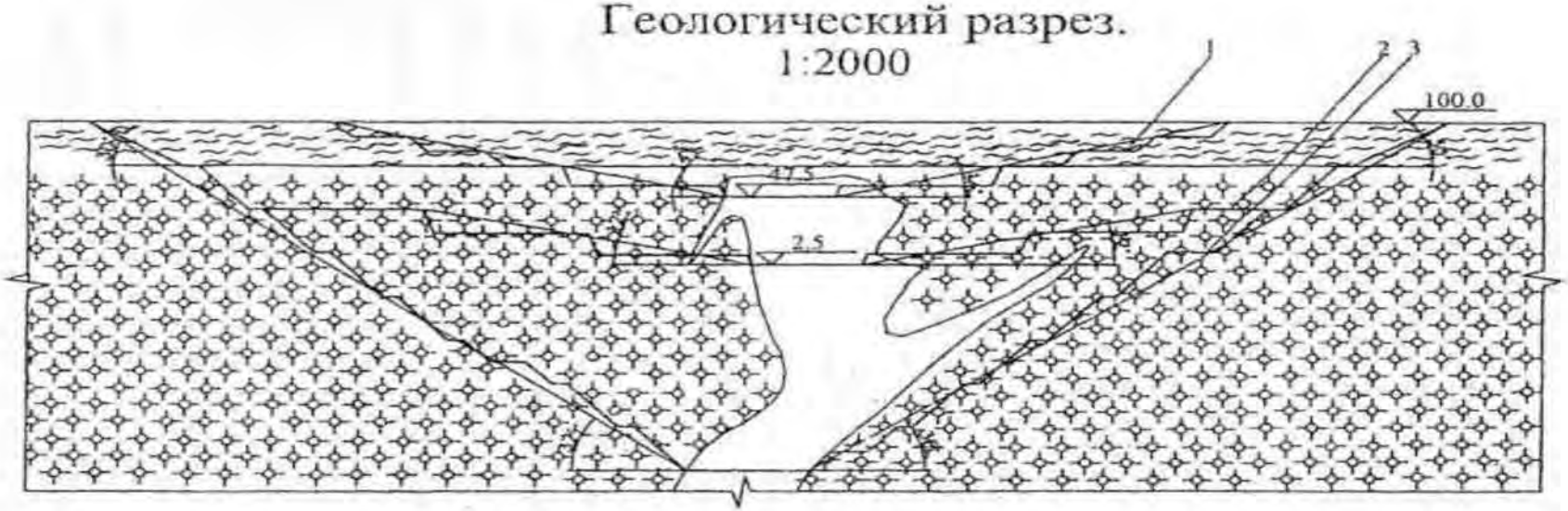


Рис. 6.2.1. Геологический разрез



Рис. 6.3.1. Сечения по бортам карьера

Все разновидности руд биологически агрессивны, поэтому отвалы некондиционных руд должны оборудоваться на площадках, оборудованных защитой от проникновения водостоков с поверхностей отвалов и складов в почву.

Растительный слой (0,4 – 0,6 м) пригоден для использования в сельскохозяйственных целях, а кварцевые порфиры – для получения щебня марок 800 – 1000.

Рельеф поверхности относительно спокоен, в границах промзоны перепад высотных отметок в пределах 8 – 10 м.

По строению месторождение относится ко второй группе сложности, и условия для разработки весьма благоприятны.

Разработка месторождения открытым способом возможна: степень его разведанности достаточна (допускаемый объем запасов по категории В > 20 %); залежь относительно крупная для месторождений руд цветных металлов; мощность наносов сравнительно невелика; гидрологические условия благоприятны; содержание полезных компонентов в рудах весьма высокое; спрос на продукцию неограничен.

П.6.3. Параметры карьерного поля

Согласно заданию на проектирование, перспективная глубина карьера 240 м (отм. дна –140 м). Карьер, учитывая незначительную глубину, разрабатывается без выделения очередей.

Погашенные борта будут иметь выпуклую форму: в пределах разрушенных пород углы откоса его ниже, чем по коренным породам.

В соответствии с типом пород устойчивые углы откосов погашаемых уступов прогнозно приняты [10]: в разрушенных породах 35 – 40°, в коренных для одиночных уступов 70 – 75° и сдвоенных 65 – 70° (с восточного борта обязательно не выше 70°).

Рабочие уступы верхней части страиваются и, таким образом, борт в ее пределах представлен единым откосом с устойчивым углом, как отмечено выше, не более 35 – 40°.

Устойчивый угол борта в нижней части рассчитан методом предельного равновесия. Массив квазиоднороден, IV категории трещиноватости (размер отдельности l т (1,5 м), высота участка борта $H_б$ = 210 м и тогда:

сцепление в массиве

$$C_м = \frac{C_о - C'}{1 + a' \ln \frac{H_б}{l_т}} + C' = \frac{29 - 1}{1 + 7 \ln \frac{210}{1,5}} = 1,8 \text{ МПа}; \qquad (П.6.3.1)$$

расчетное сцепление в массиве

$$C_р = \frac{C_м}{n} = \frac{1,8}{1,5} = 1200 \text{ кПа}; \qquad (П.6.3.2)$$

расчетный угол внутреннего трения

$$\varphi_{\text{р}} = \text{arctg}\frac{\text{tg}\varphi}{n} = \text{arctg}\frac{\text{tg}38^{\circ}}{1{,}5} = 27^{\text{o}}; \qquad \text{(П.6.3.3)}$$

глубина трещины отрыва

$$H_{90} = \frac{2C_{\text{р}}}{\gamma_{\text{д}}} = \text{ctg}\left(45^{\circ} - \frac{\varphi_{\text{р}}}{2}\right) = \left(\frac{2 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{3}}{2{,}75 \cdot 9{,}81}\right)\text{ctg}\left(45^{\circ} - \frac{27^{\circ}}{2}\right) = 53{,}5 \text{ м}; \qquad \text{(П.6.3.4)}$$

коэффициент высоты

$$H' = \frac{H_{\text{б}}}{H_{90}} = \frac{210}{53{,}5} = 3{,}9. \qquad \text{(П.6.3.5)}$$

В формулах: C’ – сцепление по контактам микроблоков пород. В малотрещиноватых породах C’= 0,5÷1,0 МПа, принимаем C’ = 1,0 МПа [12]; a’ – коэффициент, для прочных пород a’ = 7÷10, принято a’ = 7; n – коэффициент запаса, на стадии проектирования рекомендуется n = 1,5.

Для H’ = 3,9 при $\varphi_{\text{р}}$ = 27° устойчивый угол откоса борта по графику Г. Л. Фисенко [12] $\beta_{\text{у}}$ = 55°.

На конец разработки в верхней части уступы страиваются, в коренных породах – сдваиваются и, таким образом, высота погашенных уступов $h_{\text{п}}$ = 30 м. Принимаем к расчету углы их откосов, учитывая факторы устойчивости и технологию консервации, соответственно, $\alpha_{\text{п}}$ = 35° и $\alpha_{\text{п}}$ = 60°.

Минимальная ширина берм очистки по условиям сработки их осыпью (расчетный срок службы Т > 30 лет) и задержания падающих кусков составляет в верхней части 7,9–9,0 в нижней – 2,5–3,0 м; по условию сработки берм при обрушении нижележащего уступа –10–12,5 м [15], а по условию механизированной очистки берм (например, бульдозерами) – не менее 7–8 м. Принимаем окончательно ширину берм очистки $b_{\text{о}}$ = 12,5 м.

Ширина транспортных берм согласно расчетам (раздел п. 6.7) $b_{\text{тр}}$ = 25,4 м.

Конструктивные углы погашения бортов, вычисленные после отстройки карьера на конец разработки по зависимости

$$\beta_{\text{к}} = \text{arctg}\, H_{\text{к}} / (\Sigma b_{\text{о}} + \Sigma b_{\text{тр}} + \Sigma h_{\text{п}}\, \text{ctg}\, \alpha_{\text{п}} \qquad \text{(П.6.3.6)}$$

составляют: по западному борту – 35°, восточному – 37°, южному – 37°, северному – 34° (рис. П.6.3.1). Указанные значения углов ниже устойчивых $\beta_{\text{у}}$ = 55°) и приняты как исполнительные.

Размеры карьерного поля (КП) по дну приняты по контурам залежи на гор. –140 м и составляют: ширина от 32 до 180 м, длина – 520 м.

Размеры КП поверху вычислены по зависимости:

$$B_в\ (L_в) = \beta_д(L_д) + H_к\ \text{ctg}\ \beta_к, \qquad (П.6.3.7)$$

где $B_в\ (L_в)$ – ширина (длина) КП поверху; $B_у\ (L_у)$ – ширина (длина) КП "по дну"; $\beta_к$ – угол погашения борта в сечении "к".

Согласно расчетам КП имеет ширину до 810 м и длину 1240 м.

Объемы горной массы, вскрыши и геологические запасы руды определены способом горизонтальных сечений: вычерчены погоризонтные планы на уровне отметок 100 (поверхность), 70, 10, –50, –110 и –140 м, где показаны залежь и контуры уступа в погашенном состоянии (рис. П.6.3.2); определены для каждого плана площади S зон руды и горной массы; объемы (раздельно по руде и горной массе) определены по зависимости:

$$V = 0{,}5\ (S_{100} + S_{70})\overset{100}{\underset{70}{h}} + 0{,}5\ (S_{70} + S_{10})\overset{100}{\underset{10}{h}} + \ldots + 0{,}5\ (S_{-110} + S_{-140})\overset{-110}{\underset{-140}{h}}, \qquad (П.\ 6.3.8)$$

где S_{100}, S_{70} ... – площади зон руды (горной массы) по горизонтам 100 м, 70 м и т. д.;

100 м, 70 м и т. д. – высота слоя между горизонтами, м.

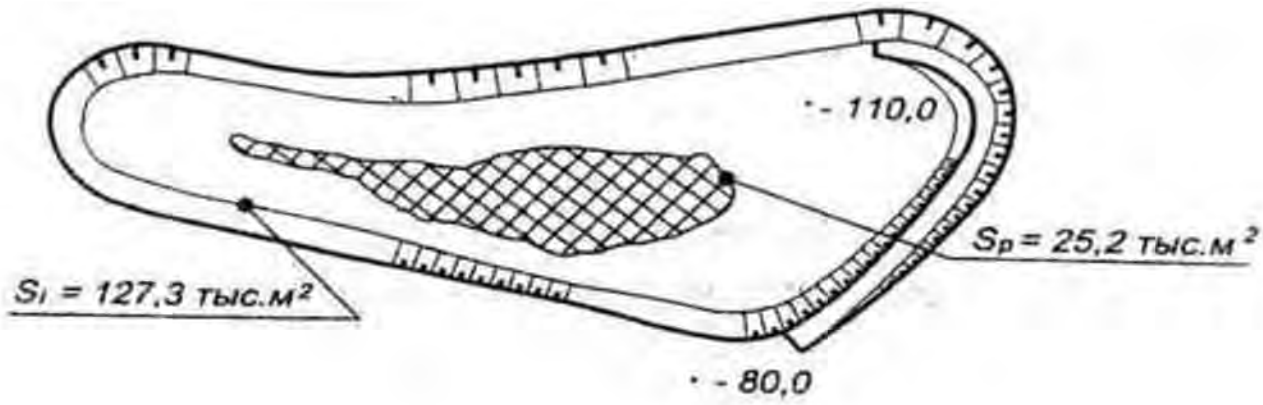


Рис. 6.3.2. План горизонта –110 м

Результаты расчетов приведены в табл. П.6.3.1.

Таблица П.6.3.1

Данные к расчету объема карьера

Горизонт, м	Высота слоя	Площади зон, тыс. м^2		Объемы в слое, тыс. м^3	
		руды	итого	руды	итого
100	30	0	724,2		
70		38,1	543,8	0	1920*
10	60	34,6	387,5	2334	27942
-50	60	25,2	248,6	2226	19083
-110	60	30,3	127,3	1794	11250
-140	30		32,4	834	2396
Всего:	240	167,9	2063,8	7188	79691

* 1. Объем дан без объема внешней траншеи.

2. Объем карьера в случае компьютерной отстройки плана карьера в системе AutoCAD может быть определен автоматически без разделения на слои

Вместе с внешней траншеей, объем которой 378 тыс. м^3 (раздел 6), объем карьера 79691 + 378 = 80 069 тыс. м^3, в том числе геологические запасы руды в контурах карьера $Z_г$ = 7188 тыс. м^3 (7188×4,2 = 30 189,6 тыс. т).

К забалансовым отнесены руды с содержанием Cu менее 0,5 % и Zn менее 0,4 %, а также участки с мощностью рудного тела менее 1,0 м. Ориентировочно (по данным геологоразведки) запасы этой категории составляют по месторождению около 3,6 %, и, таким образом, забалансовые запасы $Z_{зб} \approx \approx 0{,}036 Z_г \approx 0{,}036 \cdot 30189{,}6 = 1086{,}8$ тыс. т. Балансовые запасы $Z_{бал}$ = 30189,6 – 1086,8 = 29102,8 тыс. т. Поскольку они находятся в контуре разработки, промышленные запасы $Z_п = Z_{бал}$ = 29102,8 тыс. т.

Для линзообразных невыдержанных, сложноструктурных тел с мощностью 20–150 м при высоте уступа 10 м уровень эксплуатационных потерь (и разубоживания (при их соотношении 1:1 в среднем составляет 6,2–5,0 % [15, 16]. Полагая, что высота добычного уступа в рудной зоне 7,5 м, ожидаемые $\eta(\rho) \approx 0{,}9(6{,}2–5{,}0) = 5{,}6–4{,}5$ %. Для медно-цинковых месторождений обычно оптимальное соотношение $\eta:\rho = 1:(2 \ldots 3)$. Тогда, приняв в среднем нормативное $\eta(\rho)$ = 5,2 % и оптимальное $\eta:\rho$ = 1:2,5, для расчетов принимаем $\eta \approx 3$ % и $\rho \approx 7{,}5$ %.

Эксплуатационные запасы руды

$$Z_э = Z_п(1 – \eta)(1 + \rho) = 29102{,}8(1 – 0{,}03)(1 + 0{,}075) = 30347 \text{ тыс. т}$$

или $$\frac{30347}{4{,}2} = 7225{,}5 \text{ тыс. м}^3.$$

Всего будет потеряно, таким образом, 1086,8 + 29 102,8·0,03 = 1959,9 тыс.т. Коэффициент общих потерь руды $\eta_o = \frac{1959{,}9}{30189{,}6} = 0{,}065$, а извлечения 1–0,065 = = 0,935. Это значение следует признать достаточно высоким.

Таким образом, объем карьера 80069 тыс. м^3, забалансовые запасы $\frac{1086,8}{4,2}$ = = 258,8 тыс. м^3 (подлежат отдельной выемке и хранению), эксплуатационные запасы $Z_э$ = 7225,5 тыс. м^3, всего забалансовых и эксплуатационных запасов руды 258,8 + 7225,5 = 7484,3 тыс. м^3, вскрыши $\underline{V}_в$ = 80069 – 7484,3 = 72 584,7 тыс. м^3. Из них мягкой вскрыши 378 + 19 020 = 19398 тыс. м^3 (объем внешней траншеи и слой между поверхностью и гор. 70 м), скальной 72584,7 – – 19398 = 53186,7 тыс. м^3.

Средний коэффициент вскрыши

$$K_{ср} = \frac{V_в}{Z_э} = \frac{72584,7}{7225,5} = 10,0 \text{ м}^3/\text{м}^3, \left(\frac{72584,7}{7225,5} = 2,39 \text{ м}^3/\text{т} \right).$$

П.6.4. Режим и объемы работ

Товарной продукцией для карьера является кондиционная руда, а всего рудника – концентрат. Руда складируется на специальном складе и в дальнейшем отгружается для дробления, измельчения и обогащения на ДОФ, размещенную в 12,5 км от карьера.

Переработка скальной массы на щебень к моменту проектирования не планируется.

Согласно заданию, годовой объем добычи кондиционной руды $Д$ = 1000 тыс. т (238,1 тыс. м^3), некондиционной массы $\frac{258,8}{7225,5} \cdot 1000$ = = 35,8 тыс. т (8,5 тыс. м^3), итого рудной массы $V_{рм}$ = 1000 + 35,8 = 1035,8 тыс. т (246,6 тыс. м^3). Среднегодовой расчетный объем вскрышных работ $V_в = K_{ср} Д K_{нер}$ = 10·238,1·1,4 = 3333,4 тыс. м^3 (где $K_{нер}$ – коэффициент неравномерности годовых объемов, принят 1,4). Из указанного объема скальной вскрыши ориентировочно $\frac{53186,7}{72584,7} \cdot$ 100 % = 73,3 % или 2442,3 тыс. м^3, мягкой 3333,4 – –2442,3= 891,1 тыс. м^3. Общий годовой объем горной массы $V_{г.м}$ = 3333,4 + + 246,6 = 3580 тыс. м^3 или 891,1·1,8 + 2442,3·2,75 + 1035,8 = 9356 тыс. т.

Срок работы $T_р$ предприятия

$$T_р = T_{стр} + T_э + T_{зат}, \qquad (П.6.4.1)$$

где $T_{стр}$, $T_э$, $T_{зат}$ – соответственно, длительность горно-строительных работ, работы с номинальной производительностью и затухания горных работ.

Согласно разделу 9 срок развития мощности в период строительства $T_{стр}$ = 1,5 года. Принимаем $T_{зат} \approx T_{стр}$ = 3 года. За эти 2 периода будет добыто руды ориентировочно $P_{стр} + P_{зат} \approx$ 1100 + 1100 = 2200 тыс. т, а за

период эксплуатации 30347 – 2200 = 28127 тыс. т. Длительность $T_э = \frac{28127}{1000} = 28$ лет. Отсюда расчетный срок работ $T_р = 3{,}0 + 28 + 1{,}5 \approx 33$ года.

Учитывая средние по масштабу объемы работ (до 4 млн м^3 в год), принимается режим работы карьера (вкрышных и добычных работ) 6 дней в неделю, 300 дней в году (за вычетом 52 воскресных дней, 8–10 общегосударственных выходных, 3–5 дней простоев по погодным условиям). Выемка – транспортирование в 3 смены по 8 часов в сутки, буровые работы – в 2 смены по 8 часов, взрывание – в дневную смену. Таким образом, число рабочих смен в году экскаваторного участка 300×3 = 900, бурового – 300×2 = 600.

Расчетный сменный объем работ при коэффициенте неравномерности сменных объемов 1,2:

выемочных $V_{р.в} = \frac{3333{,}4 + 246{,}6}{900} \cdot 1{,}2 = 4{,}77$ тыс. м^3,

в том числе по скальной массе $\frac{244{,}3 + 246{,}6}{900} \cdot 1{,}2 = 3{,}59$ тыс. м^3,

мягкой 1,18 тыс. м^3;

буровзрывных $\frac{2442{,}3 + 246{,}6}{600} \cdot 1{,}2 = 5{,}37$ тыс. м^3.

П.6.5. Механизация горных работ

Поскольку месторождение крутопадающее, и в соответствии с физико-механическими свойствами горной массы принимаем для разработки: руды – структуру механизации (СМ) III класса с буровзрывной подготовкой, скальной вскрыши – СМ IV класса с той же подготовкой, рыхлой вскрыши – СМ IV класса без подготовки горной массы перед выемкой (по классификации Л. А. Сорокина [14]).

В соответствии с принципами комплексности, масштабами работ, свойствами горной массы на выемке ее принимаем однотипное для всех вскрышных и добычных работ оборудование: экскаваторы ЭКГ-5А с емкостью ковша 5 м^3, буровые станки 5СБШ-200-36. В соответствии с параметрами карьерного поля, условиями залегания месторождения и другими факторами, на вывозке горной массы принят автотранспорт автосамосвалами БелАЗ-7523 грузоподъемностью 42 т.

Зарядка скважин ВВ (взрывание – порэмитом) зарядными машинами МЗВ-8, забойка – агрегатами ЗС-2М, для вспомогательных, дорожных, планировочных и прочих работ предусматриваются бульдозеры Д-572.

Сменные производительности экскаваторов и станков принимаем [11]: нормативная сменная производительность ЭКГ-5А по мягким породам 2400 м^3, по скальной массе 1500 м^3. В рудной зоне, учитывая селективность выемки, производительность экскаватора снижается на 10-15 %. Но, учитывая, что

объем работ в зоне равен примерно 10 % от объема по скальной массе, данный фактор при расчете экскаваторов не учитываем.

Производительность бурового станка в породах крепостью f = 10÷14 – 70 м/смену. Предполагая, что в породах месторождения рационально многорядное (4–6-рядное) взрывание с сеткой скважин (6×6)...(7×7), можно ожидать, что выход горной массы с 1 м длины скважин составит $q_{г.м}$ =35÷42 м^3. Приняв q = 40 м^3/м, получим сменную производительность станка по взорванной массе 70·40 = 2800 м^3.

Для условий Среднего Урала число рабочих машино-смен списочной единицы парка составит [11]: экскаваторов 675–680 (принимаем 675), буровых станков 420–430 (принимаем 425).

Годовая производительность:

экскаватора по мягким породам 2400·675 = 1620 тыс. м^3;

экскаваторов по скальной массе 1500·675 = 1012 тыс. м^3;

буровых станков 70·425 = 29,75 тыс. м или 2800 (425 = 190 тыс. м^3).

На период эксплуатации парк экскаваторов для выполнения программы выемки мягких пород $\frac{891{,}1}{1620}$ = 0,55 ед., для выемки скальной массы $\frac{2442{,}3+246{,}6}{1012}$ = 2,65 ед., итого 3,2 ед., принимаем 4 экскаватора.

Списочный парк буровых станков $\frac{2442{,}3+246{,}6}{1190}$ = 2,26 ед., принимаем 3 единицы.

Таким образом, средняя фактическая производительность списочного экскаватора составит $\frac{3333{,}4+246{,}6}{4}$ = 895 тыс. м^3 в год, а бурового станка $\frac{2442{,}3+246{,}6}{3}$ = 896,3 тыс. м^3 в год. Указанные цифры свидетельствуют о гармоничном соответствии мощностей бурового и выемочного оборудования и достаточном резерве мощностей.

Поскольку карьер сдается в эксплуатацию на 100 % мощности, рассчитанный парк принят и на год окончания горно-строительных работ.

П.6.6. Система разработки

В соответствии с типом месторождения для всех периодов его разработки принимается углубочная продольно-поперечная (кольцевая) центральная система разработки (по классификации В. В. Ржевского).

Фронты уступов ориентированы в основном по простиранию залежи с юго-запада на северо-восток. Углубка – по залежи. Горизонты готовятся укороченными разрезными траншеями, закладываемыми по лежачему или висячему бокам залежи. Фронты горных работ подвигаются вкрест простирания

залежи в обе стороны, а также к южному и северному торцам карьера (рис. П.6.6.1).

В работе, согласно наличию 4 экскаваторов, поддерживается 3–4 уступа, на каждом из них – по одному забою. Рабочая зона сплошная.

Вскрыша вынимается валовым способом, выемка в добычной зоне селективная.

С целью снижения потерь и разубоживания руды высота уступов в рудной зоне принята 7,5 м. Высота уступов по вмещающим породам, предварительно взрываемым, при разборке развалов экскаваторами ЭКГ-5А и многорядном взрывании может достигать 12–15 [14, 15]. При верхнем пределе, учитывая, что породы трудновзрываемые, массивы крупноблочные (IV категории трещиноватости), предпочтительна послойная разборка развалов. С учетом высоты уступов на добыче принимаем во внешней зоне 15-метровые уступы и, таким образом, выходя из рудной зоны, уступы сдваиваются. Высота уступов по покрывающим породам, экскавируемым без взрывной подготовки, согласно п. 31 ЕПБ [7] не должна превышать высоту черпания $H_{ч\ max}$ экскаватора (у ЭКГ-5 $H_{ч\ max} = 10{,}4$ м).

Углы откосов рабочих уступов в мягких породах 45-50°, в скальном массиве 70–75° [10].

Экскаваторные заходки – продольные, забои – торцовые.

Технически минимальная ширина рабочих площадок согласно рекомендациям Гипроруды [11]: при высоте уступов $h_у = 10$ м и мягких породах $B_{min} = 2h_у = 2 \cdot 10 = 20$ м, при $h_у = 15$ м и скальных породах $B_{min} = 2h_у = 2 \cdot 15 = 30$ м. Расчетное значение B_{min} принято при следующих предположениях.

Для 10-метровых уступов – заходки шириной $1{,}2R_{чер} = 1{,}2 \cdot 9{,}04 = 10{,}9$ м (где $R_{ч.у}$ – радиус черпания ЭКГ-5А на уровне стояния); движение автомашин по уступу – сквозное. Согласно рис. п. 6.6.2, $B_{min} = 10{,}8 + 1{,}0 + 6{,}5 + 2 + 1{,}7 =$ $= 22$ м.

Для 15-метровых уступов в скальных породах – короткозамедленное $\beta = 25$ мс) взрывание, 4-рядное ($n_р = 4$), сетка вертикальных скважин 6,5×6,5 м, удельный расход ВВ $q_{ВВ} = 0{,}7$ кг/м^3 [14], и тогда прогнозная ширина развала пород (м)

$$B_р \approx k_в k_\tau k_\beta h_у \sqrt{q_{ВВ}} + (n_р - 1) b_с \approx 2{,}2 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}0 \cdot 15 + \sqrt{0{,}7} + (4-1)\ 6{,}5 = 44{,}3, \quad (П.6.6.1)$$

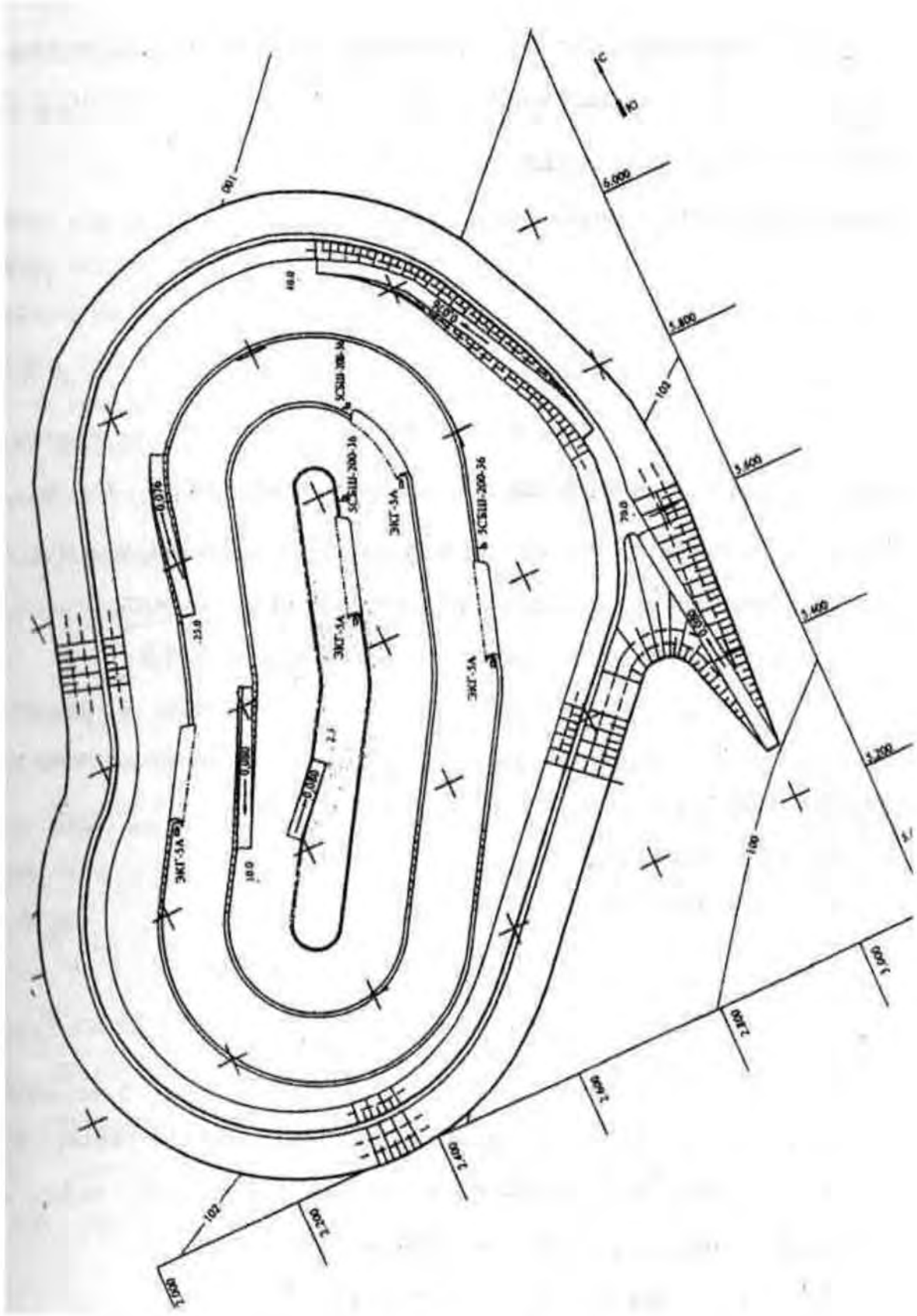


Рис. П.6.6.1. План горных работ. 13-й год работы

где $k_в$ k_τ k_β – коэффициенты, соответственно, отброса породы при взрывании, учитывающие степень замедления (τ = 25 мс), угол наклона (τ = 90°) скважин; $b_с$ – расстояние между рядами скважин, 6,5 м.

Минимальная ширина рабочей площадки (рис. П.6.6.2)

$$B_{min} = 44{,}3 + 1{,}0 + 6{,}5 + 2{,}0 + 2{,}5 = 56{,}3 \text{ м}.$$

При минимально-нормативных резервах готовой к разработке (выемке) горной массы на 2,5 месяца работы карьера они должны поддерживаться в пределах:

во вскрышной зоне

$$P_в = \frac{V_в}{12} \cdot 2{,}5 \frac{3333{,}4}{12} \cdot 2{,}5 = 695 \text{ тыс. м}^3; \qquad (П.6.6.2)$$

в добычной зоне

$$P_д = \frac{V_{р.м}}{12} \cdot 2{,}5 = \frac{246{,}6}{12} \cdot 2{,}5 = 51 \text{ тыс. м}^3.$$

На 14 год эксплуатации (см. рис. П.6.6.1) в работе 2 вскрышных по 15 м уступа и 1 добычный 7,5-метровый. Активный фронт вскрышных работ $Ф_в$ = 1800 м, добычных $Ф_д$ = 800 м. Отсюда минимально целесообразная полоса резерва запасов:

на вскрышных горизонтах

$$p_в = \frac{P_в}{2h_у Ф_в} = \frac{695000}{2 \cdot 15 \cdot 1800} = 12{,}8 \text{ м}; \qquad (П.6.6.3)$$

в добычной зоне

$$p_д = \frac{P_д}{2h_у Ф_д} = \frac{51000}{7{,}5 \cdot 800} = 8{,}5 \text{ м}. \qquad (П.6.6.4)$$

Таким образом, нормальные по ширине площадки должны быть не менее 69,1 м (см. рис. П.6.6.2). На расчетный год они составляют 75 м, а угол разгона рабочего борта φ = 12° (см. рис. П.6.2.1); резервы, готовые к разработке (выемке) вскрыши, – 720 тыс. м^3 (на 2,7 месяца работы), руды – 48 тыс. м^3, что почти соответствует норме.

Экономически оптимальный объем взрывного блока [14]

$$V_{в.б} = (0{,}007 \div 0{,}008) E Q_э I \, К_{тр} К_к = (0{,}007 \div 0{,}008) 5 \cdot 895 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}1 =$$

$$= 28 \div 31 \text{ тыс. м}^3. \qquad (П.6.6.5)$$

В расчетах принято по рекомендации [14]: индекс экономических условий I = 0,8, коэффициенты, учитывающие вид транспорта, $К_{тр}$ = 1,0 и экономико-географические условия региона (Урал) $К_к$ = 1,1.

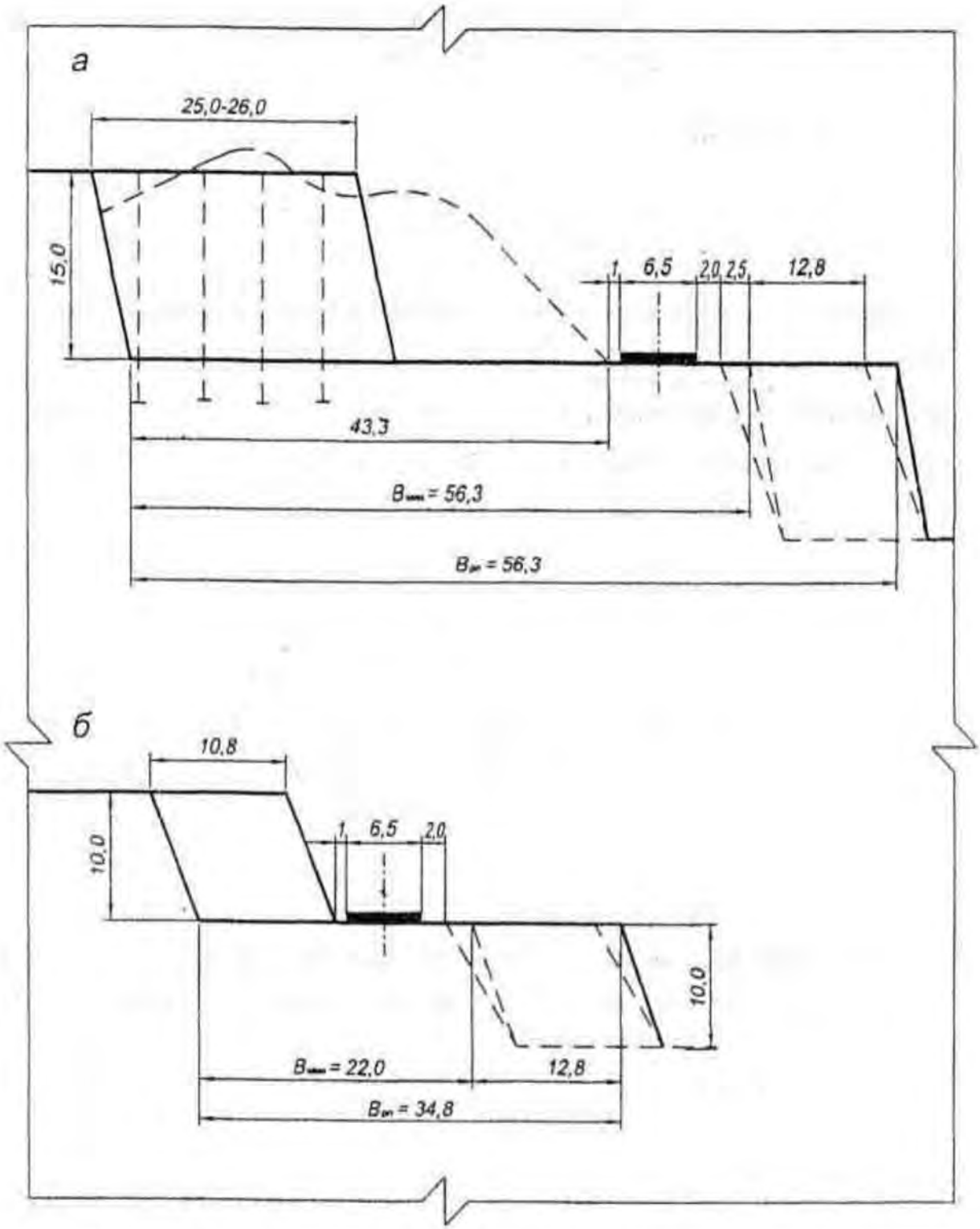


Рис.П.6.6.2. Конструкция рабочих площадок:
а - в скальных породах; б - в мягких породах

При сетке размещения скважин во взрывном блоке 6,5×6,5 м и числе рядов n = 4 (с. 48) ориентировочная ширина буровой заходки $B_{б.з} \approx 25 \div 26$ м и тогда длина взрывного блока

$$l_{в.б} = \frac{V_{в.б}}{B_{б.з} h_у} = \frac{28000...31000}{(25...26)} = 75 \div 80 \text{ м}.$$

Для экскаватора ЭКГ-5А, работающего в комплекте с автотранспортом, оптимальная удельная протяженность фронта работ $Ф_1 \approx 400 \div 500$ м. На вскрышных работах она рекомендуется в пределах

$$Ф_в = Ф_1 N_э = (400 \ldots 500)\, 3 = 1200 \div 1500 \text{ м},$$

в добычной зоне

$$Ф_д = Ф_1 N_э = (400 \ldots 500)\, 1 = 400 \div 500 \text{ м}.$$

Как отмечено выше, по состоянию на 14 год фронты в пределах оптимальных ($Ф_в$ = 1800 м и $Ф_д$ = 800 м).

Среднегодовая скорость углубки при сроке эксплуатации карьера $T_р$ = 33 года и его глубине

$$H_к = 240 \text{ м}, \qquad v_{ср} = \frac{H_к}{T_р} = \frac{240}{33} = 7{,}3 \text{ м}.$$

На расчетный 14 год средняя протяженность фронта уступа

$$Ф_{ср} = \frac{Ф_в + Ф_д}{3} = \frac{1800 + 800}{3} = 870 \text{ м}.$$

Скорость подвигания фронта при средней высоте уступа

$$h_{ср} = \frac{2h_в + h_д}{3} = \frac{2 \cdot 15 + 7{,}5}{3} = 12{,}5 \text{ м}:$$

$$v_ф = \frac{Q_э}{Ф_{ср} h_{ср}} = 64 \text{ м в год}. \qquad (П.6.6.6)$$

Пропорциональность в развитии горных работ имеет место, если $v_{ср} \le \frac{v_ф}{\operatorname{ctg}\varphi \pm \operatorname{ctg}\gamma}$ (γ – угол направления углубки, в нашем случае ($\gamma \approx 90°$). Предельная скорость углубки может быть

$$\frac{v_ф}{\operatorname{ctg}\varphi \pm \operatorname{ctg}\gamma} = \frac{64}{\operatorname{ctg}12^\circ + \operatorname{ctg}90^\circ} =$$ = 13,6 м, что выше фактической (7,7 м) и пропорции в развитии работ не нарушены.

П.6.7. Вскрытие карьерного поля

Глубина карьера относительно невелика, поверхностные объекты карьера стационарны, объемы работ стабильны, поэтому весь карьер отрабатывается с одним (автомобильным) видом транспорта. Нет объективных предпосылок и к ротации моделей автосамосвалов: БелАЗ-7523 удовлетворителен для всего диапазона глубин карьера.

На конец разработки карьер вскрывается по комбинированной схеме: до отм. 70 м – траншеей внешнего заложения глубиной 30 м, а все остальные горизонты, учитывая размеры залежи, угол ее падения, параметры карьерного поля, вид транспорта – системой внутренних съездов со спиральной формой трассы (рис. П.6.7.1). Ввод вскрывающих выработок в карьер (юго-восток) обусловлен местом размещения (на восточном борту) отвалов, склада и промплощадки (рис. П.6.10.1). Спиральная трасса с двухполосной автодорогой вписывается в карьер против хода часовой стрелки, размещаясь между горизонтами 70 м – (–140 м). Угол ее охвата примерно 2,8 π.

При сменном грузообороте 4,77 тыс. м^3 (с. 43) или 2442,3·2,75 +246,6·4,2 + +1,2·1,8 = 7754,2 тыс. т, средней массе груза в автосамосвале 42 т (условно, без расчетов), длительности рабочего времени смены 7·0,9 = 6,3 ч интенсивность движения составит $\frac{7754,2}{42 \cdot 6,3}$ = 29,3 автомашины в час, что значительно меньше предельно допускаемой (120–150 автомашин в час). Следовательно, пропускная способность принятой двухполосной дороги достаточна.

Руководящий и исполнительный уклоны внешней траншеи $i_ф = i_р = 80$ ‰, руководящий уклон спиральной внутренней траншеи $i_р = 85$ ‰, а расчетный $i_ф = 0,95 i_р = 0,95 \cdot 0,85 \approx 80$ ‰.

В погашенном состоянии верхние три уступа страиваются, а остальные рабочие уступы сдваиваются и, таким образом, высота погашенных уступов $h_п = 30$ м. При радиусе вертикальных переходных кривых автодорог $R_в = 120$ м длина съездов (и внешней траншеи)

$$l_с = \frac{h_п}{i_с} + i_с R_в = \frac{30}{0,080} + 0,080 \cdot 120 = 385 \text{ м}. \qquad (П.6.7.1)$$

На горизонтах 70, 40, 10, –20, –50, –80 и –110 м оставляются площадки примыкания длиной $l_{п.п} = 60$ м.

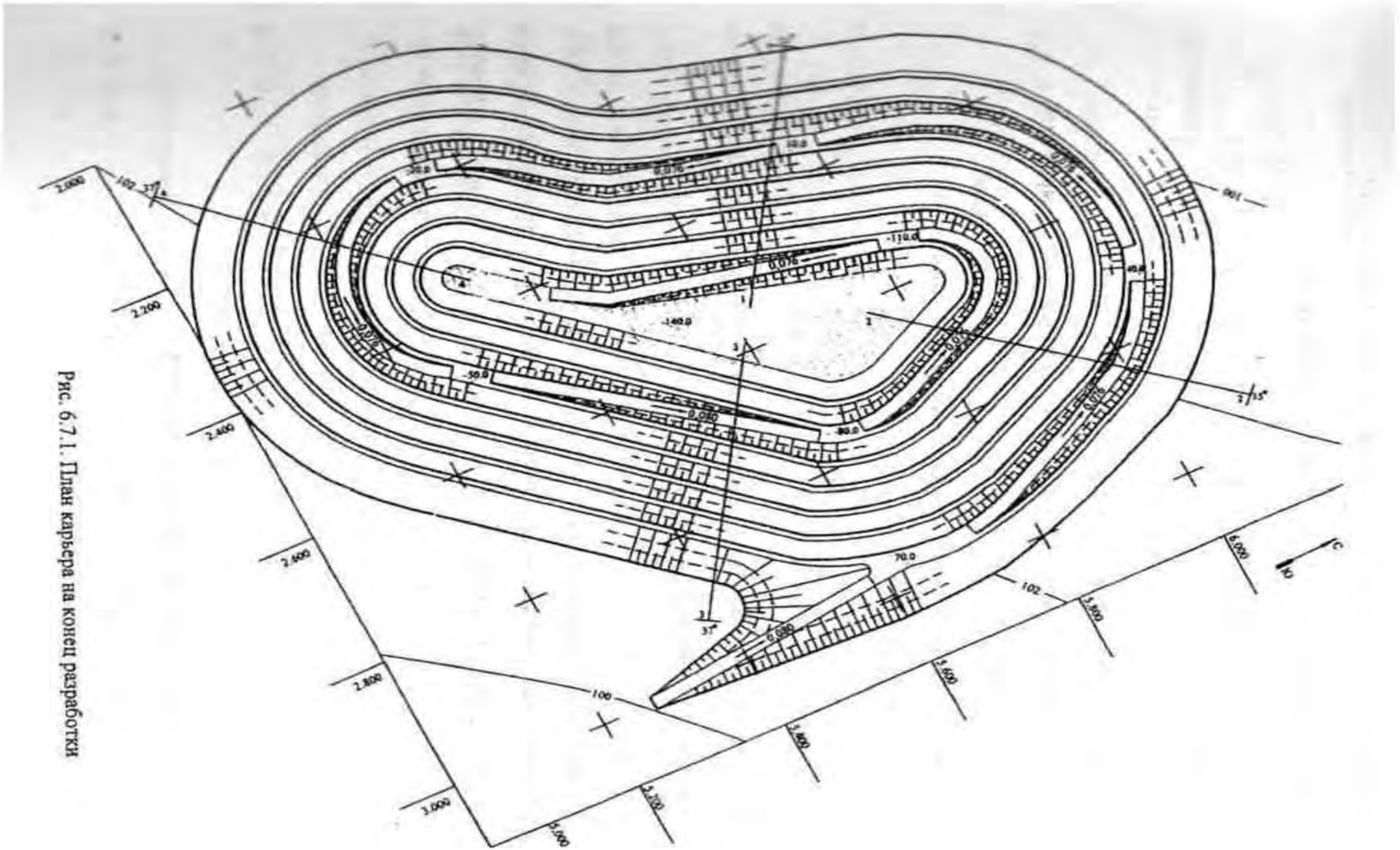


Рис. 6.7.1. План карьера на конец разработки

Фактическая длина трассы системы вскрывающих выработок

$$l_{ф} = n_{с}\, l_{с} + m l_{п.п} = 8 \cdot 385 + 7 \cdot 60 = 3500 \text{ м}, \qquad (П.6.7.2)$$

где $n_{с}$ – число съездов; m – число площадок примыканий.

Коэффициент развития трассы

$$K_{р.т} = \frac{L_{п} i_{р}}{H_{к}} = \frac{3500 \cdot 0{,}085}{240} = 1{,}24. \qquad (П.6.7.3)$$

Автодороги по грузонапряженности относятся ко II категории (объем грузоперевозок брутто $Г_{бр} = V_{г.м}\,(1 + K_{т}) = 9{,}356(1+ 0{,}41) = 13{,}2$ млн т, где $K_{т}$ – коэффициент тары БелАЗ-7523), двухполосные, с усовершенствованным покрытием, проезд гусеничной техники – по обочине. С внешней стороны съездов делаются предохранительные валы высотой $h_{в} = 1{,}2$ м и шириной $b_{в} \approx 2{,}5$ $h_{в} = 2{,}5 - 1{,}2 = 3{,}0$ м. Конструкции оснований внешней траншеи и съездов приведены на рис. П.6.7.2.

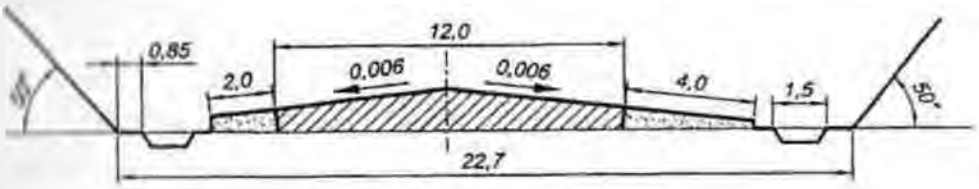


Рис.П.6.7.1. Конструкция дна внешней траншеи

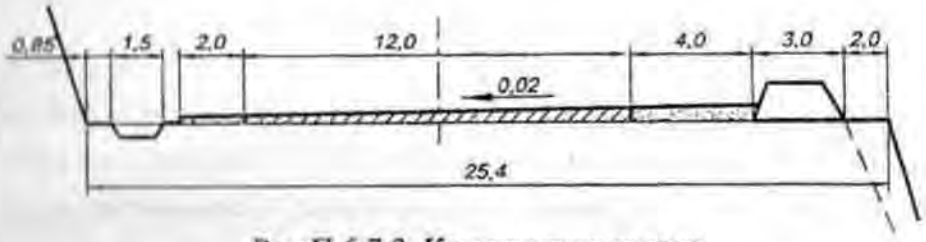


Рис.П.6.7.2. Конструкция съезда

Ширина основания (дна) внешней траншеи

$$b_{вн} = b_{пр} + O_{1} + O_{2} + 2b_{к} + 2b_{1} = 12{,}0 + 2{,}0 + 4{,}0 + 2 \cdot 1{,}5 + 2 \cdot 0{,}85 = 22{,}7 \text{ м}. \qquad (П.6.7.4)$$

Ширина транспортных берм (съездов)

$$b_{с} + b_{кр} + O_{1} + O_{2} + b_{к} + b_{1} + b_{в} + Б = 12{,}0 + 2{,}0 + 4{,}0 + 1{,}5 + 0{,}85 + 3{,}0 + 2{,}0 = 25{,}4 \text{ м}, \qquad (П.6.7.5)$$

где $b_{пр}$ – ширина проезжей части, 12,0 м [11]; $b_к$ – ширина водоотводных канав, принято $b_к$ = 1,5 м; b_1 – ширина берм запаса, принято b_1 = 0,85; O_1 и O_2 – обочины, приняты, с одной стороны, 2,0 м, а, с другой, обеспечивая проезд гусеничной техники, - 4,0 м; $Б$ – ширина бермы безопасности, при высоте уступа $h_п$ = 30 м и возможном угле его обрушения 57° $Б \approx 30$ (ctg 57° – ctg 60°) ≈ 2,0 м.

Ширина скользящих съездов (условно Б’ = Б):

$$b_{с.с} \approx b_{пр} + 2O_1 + 2b_1 + Б' \approx 12{,}0 + 2\cdot 2{,}0 + 2\cdot 2{,}085 + 2{,}0 \approx 20 \text{ м}. \quad (П.6.7.6)$$

Скользящие съезды можно организовать по развалам породы.

Объем внешней траншеи при глубине заложения $h_{тр}$ = 30 м, тыс. м^3,

$$V_{вн} = 0{,}5(b_{вн} + h_{тр} \operatorname{ctg} \alpha_п)\, h_{тр}\, l_{тр} = 0{,}5(22{,}7 + 30 \operatorname{ctg} 35°)30\cdot 385 = 378. \quad (П.6.7.7)$$

Объем съезда, тыс. м^3

$$V_с = 0{,}5 b_с\, h_п\, l_с = 0{,}5 \cdot 25{,}4 \cdot 30 \cdot 385 = 146{,}7. \quad (П.6.7.8)$$

Объем внутренних съездов 7·146,7 = 1027 тыс. м^3 (он включен в общий объем вскрыши 72 584,7 тыс. м^3).

На 14 год работ погашены по всему периметру уступы 100 м/70 м и 70 м/40 м, в работе находятся 3 уступа с отметками рабочих горизонтов 25, 10 и 2,5 м (см. рис. П.6.6.1). Нерабочая зона вскрыта внешней траншеей и внутренним съездом, а рабочая – скользящими съездами. Их уклоны также $i_с$ = 80 ‰.

На год сдачи карьера в эксплуатацию (см. рис. П.6.9.1) рабочая зона вскрыта внешней траншеей и двумя системами скользящих съездов. Последние вскрывают временно нерабочие 10-метровые уступы по покрывающим породам с непосредственным выходом на поверхность, минуя внешнюю траншею.

П.6.8. Подготовка новых горизонтов

Горизонты готовятся разрезными траншеями (РТ), закладываемыми по залежи, на высоту добычного уступа, т. е. 7,5 м. Углы откосов бортов $\alpha_з = \alpha_р$ = = 70 – 75° (с. 46). Длина траншей – в пределах 500–650 м, в среднем 600 м.

Объем заезда на дно траншей

$$V'_с = 0{,}5 b_{с.с} \frac{h_р^2}{i_р} = 0{,}5\cdot 20 \frac{7{,}5^2}{0{,}080} = 7{,}0 \text{ тыс. м}^3. \quad (П.6.8.1)$$

Ширина разрезной траншеи по дну для тупиковой схемы маневров автомашин при проходке траншеи (рис. П. 6.8.1), м

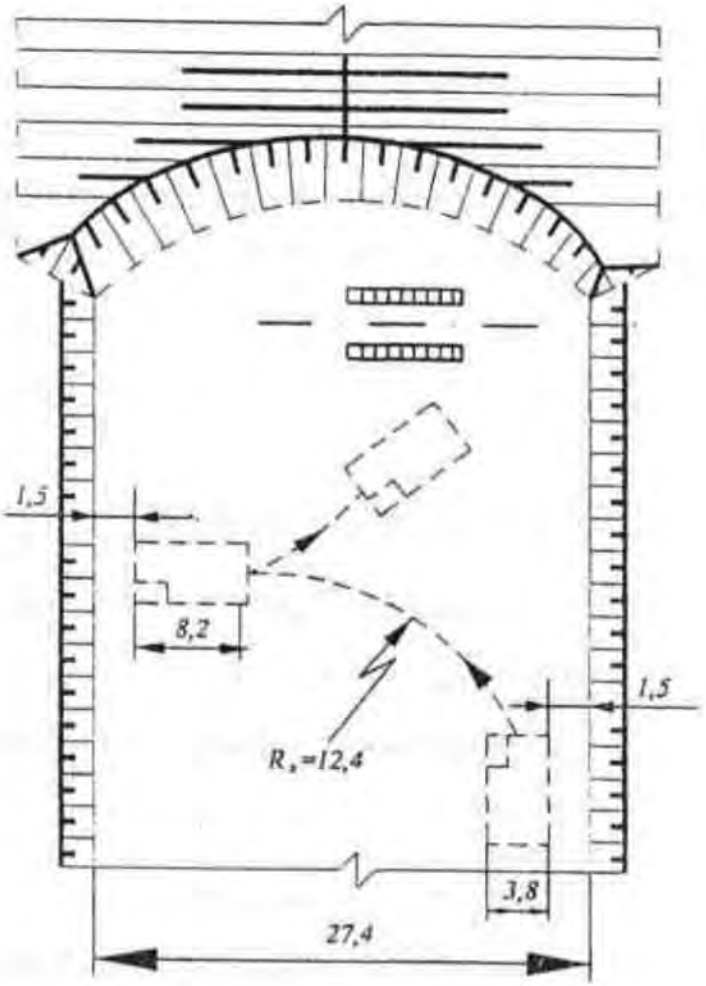


Рис.П.6.8.1. Схема к расчету ширины разрезной траншеи

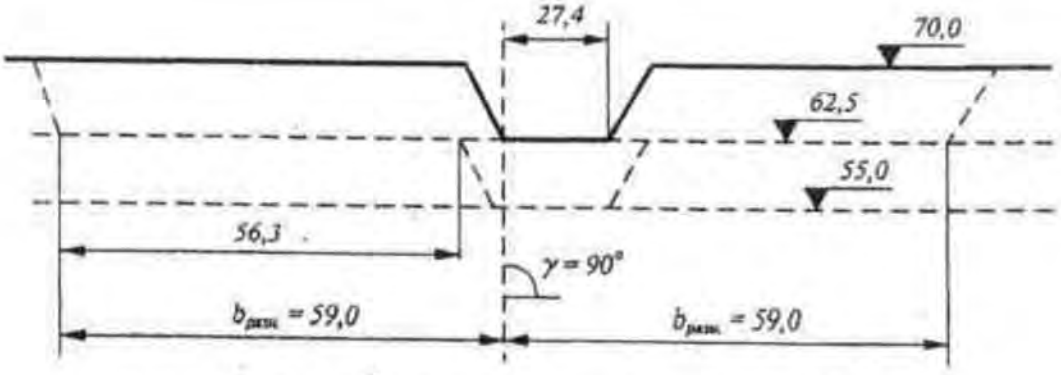


Рис.П.6.8.2. Схема подготовки горизонта 55 м

$$b_{р.т} = 2k + b_а + l_а + R_а = 2 \cdot 1{,}5 + 3{,}8 + 8{,}2 + 1{,}3 \cdot 9{,}5 = 27{,}4, \qquad (П.6.8.2)$$

где k – полосы резерва, принято 1,5 м; $b_а$ и $l_а$ – ширина и длина автосамосвалов; $R_а$ – радиус разворота машины. Принимаем на 30 % выше конструктивного минимального $R_к = 9{,}5$ м.

Объем разрезной траншеи в расчете на среднюю ее протяженность $l_{р.т} = 600$ м, тыс. м^3.

$$V_{р.т} = (b_{р.т} + h_р \operatorname{ctg} \alpha_б) h_р \, l_{р.т} = (27{,}4 + 7{,}5 \operatorname{ctg} 70°) 7{,}5 \cdot 600 = 135{,}5. \qquad (П.6.8.3)$$

При подготовке горизонта оба борта траншей разносятся с созданием на вышележащем горизонте минимальных по ширине B_{min} рабочих площадок (см. рис. П.6.8.1). Ширина разноса

$$b_{рн} = B_{min} + h_у \operatorname{ctg} \alpha_р = 56{,}3 + 7{,}5 \operatorname{ctg} 70^o - 59 \text{ м}. \qquad (П.\ 6.8.4)$$

Объем работ по разносу бортов РТ вышележащего уступа при протяженности фронта последнего в среднем

$$l_{разн} = l_{р.т} + 2B_{min} \approx 600 + 2 \cdot 56{,}3 \cdot 710 \text{ м}; \qquad (П.6.8.5)$$

$$V_{разн} = 2b_{рн} h_р \, l_{разн} = 2 \cdot 61{,}8 \cdot 7{,}5 \cdot 710 = 658{,}2 \text{ тыс. м}^3. \qquad (П.6.8.6)$$

Таким образом, средний объем работ по подготовке горизонта

$$V_{подг} = V'_с + V_{р.т} + V_{разн} = 7{,}0 + 135{,}5 + 658{,}2 = 800{,}7 \text{ тыс. м}^3. \qquad (П.6.8.7)$$

Подготовка горизонтов – двумя экскаваторами: оба производят разнос и один – проходит РТ. Их среднемесячная производительность (применительно к скальным породам) $Q_{мес} = \dfrac{1012}{12} = 84{,}3$ тыс. м^3 при разносе бортов и $Q'_{мес} \approx$ $\approx 0{,}8Q_{мес} \approx 0{,}8 \cdot 84{,}3 = 67{,}4$ тыс. м^3 при проходке съездов и разрезных траншей.

Длительность подготовки горизонта ориентировочно

$$T_{подг} \approx \frac{V_{разн}}{K_{совм} 2Q_{мес}} + \frac{V'_с + V_{р.т}}{Q'_{мес}} = \frac{800{,}7}{0{,}8 \cdot 2 \cdot 84{,}3} + \frac{142{,}5}{67{,}4} = 8{,}0 \text{ мес.}, \qquad (П.6.8.8)$$

где $K_{совм}$ – коэффициент совмещения работы двух экскаваторов при разносе бортов РТ, принят 0,8.

Скорость углубки карьера

$$У = \frac{12h_р}{T_{подг}} = \frac{12 \cdot 7{,}5}{8} = 11{,}3 \text{ м/год}. \qquad (П.\ 6.8.9)$$

Данное значение скорости в 1,4 раза выше средней ($У_{ср}$ = 7,7 м/год) скорости, что свидетельствует о приемлемости принятых организаций и параметров подготовки новых горизонтов.

П.6.9. Горно-строительные работы

При номинальной мощности карьера по товарной руде $Д$ = 1000 тыс. т в год принимаем в качестве пусковой мощность $Д_{п} = Д$ = 1000 тыс. т в год. Длительность ее достижения от начала добычи 1,5 года, причем в первый принимаем объем добычи 0,6 $Д_{п}$ = 600 тыс. т, во второй – $Д$ = 1000 тыс. т (за 0,5 года добывается 500 тыс. т). Таким образом, объем попутной добычи в период строительства $Q_{п}$ = 600 + 500 = 1100 тыс. т (261,9 тыс. м^3), а объем добычи в первый год эксплуатации 1000 тыс. т.

В состав объектов горно-строительных работ (ГСР) включаем (рис. П.6.9.1): внешнюю траншею с отм. 100 м до отм. 70 м и объемом $V_{вн}$ = 378 тыс. м^3 (с. 56); попутную добычу объемом $Q_{п}$ = 1100 тыс. т (261,9 тыс. м^3); вскрышные работы по покрывающим породам в зоне от поверхности до кровли скальных пород с созданием на горизонтах 90, 80 и 70 м минимальных по ширине рабочих площадок (с. 48). Объем работ в этой зоне $V_{п.п} \approx$12 010 тыс. м^3, в том числе по горизонту 90 м – 5180 тыс. м^3, гор. 80 м – 4320 тыс. м^3 и гор. 70 м – 2510 тыс. м^3; вскрышные работы по вмещающим породам при подготовке и выемке горной массы на гор. 55 м объемом $V_{в.п}$ = = 2380 тыс. м^3; съезды скользящие внутренние с поверхности до гор. 70 м (итого 5 съездов), с гор. 70 м до 55 м (один съезд) и с гор. 55 м до гор. 47,5 м (один съезд). Суммарный объем съездов $V_{с.с}$ = 92,1 тыс. м^3. Таким образом, общий объем ГСР

$$V_{г.с.р} = 378 + 261,9 + 12\,010 + 2380 + 92,1 = 15\,122 \text{ тыс. м}^3,$$

в том числе объем рыхлой вскрыши около 12,5 тыс. м^3 и скальной массы 2,6 млн м^3.

Территория района работ не подготовлена. Необходима вырубка леса и кустарника на площади 0,6 га, планировка поверхности в районе стройкарьера (0,2 га), промплощадки (2,5 га) и рудных отвалов (1,0 га).

Осушения месторождения в подготовительном периоде не требуется.

В период ГСР к моменту сдачи карьера в эксплуатацию на поверхности его строятся и готовятся объекты промплощадки (ремонтно-механические блоки, АБК, складское хозяйство и пр.), склад руды, первая очередь отвала некондиционных руд (площадью 1 га), объекты энергоснабжения карьера, внешние автодороги протяженностью 4,5 км, склад взрывчатых материалов.

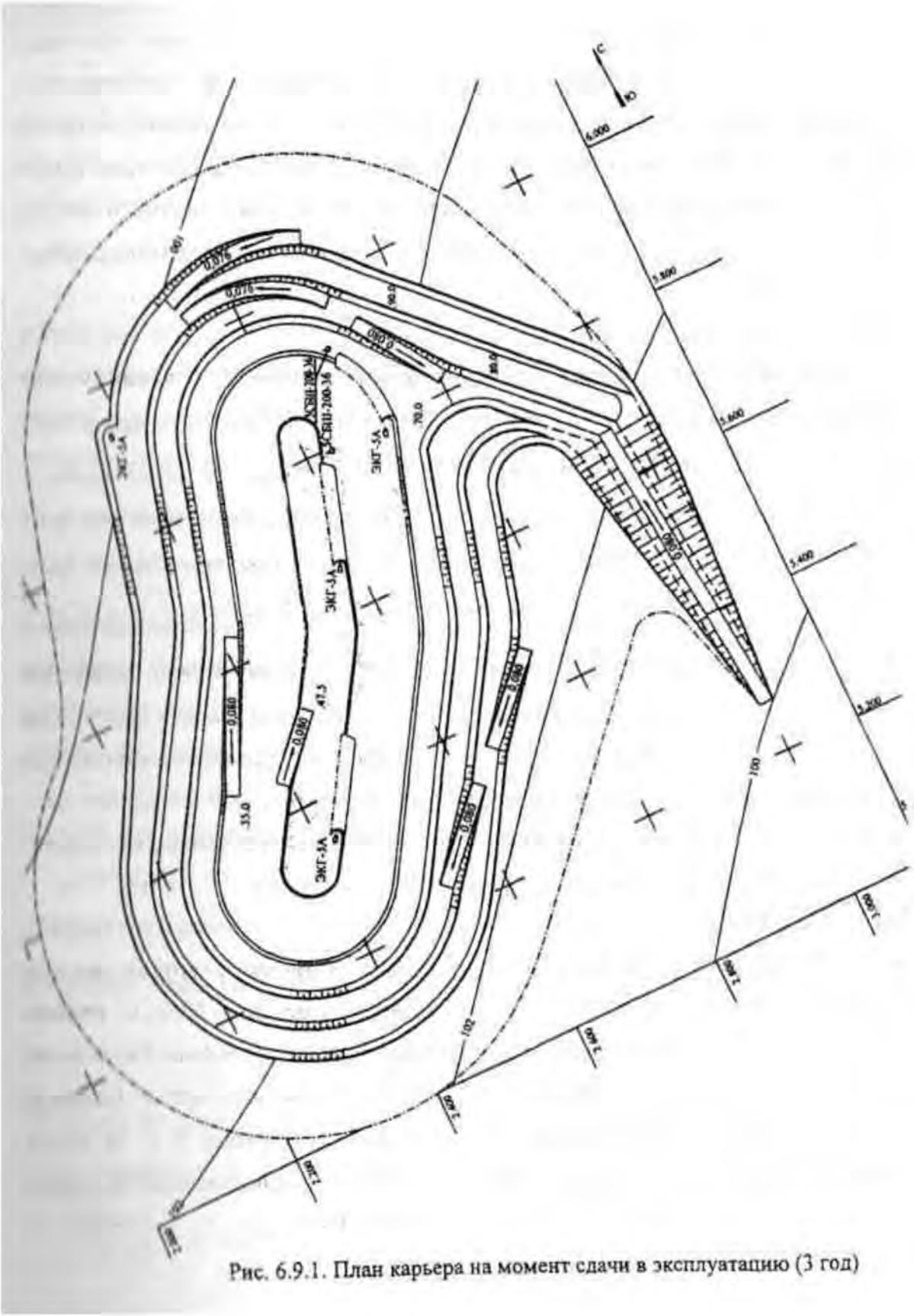


Рис. 6.9.1. План карьера на момент сдачи в эксплуатацию (3 год)

ГСР выполняются штатным (проектным) оборудованием: буровыми станками 5СБШ-200-36, экскаваторами ЭКГ-5А и автотранспортом с БелАЗ-7523. Как отмечалось выше, в первый год эксплуатации объем добычи равен номинальному. Предполагаем, что и объем вскрыши равен расчетному, следовательно, к концу строительства горные работы комплектуются оборудованием расчетного парка (4 экскаватора, 3 буровых станка и т. д.).

В соответствии с этим и для уменьшения объема ГСР планируются фронты работ и другие их параметры. Ширина рабочих площадок в зоне 100–70 м B_{min} = 25÷30 м, ниже гор. 70 м – B_{min} = 56÷60 м. Резервы, готовые к выемке (разработке), поддерживаются ниже нормативных (около 1 мес.). При оптимальном удельном фронте работ на один забой $Ф_1$ = 400÷500 м (с. 49) общий активный фронт должен быть $Ф = N_э Ф_1$ = 4(400÷500) = 1600÷2000 м. Фактический активный фронт на первый год эксплуатации 2000 м, а общий с учетом пассивных фронтов на двух средних уступах – 4500 м. Верхние три уступа в момент сдачи карьера в эксплуатацию временно законсервированы и, как отмечалось ранее, горизонты 90, 80 и 70 м вскрыты двумя системами скользящих съездов. В работе в этот момент находятся горизонты 55 и 47,5 м. Как указано в разделе 7, возможная скорость углубки карьера в период эксплуатации $У$ = 11,3 м/год. Учитывая, что в период строительства высота первых трех уступов не 7,5 м, а 10 м, а породы рыхлые, что повышает производительность экскаваторов в 1,6 раза (с. 44), можно предположить, что в период строительства скорость углубки вполне реальна в пределах 18–20 м/год. Приняв $У$ = = 20 м/год, получим, что длительность ГСР в период опускания до кровли скальных пород $t_1 \approx \frac{30}{20} \approx 1{,}5$ года. Срок наращивания мощности карьера t_2 = = 1,5 года (с. 59), отсюда срок ГСР $T_{стр}$ = 3 года. При объеме рыхлой строительной вскрыши 12,5 млн м^3, скальной массы 2,6 млн м^3 (с. 60), годовой производительности экскаватора по рыхлой вскрыше 1,62 млн м^3 и скальной 1,01 млн м^3 (с. 44) и числе экскаваторов 4 ориентировочный срок ГСР по объему работ $T_{стр} = \frac{12{,}5}{1{,}62 \cdot 4} + \frac{2{,}6}{1{,}04 \cdot 4} \approx 2{,}56$ года, и, таким образом, срок в ГСР в 3 года реален.

Всего с учетом монтажа оборудования, общестроительных работ на поверхность и других подготовительных работ освоение месторождения длится 4,5–5 лет.

П.6.10. Генплан карьера

В промзоне карьера размещаются: собственно карьер, отвалы пород (2 отвала) и некондиционной руды, склад товарной продукции, промплощадка с блоками хозскладов, ремонта, АБК и пр., склад ВМ, автодороги, соединяющие все объекты (рис. П. 6.10.1).

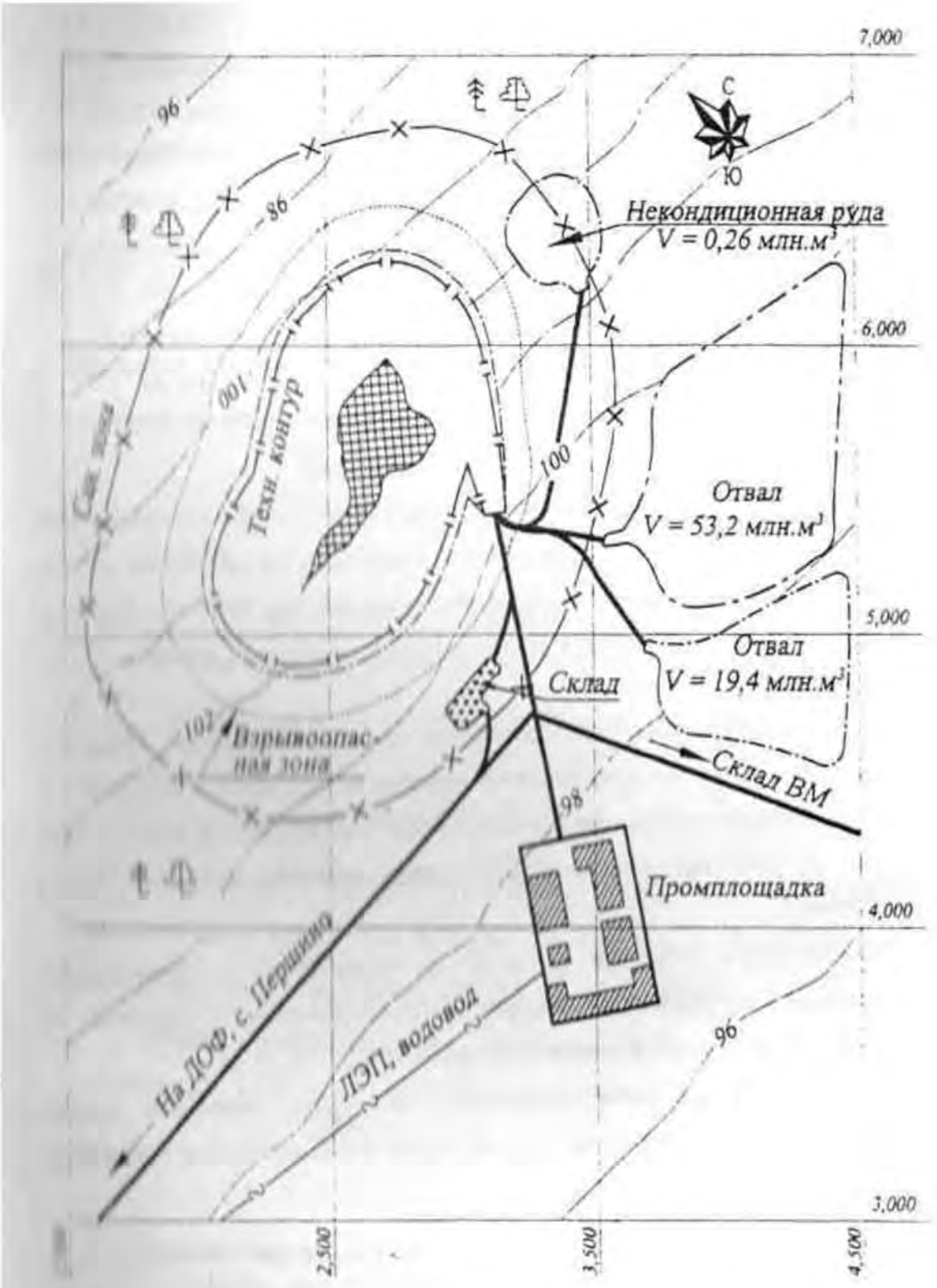


Рис.П.6.10.1. Ситуационная схема карьера
1:5000

Площадь карьера определена графически по плану карьера на конец разработки и составляет 960 тыс. м^2 (96 га).

Полагая, что высота породного двухъярусного отвала скальной вскрыши 2×45 м = 90 м, коэффициенты ярусности $\eta_я$ = 0,8, а разрыхления пород $K_р$ = 1,2 и он должен принять 53 186,7 тыс. м^3 грунта (с. 41), площадь его $S_{с.о} = \dfrac{53186{,}7 \cdot 1{,}2}{0{,}8 \cdot 90} = 886{,}4$ тыс. м^2 (88,6 га). Площадь по отвалы рыхлых пород (объем 19 398 тыс. м^3, 2 яруса по 30 м, коэффициенты $\eta_я$ = 0,8 и разрыхления $K_р$ = 1,1) $S_{р.о}$ = 444,5 тыс. м^2 (44,4 га). Площадь под отвал некондиционных руд (объем 258,8 тыс. м^3, 1 ярус по 30 м, $\eta_я$ = 1,0, $K_р$ = 1,2) $S_{н.о} = \dfrac{258{,}8 \cdot 1{,}1}{1{,}0 \cdot 30} =$ = 9,5 тыс. м^3 (0,95 га).

Площадь под объекты промплощадки ориентировочно 25 тыс. м^2 (2,5 га).

С северной стороны карьерного поля – лесной массив, юго-западнее – жилой массив с. Першино, вокруг – отдельные "пятна" пашни. Энергопитание – от ЛЭП, подведенной к с. Першино.

Охраняемых объектов непосредственно в зоне горных работ нет.

Вокруг карьера выделены зоны:

1) взрывоопасная по разлету кусков. Согласно ЕПБ [6, п. 70], безопасные расстояния для людей при взрывных работах методом скважинных зарядов в карьерах должны быть не менее 200 м;

2) сейсмически безопасная. В зоне карьера располагаются лишь промсооружения высотой не более 2–3 этажей (коэффициент $K_с$ = 1,5), основание для них – необводненные песчано-глинистые грунты глубиной более 10 м (коэффициент $K_г$ = 12), взрывы – на рыхление (коэффициент α = 1,0). Масса ВВ на 1 взрыв $Q_{ВВ} = \dfrac{V_{в.б}}{q_{ВВ}} = \dfrac{31000}{0{,}7} = 44\,285$ кг. Число зарядов в блоке при 4 рядах скважин (n = 4) по сетке $a \times b$ = 6,5×6,5 м, высоте уступа $h_у$ = 15 м и ширине буровой заходки $B_{б.з} \approx 26$ м (с. 49).

$$N = \frac{V_{в.б} n}{h_у B_{б.з} a} \approx \frac{31000 \cdot 4}{15 \cdot 26 \cdot 6{,}5} \approx 49. \qquad \text{(П.6.10.1)}$$

Радиус зоны

$$r_с = \frac{K_г K_с \alpha \sqrt[3]{Q}}{\sqrt[4]{N}} = \frac{12 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}0 \sqrt[3]{44285}}{\sqrt[4]{49}} = 232 \text{ м}. \qquad \text{(П.6.10.2)}$$

Принимаем $r_с$ = 235 м;

3) санитарная в радиусе $R_{сан}$ от карьера согласно СНиП $R_{сан}$ = 500 м;

4) зона возможного сдвижения массива в радиусе $0{,}2H_к = 0{,}2 \cdot 240 \approx 50$ м от бортов карьера.

Разведочными скважинами выклинивания залежи не зафиксировано, запасы по категории C_2 ниже дна не установлены, поэтому технологическая граница горных работ не определена.

В зону земельного отвода включены и участки земли, примыкающие к отвалам и складу кондиционных руд в радиусе от их расчетных границ 30–40 м. Общая площадь земельного отвода под все объекты карьера, включая автодороги и зону в радиусе 10–15 км от них, составит около 320 га.

Энергоснабжение, теплоснабжение и водоснабжение объектов путем "врезок" в отводы от соответствующих магистралей с. Першино.

Кондиционная руда вывозится на ДОФ автомашинами БелАЗ-7523 (с. 44). С внешним миром карьер связан системой автодорог через с. Першино.

Компоновка объектов принята в соответствии с принципами уменьшения грузоработ транспорта и предохранения с. Першино от загрязнений со стороны карьера и отвалов (см. рис. П.6.10.1).

Как отмечалось ранее, площадки под рудные отвалы и склады устраиваются по технологии, исключающей проникновение токсичных веществ в почву.

П.6.11. Экономические показатели разработки

Как отмечалось, рудник производит и реализует концентрат, обогащая сырую руду.

Инвестиции и эксплуатационные затраты включают издержки на горные работы, обогатительный комплекс и магистральный автотранспорт для доставки руды со склада до ДОФ, размещенной в 12,5 км от карьера на площадке отработанного гранитного карьера, прочие общерудничные виды работ и объекты.

Затраты определяем по зависимостям Гипроруды. В ценах 1984 г. удельные инвестиции составляют, руб/т:

на горные работы

$$K_{гр} = 2{,}72 - 0{,}92V_{г.м} + 0{,}087\ V_{г.м}^2 = 2{,}72 - 0{,}92 \cdot 0{,}936 + 0{,}087 \cdot 0{,}936^2 = 1{,}94; \quad (П.6.11.1)$$

на ДОФ

$$k_{об} = 11{,}41 \cdot 0{,}98^{Д} = 11{,}41 \cdot 0{,}98^{1} = 11{,}18; \quad (П.6.11.2)$$

на магистральный автотранспорт (по Л. А. Сорокину)

$$k_{тр} = \frac{0{,}9}{{}_{Д}0{,}2} + 0{,}12(l_0 - 1) = \frac{0{,}9}{{}_{1}0{,}2} + 0{,}12\ (12{,}5 - 1) = 2{,}28, \quad (П.6.11.3)$$

где $V_{г.м}$ – годовой объем горной массы, десятки млн т. Для карьера объем 9356 тыс. т, в расчете $V_{г.м} = 0{,}936$; $Д$ – объем перерабатываемой сырой руды,

млн т. Согласно заданию, $Д$ = 1000 тыс. т или ρ = 1 млн т; $l_о$ – дальность откатки автотранспортом, км.

Общие инвестиции с учетом капитальных вложений на неучтенные объекты (25 % от суммы основных) в ценах 1984 г., млн руб.:

$И_{84}$=1,25($К_{гр}V_{г.м}$+$К_{об}Д$+$К_{тр}Д$)=1,25(1,94·9,356+11,8·1,0+2,28·1,0) =39,51. П.6.11.4)

Приняв коэффициент удорожания работ $К_{уд}$ ≈18, получим в ценах 2000 г. $И$ = 18 ·$у_б$ 39,51 = 711,24 млн руб.

Удельные инвестиции в ценах 2000 г. на 1 т горной массы, франко-карьер

$$К_{г.м} = К_{кр}\ 1{,}25К_{уд} = 1{,}94 \cdot 1{,}25 \cdot 18 = 43{,}65 \text{ руб.} \qquad (П.6.11.5)$$

То же на 1 т сырой руды

$$К_{руд} = \frac{К_{г.м}V_{г.м}}{Д} = \frac{43{,}65 \cdot 9356}{1000} = 40\ 755 \text{ руб.} \qquad (П.6.11.6)$$

То же на 1 т концентрата

$$\frac{И}{V_к} = \frac{711240}{70} = 10\ 160{,}6 \text{ руб.} \qquad (П.6.11.7)$$

Себестоимость составляющих, руб/т:
горной массы, франко-карьер,

$$С_{г.м} = 0{,}96 - 0{,}27 \lg V_{г.м} = 0{,}96 - 0{,}27\lg 0{,}936 = 0{,}97; \qquad (П.6.11.8)$$

обогащения

$$С_{об} = 2{,}1e^{-0{,}014Д} = 2{,}1e^{-0{,}014 \cdot 1{,}0} = 2{,}07; \qquad (П.6.11.9)$$

магистрального автотранспорта (по Л. А. Сорокину)

$$С_{тр} = \frac{0{,}25}{_д 0{,}25} + 0{,}01(l_о - 1)(5 + 0{,}06q_а) = \frac{0{,}25}{_1 0{,}25} +$$

$$+ 0{,}01(12{,}5 - 1)(5 + 0{,}06 \cdot 42) = 0{,}85, \qquad (П.6.11.10)$$

где $q_а$ – грузоподъемность автомашин, т.

Общие годовые эксплуатационные издержки в ценах 1984 г. с учетом прочих (15 % от суммы основных), млн руб.

$$Э_{84} = 1{,}15(С_{г.м}\ V_{г.м} + С_{об}Д + С_{тр}Д) = 1{,}15(0{,}97 \cdot 9{,}356 +$$

$$+ 2{,}07 \cdot 1{,}0 + 1{,}085 \cdot 1{,}0) = 14{,}06. \qquad (П.6.11.11)$$

При коэффициенте удорожания этого вида затрат $К_{уд}$ = 15,6 в ценах 2000 г. эксплуатационные затраты $Э$ = 15,6·14,06 = 219,41 млн руб.

Себестоимость 1 т руды, франко-карьер (без затрат на обогащение и внешний транспорт)

$$C_{\text{р}} = \frac{C_{\text{г.м}} V_{\text{г.м}}}{Д} \cdot 1{,}15 K_{\text{уд}} = \frac{0{,}97 \cdot 9356}{1000} \cdot 1{,}15 \cdot 15{,}6 = 162{,}81 \text{ руб.} \quad \text{(П.6.11.12).}$$

Себестоимость 1 м^3 вскрыши

$$C_{\text{в}} = C_{\text{г.м}}\, \gamma_{\text{в}}\, 1{,}15 K_{\text{уд}} \approx 0{,}97 \cdot 2{,}5 \cdot 1{,}15 \cdot 15{,}6 = 43{,}6 \text{ руб.}, \quad \text{(П.6.11.13)}$$

где $\gamma_{\text{в}}$ – средневзвешенная объемная масса вскрыши, $\gamma_{\text{в}} = \frac{8320}{3333{,}4} = 2{,}5$ т/м^3.

Для аналогичных производств выход концентрата из 1 т руды $\gamma_{\text{к}} \approx 0{,}04 \div 0{,}08$, а отпускная цена 1 т товарной продукции $C_{\text{о}} \approx 3 \div 5$ тыс. руб. Отсюда, приняв $\gamma_{\text{к}} = 0{,}07$ и $C_{\text{о}} = 4000$ руб., получим:

объем продукции (концентрат)

$$V_{\text{кц}} = \gamma_{\text{к}} Д \approx 0{,}07 \cdot 1000 = 70 \text{ тыс. т}; \quad \text{(П.6.11.14)}$$

себестоимость 1 т концентрата

$$C_{\text{к}} = \frac{Э}{V_{\text{кц}}} = \frac{218710}{70} = 3124{,}4 \text{ руб.}; \quad \text{(П.6.11.15)}$$

выручка от реализации продукции

$$В = V_{\text{кц}}\, C_{\text{о}} = 70 \cdot 4{,}0 = 280 \text{ млн руб.}; \quad \text{(П.6.11.16)}$$

доход предприятия

$$Д_{\text{х}} = В - Э = 280 - 219{,}41 = 60{,}59 \text{ млн руб.}; \quad \text{(П.6.11.17)}$$

уровень рентабельности

$$R = \frac{Д_{\text{х}}}{Э} = \frac{60{,}59}{219{,}41} = 0{,}276 \text{ руб./руб.} \quad \text{(П.6.11.18)}$$

Показатель рентабельности свидетельствует об эффективности производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработка открытым способом месторождения "С" рентабельна.

2. Принятое оборудование, параметры карьера и горных работ в целом находятся на уровне регламентных (нормативных) и лучших предприятий цветной металлургии России (Сорского, Учалинского, Гайского и других).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.Б.2.02 ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть 3

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Специализация № 3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Ганиев Р.С., ст. преподаватель

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГИДРОМОНИТОРА 3
1. Общие сведения 3
2. Расчет расхода и напора воды 5
3. Технологический расчет гидромонитора 17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 25
БИБЛИАГРОФИЧЕСКИЙ СПИСОК 26
ПРИЛОЖЕНИЯ 27

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГИДРОМОНИТОРА

Цель работы. Определение необходимого расхода воды на отбойку и выгонку пород из забоя, напора, выбор типа и количества гидромониторов, определение параметров забоя.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сущность гидромониторной разработки заключается в разрушении и смыве пород струей воды, вылетающей под большим давлением из насадки гидромонитора. Разрушение породы происходит за счет энергии удара струи, фильтрации воды через поры породы, ослабления сцепления между ее частицами, увлажнения ее и размокания, растворения солей, содержащихся в породе.

Технология гидромониторного размыва состоит из подрезки забоя струей воды и смыва обрушенной и насыщенной водой породы в зумпф землесосной станции или в самотечную пульпоотводящую канаву.

При разработке рыхлых, несвязных или предварительно разрыхленных пород процесс разработки состоит из одной операции. В этом случае нет необходимости в подрезке уступа. Рыхлая порода одновременно насыщается и смывается водой.

При разработке связных пород, к которым относятся суглинки и глины разной плотности, а также слежавшиеся песчано-гравийные породы, процесс разработки состоит из двух операций: подрезки и смыва.

Наиболее трудоемкой операцией при гидромониторной разработке является подрезка уступа. В этот период насыщение потока воды породой крайне низко. При тяжелых суглинистых и особенно глинистых грунтах на подрезку затрачивается 60...70 % всего рабочего времени. При менее плотных породах время на подрезку составляет 30...50 %. В зависимости от типа пород, слагающих уступ, и их физико-механических свойств выбирают схему устройства вруба и последующего его расширения.

Различают следующие способы размыва пород при использовании гидромонитора: с нижней площадки уступа; с поверхности уступа (рис. 1.1); с недомывом (рис. 1.2). Отдельные способы подготовки пород по С.М. Шорохову включают размыв с увлажнением, механическим рыхлением (рис. 1.3) и рыхлением взрывными работами.

Удельный расход воды является одним из основных параметров, входящих в расчеты по проектированию средств гидромеханизации.

Исследованиями и опытом отработки месторождений с использованием средств гидромеханизации установлено, что величина удельного расхода воды зависит от:

а) физико-механических свойств грунта;

б) напора воды;

в) системы разработки и характеристики применяемого оборудования;

г) характера пород основания рыхлых отложений (плотика россыпи) и его уклона;

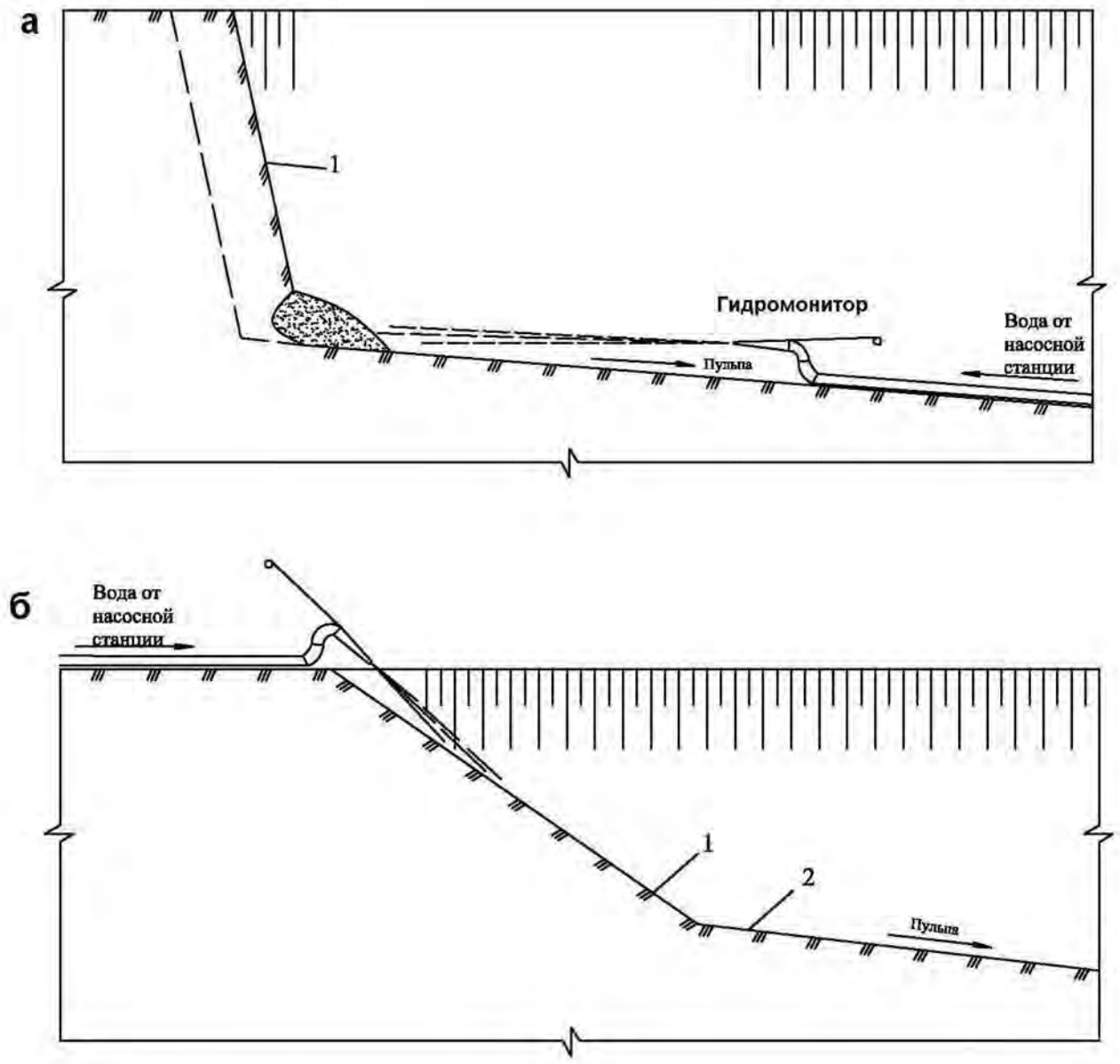


Рис. 1.1. Способы размыва пород при использовании гидромонитора: а - с нижней площадки уступа; б - с поверхности уступа (1 – забой, 2 – подошва забоя, 3 – гидромонитор)

д) диаметра насадки;

е) организации вскрышных и добычных работ, длины отрабатываемой заходки, высоты и ширины забоя.

Физико-механические свойства грунта во всех случаях оказывают значительное влияние на величину удельного расхода воды и на эффективность отработки месторождения. Практические данные показывают, что при переходе от легкоразмываемых грунтов к трудноразмываемым удельный расход увеличивается примерно в 8 раз.

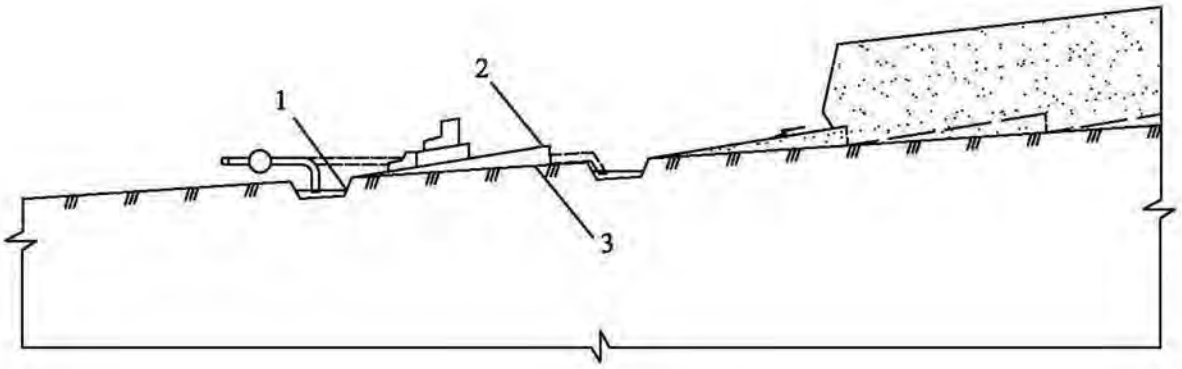


Рис. 1.2. Способ размыва пород с недомывом: 1 - зумпф; 2 – недомыв; 3 - подошва забоя

При гидромониторных работах на удельный расход и необходимое давление воды значительно влияет высота уступа. С увеличением высоты забоя повышается интенсивность размыва, снижается удельный расход воды, уменьшается протяженность карьерных трубопроводов, увеличивается объем породы, смываемая с одной стоянки гидромонитора и землесоса, уменьшается недомыв.

На практике всю толщу мягких вскрышных пород стараются разрабатывать одним уступом.

При разработке нескольких вскрышных уступов и при наличии в породном массиве различных по плотности и связности пород, разбивка на уступы должна производиться таким образом, чтобы подошва уступа, по которой производится подрезка, содержала менее связные породы, чем обрушаемый массив, что позволяет снизить необходимое давление воды.

2. РАСЧЕТ РАСХОДА И НАПОРА ВОДЫ

Данные по вариантам работ приведены в приложении 1.1 и 1.2.

Удельный расход воды на отбойку породы ($м^3/м^3$) вычисляют по формуле

$$a_1 = P_1 / H^{0,5} \cdot V_з , \qquad (1.1)$$

где P_1 - коэффициент работы по отбойке $(м^3 \cdot м)^{0,5}$; H - необходимый напор воды, м (табл. 1.1); $V_з$ - коэффициент трудоемкости размыва забоя.

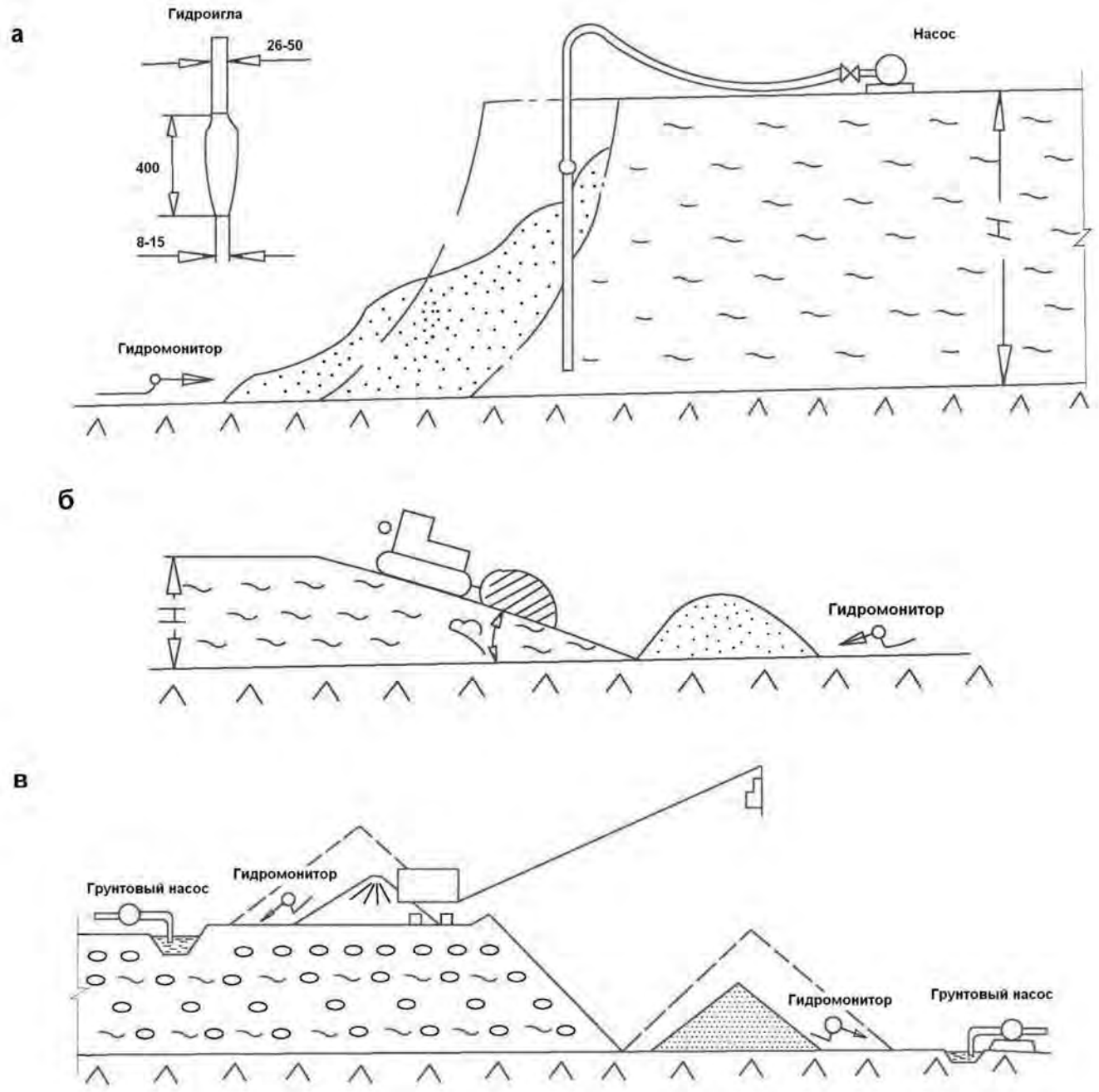


Рис. 1.3. Способы размыва пород: а – с увлажнением (применение гидроигл); б, в – с механическим рыхлением

Высота уступа соответствует мощности пород вскрыши и принимается с учетом следующих рекомендаций: при применении размыва с поверхности - не более 5 м; с нижней площадки уступа – не более 25...30 м. При большей мощности пород вскрыши из условий безопасности ведения работ принимают 2-3 уступа.

Удельный расход воды на выгонку ($м^3/м^3$) рассчитывают по формуле

$$a_2 = P_2 / H^{0,25} \cdot V_в, \quad (1.2)$$

где P_2 - коэффициент работы по выгонке $(м^3 \cdot м)^{0,25}$; $V_в$ - коэффициент трудоемкости перемещения пород.

Коэффициенты работы по отбойке $(м^3 \cdot м)^{0,5}$ и выгонке $(м^3 \cdot м)^{0,25}$:

$$P_1 = 6 \cdot 10^{-4} \cdot H^{2,6274}; \quad (1.3)$$

$$P_2 = (3,93 \cdot B_г^2 - 5,37 \cdot B_г + 237,98) \cdot 10^{-2}, \quad (1.4)$$

где $B_г$ – выход мелкой гальки (-20+10 мм) в размываемых рыхлых отложениях, %.

Таблица 1.1

Необходимый напор воды для размыва пород гидромонитором

Категория пород	Породы	Необходимый напор при высоте уступа, м:		
		≤ 5	от 5 до 15	≥ 15
1	Предварительно разрыхленные не слежавшиеся	30-40	40-50	50-60
2	Пески мелкозернистые	30-40	40-50	50-60
	Супесь легкая	30-40	40-50	50-60
	Лесс рыхлый	40-50	50-60	60-70
	Торф разложившийся	40-50	50-60	60-70
3	Пески среднезернистые	30-40	40-50	50-60
	Супесь средняя	40-50	50-60	60-70
	Суглинок легкий	50-60	60-80	70-90
	Лесс плотный	60-70	70-80	80-100
4	Пески крупнозернистые	30-50	40-60	50-70
	Супесь тяжелая	50-70	60-80	70-90
	Суглинок средний, тяжелый и глины песчаные	70-100	80-110	90-120
5	Песчано-гравийная смесь с содержанием гравия до 25 %	40-80	50-90	60-100
	Глины полужирные с содержанием глинистых фракций 40...50 %	80-120	100-140	120-160
6	Песчано-гравийная смесь с содержанием гравия до 40 %	50-90	60-100	70-110
	Глины полужирные с содержанием глинистых фракций до 50...60 %	100-140	120-160	140-180

Расчетные данные коэффициентов по отбойке и выгонке необходимо проверить по таблицам 1.2 и 1.3.

Коэффициент трудоемкости размыва пород в забое определяют по формуле

$$V_з = \xi_р \cdot \xi_в, \quad (1.5)$$

где $\xi_р$ - коэффициент способа размыва (табл. 1.4); $\xi_в$ - коэффициент высоты уступа.

Таблица 1.2

Необходимый расход воды на отбойку

Категория крепости пород	Коэффициент работы по отбойке, $(м^3 \cdot м)^{0,5}$	Удельные расходы воды на отбойку, $(м^3/м^3)$	
		Предельное значение	Наиболее распространенное
1	14...16	1,8...3,0	2...2,6
2	23...27	2,5...4,6	3,0...3,8
3	42...48	4,2...7,5	4,5...6
4	65...75	6...11	7...9
5	110...130	9...17	10...13
6	180...240	14...25	16...20

Таблица 1.3

Необходимый расход воды на выгонку

Крупнозернистый состав пород	Коэффициент работы по выгонке пород, $(м^3 \cdot м)^{0,25}$	Удельные расходы воды на выгонку, $(м^3/м^3)$	
		Предельное значение	Наиболее распространенное
Мелкая и крупная галька отсутствует	1...1,2	0,3...0,6	0,4...0,5
Галька мелкая до1 %	2,0...2,5	0,5...0,1	0,6...0,8
Галька мелкая до 5 %, крупная до 1 %	3,0...4,0	0,8...2,0	0,9...1,2
Галька мелкая до 10 %, крупная до 2 %	5...6,5	1,5...4,0	1,6...2,6
Галька мелкая до 15 %, крупная до 3 %	7...9	2,0...5,5	1,8...4,0
Галька мелкая до 20 %, крупная до 5 %	10...14	3...7,5	3,5...6
Галька мелкая до 25 %, крупная до 7 %	18...23	5...12	6...10
Галька мелкая до 30 %, булыжник до 10 %	28...35	7...17	8...12

Коэффициент высоты уступа зависит от способа размыва. Отличительными признаками способов размыва являются расположение гидромонитора относительно разрабатываемого уступа и приемы, используемые для отделения пород от целика, определяющие порядок размыва пород в забое.

$$\xi_в = a \cdot H_у^{-в}. \qquad (1.6)$$

где а, в – эмпирические коэффициенты; $H_у$ – высота уступа, м.

Таблица 1.4

Коэффициенты способа размыва

Способ размыва пород	Категория пород	Коэффициент способа размыва
Размыв с верхней площадки уступа	-	1,3
Размыв с нижней площадки уступа	-	1
Размыв с предварительным увлажнением пород	от 3 до 4 от 5 до 6	0,1...0,3 1
Размыв с механическим рыхлением	4 5	0,3...0,4 0,2
Размыв с предварительным рыхлением взрывными работами	от 4 до 6	0,4...0,5

При размыве с верхней площадки уступа а=0,813, в=0,288. При размыве с нижней площадки уступа а=1,467, в=0,141.

Для размыва с предварительным увлажнением коэффициент высоты уступа находиться в пределах 0,6...0,8.

При размыве с механическим рыхлением, породы отделяют от целика бульдозером или экскаватором, образуя отвалы рыхлых пород. Напорной струей осуществляют только выгонку пород из отвала, вследствие чего удельный расход воды сокращается. Коэффициент высоты уступа для этих условий равен 0,8...0,9.

Для размыва с предварительным рыхлением взрывными работами (способ подготовки на практике имеет небольшое применение) коэффициент высоты уступа равен 0,9.

Коэффициент трудоемкости перемещения пород

$$V_в = \xi_с \cdot \xi_у \cdot \xi_{вг} , \qquad (1.7)$$

где $\xi_с$ - коэффициент системы разработки; $\xi_у$ - коэффициент уклона; $\xi_{вг}$ - коэффициент способа выгонки пород.

Главным отличительным признаком гидравлических систем разработки является порядок перемещения очистных выработок (забоев), который оказывает влияние на использование ударной силы струи и эффективность перемещения пород от забоя к основным транспортирующим устройствам. По этому признаку различают: системы с попутным, встречным, боковым, веерным и комбинированным забоем (рис. 1.4, 1.5). Подчиненным отличительным признаком системы является направление перемещения забоя относительно восстания долины - продольная или поперечная, или относительно главного подъемного устройства - веерная или полувеерная.

Таким образом, различают следующие системы гидравлических разработок: *с попутным забоем* (попутно-продольная; попутно-поперечная; попутная с отступающим забоем); *со встречным забоем* (встречно-продольная; встречно-поперечная); *с боковым забоем* (боковая продольная; боковая поперечная); *веерная* (с полным веером; с полувеером); *комбинированная*.

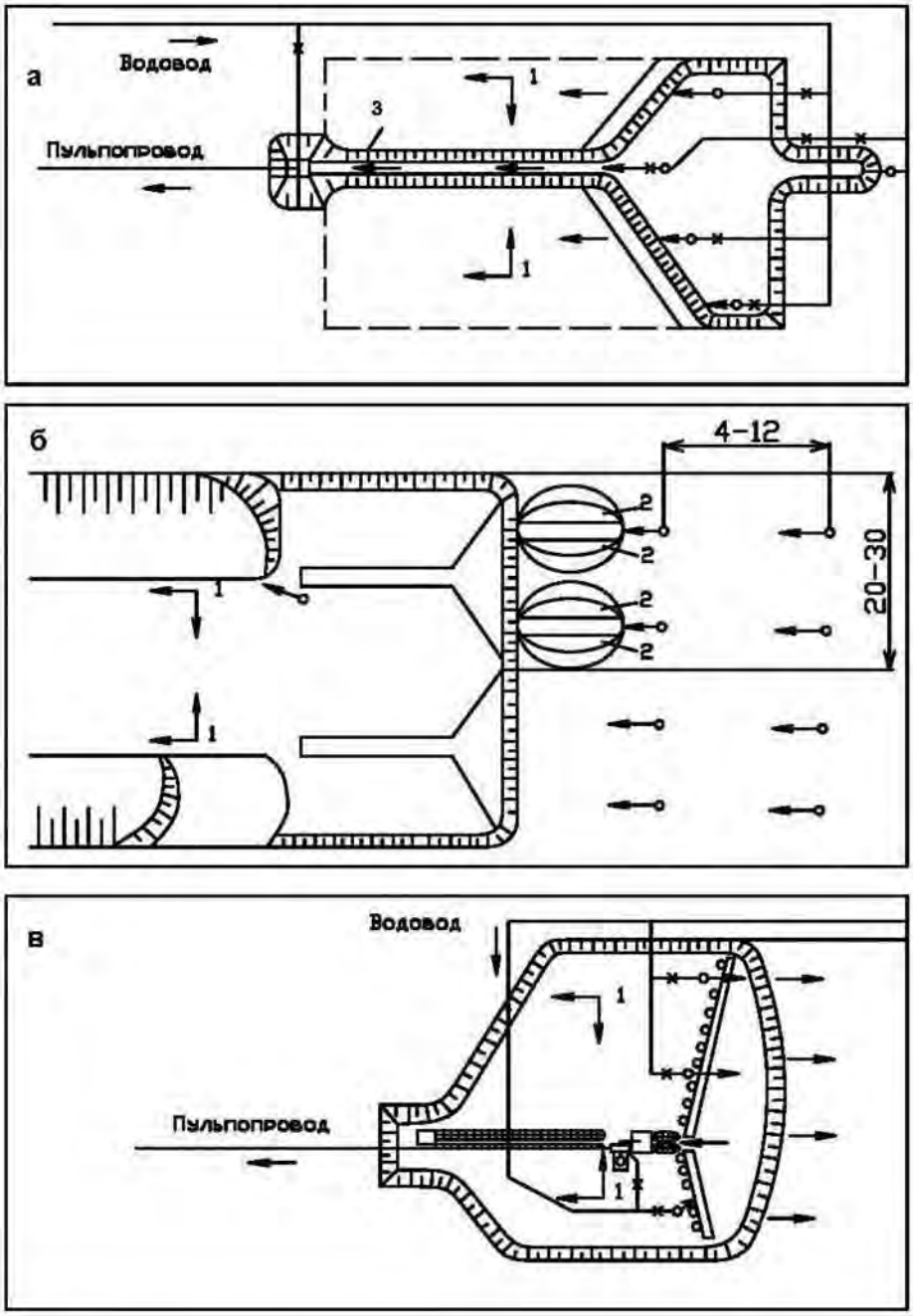


Рис. 1.4. Системы гидравлической разработки месторождений:
а – попутным забоем; б – попутно-отступающим забоем; в – встречным забоем:
1 – уклон основания рыхлых отложений; 2 – границы забоев; 3 – нарезная канава

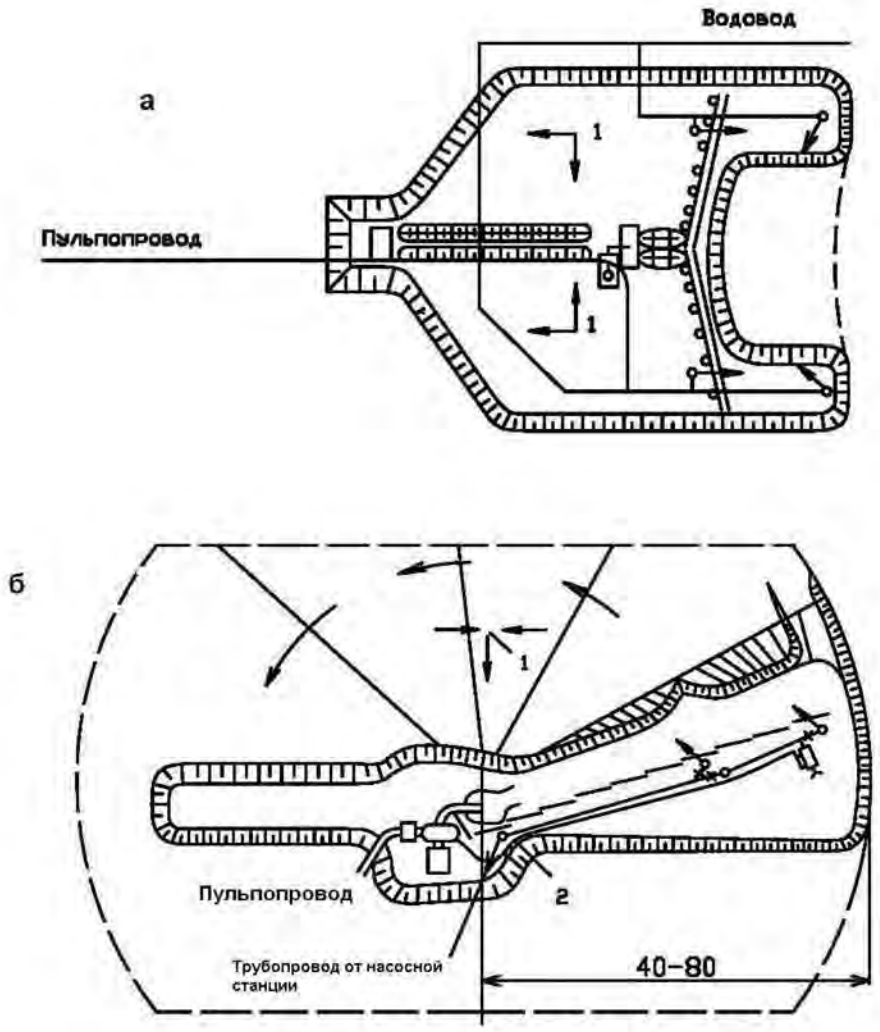


Рис. 1.5. Системы гидравлической разработки месторождений:
а – с боковым забоем; б – веерная: 1 – уклон основания рыхлых отложений; 2 – шарнир

Система разработки должна при наименьших объемах работ по проходке нарезных канав обеспечивать: наименьшие удельные расходы воды на размыв; наименьшие объемы работ по уборке валунов и перестановке оборудования; небольшие потери полезного ископаемого. Производительность оборудования разреза по промываемым грунтам при выбранной системе разработки должна быть максимальной, а себестоимость очистной выемки - минимальной.

Система гидравлической разработки месторождений с попутным забоем сокращают расход напорной воды на выгонку, целесообразно применять при мощности отложений до 10…15 м (в приведенных вариантах расчета гидромониторы устанавливают с одной стороны нарезной канавы). Система гидравлической разработки с попутно-отступающим забоем применяется при мощности отложений до 5 м. Система гидравлической разработки с встречным забоем увеличивает

расход напорной воды на выгонку, целесообразно применять при мощности отложений более 15 м. Система гидравлической разработки месторождений с боковым забоем сочетает преимущества встречного и попутного забоев, а веерная - позволяет отрабатывать отложения со сложным направлением уклонов основания, но сложна в организации работ.

Одинаковые направления напорной струи гидромонитора и потока транспортируемой от забоя пульпы в системах с попутным забоем обеспечивают минимальную трудоемкость перемещения пород (табл. 1.5), а противоположное направление в системах со встречным забоем – максимальную.

Таблица 1.5

Значения коэффициентов системы разработки

Система разработки	Коэффициент системы разработки
С попутным забоем	1
Со встречным забоем	1,9
С боковым забоем и веерным забоем	1,3

Коэффициент уклона определяют по формуле

$$\xi_y = c / (100 \cdot i) + e, \qquad (1.8)$$

где c, e – эмпирические коэффициенты; i - уклон поверхности смыва (i = 0,015...0,060 в зависимости от состава размываемых грунтов, см. табл. 1.6). Направление ведения горных работ (продольное или поперечное) выбирают по значению максимального уклона и в случае если он больше или равен значениям, приведенным в табл. 1.6, его принимают в дальнейших расчетах. При меньших значениях, с целью обеспечения эффективной выгонки гидросмеси из забоя, организуют недомыв.

Таблица 1.6

Минимальные уклоны при самотечном гидротранспортировании пород

Характеристика транспортируемых пород	Уклон лотков	Уклон канав, поверхности смыва
Глинистые, лёсс, супесь, суглинки, торф	0,015...0,025	0,020...0,030
Песок:		
- мелкий	0,025...0,030	0,030...0,040
- средний	0,030...0,035	0,040...0,050
- крупный	0,035...0,050	0,050...0,060
Песчано-гравийная смесь	0,050...0,060	0,050...0,060

Для системы разработки попутным забоем и размещением гидромониторов на нижней площадке уступа, а также для системы разработки со встречным забоем, для систем разработки с боковым и веерным забоем - c=0,404, e=0,566.

Для системы с попутно-отступающим забоем и размывом с поверхности c=0,186, e=0,758.

Коэффициент способа выгонки пород при использовании только напорной струи гидромонитора $\xi_{вг} = 1$, а при применении бульдозера и напорной струи гидромонитора $\xi_{вг} = 0,2...0,4$.

Коэффициент способа перемещения при использовании напорной струи $\xi_{вг} = 1$, а при применении бульдозера и напорной струи $\xi_{вг} = 0,2...0,4$.

Расчетные значения удельного расхода воды необходимо проверить с нормативными данными (табл. 1.7 и 1.8). Выбирается большее значение.

Таблица 1.7

Нормированные показатели удельного расхода воды и напора по ЕНВиВ

Категория	Наименование горных пород	Удельный расход воды* ($м^3/м^3$) при уклоне:		Рекомендуемый напор воды, м	
		≤0,03	>0,03	Минимально необходимый	Оптимальный
1	Глина сухая, рыхлая в отвалах. Лесс рыхлый, влажный песок разной зернистости. Супесь рыхлая (легкая). Торф. Торф и растительный слой без корней.	8,0	6,4	20	30-45
2	Гравий. Суглинок легкий лессовидный. Торф и растительный слой с корнями или с небольшой примесью мелкой гальки и щебня. Супесь средняя.	11,8	9,4	25	40-65
3	Галька размером 10-40 мм. Глина мягкая, жирная. Песчано-глинистые породы. Дресва. Суглинок тяжелый. Супесь тяжелая. Щебень различных размеров. Лед.	14,7	11.8	40	50-80
4	Галька размером 41-100 мм. Глина сланцевая, моренная. Галечно-щебенистые породы, связанные глиной. Песчано-глинистые породы с включением гальки, щебня и валунов. Суглинки тяжелые с примесью щебня.	18,7	15,0	50	70-100

Продолжение таблицы 1.7

5	Мерзлые породы I-II категории. Песчаные породы, слабо сцементированные песчано-глинистым цементом. Конгломераты осадочных пород. Мергели.	22,5	18,0	60	90-120
6	Мерзлые породы III-V категории.	Размывать не рекомендуется			

*Примечание. Нормы удельного расхода воды установлены для размыва боковым и встречным забоем с установкой гидромонитора на плотике, для других случаев размыва удельный расход воды умножать на поправку: 0,9 - для попутного забоя с гидромонитором на плотике; 1,15 - для попутного забоя с гидромонитором на верхней площадке уступа; 1,11 - при наличии валунов (+200 мм) более 10 % от общего объема горной массы; 1,18 - при наличии старых горных выработок с забутовкой деревянной крепью; для зачистки плотика - в зависимости от степени его закарстованности в процентах:

Степень закарстованности, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Поправка	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

Таблица 1.8

Нормирование удельного расхода воды на размыв пород россыпных месторождений по методу НТП-76

Категория пород по:		Удельный расход воды, м³/м³							
шкале ЕКТП	трудности размыва гидромонитором	Способ транспортирования породы							
		Безнапорный						Напорный	
		Уклон плотика ≥0,03			Уклон плотика <0,03				
		Высота уступа, м:							
		До 5	5-15	Свыше 15	До 5	5-15	Свыше 15	Гидроэлеваторами	Землесосами
I	1	5,0	4,5	3,5	9,0	8,1	6,3	10,8	8,0
	2	6,0	5,4	4,0	10,8	9,7	7,2	13,0	10,0
II	3	7,0	6,3	5,0	12,6	11,4	9,0	15,1	11,0
III	4	9,0	8,1	7,0	16,6	14,4	12,6	19,2	13,0
IV	5	12,0	10,8	9,0	21,6	19,5	16,2	26,0	14,0
V	6	14,0	12,6	10,0	25,2	22,7	18,0	30,2	16,0

Примечания.

1. Увеличение расхода воды на зачистку плотика принимать умножением на повышающий коэффициент аналогично табл. 1.5.

2. При наличии валунов размером +200 мм удельный расход увеличивать делением на следующие коэффициенты: 0,9 при выходе до 2 %; 0,8-0,85 - при выходе валунов от 2 до 5 %; 0,75-0,8 - при выходе более 5 %

3. Мерзлые породы I и II категории нормировать по III категории, III по IV и т.д.; для мерзлых пород V категории принимать удельный расход выше указанного в таблице на 20 %.

Гидравлический расчет гидромониторов предусматривает расчет расхода воды у насадки гидромонитора, скорости вылета струи из насадки и ее диаметра, а также рабочего напора у насадки гидромонитора.

Секундный расход воды у насадки гидромонитора ($м^3/с$):

а) при отбойке пород

$$Q^{о}_{с} = W_{г} \cdot a_1 / (3600 \cdot T) ; \quad (1.9)$$

б) при выгонке пород

$$Q^{в}_{с} = W_{г} \cdot a_2 / (3600 \cdot T) , \quad (1.10)$$

где $W_г$ - суточная производительность предприятия по породе, $м^3$; Т - чистое время работы гидромонитора в течение суток, ч.

Величина $W_г$ определяется по данным приложения 1.1 с учетом фактического времени использования гидроустановок во времени (табл. 1.9). Для гидроустановок, эксплуатируемых при разработке россыпных месторождений, коэффициент использования во времени рекомендуется принимать в пределах 0,7-0,85.

Чистое время работы гидромонитора в течение суток

$$T = n \cdot t_{см} \cdot k_{и},$$

где n – число рабочих смен в сутках; $t_{см}$ - продолжительность смены, ч; $k_и$ - коэффициент использования гидромонитора во времени.

Таблица 1.9

Коэффициент использования гидроустановки во времени

Вид работы	Коэффициент
Сброс пульпы в водоем или отвал без устройства обвалования	0,95
Укладка грунта в отвал с устройством обвалования или в подводную часть сооружения (штабелей) или намыв свободным откосом	0,9
Намыв широкопрофильных частей сооружений (штабелей) или площадей	0,85
Намыв узкопрофильных частей сооружений (штабелей)	0,75

В работе учитывать сброс пульпы в водоем или отвал без устройства обвалования.

Скорость вылета струи из насадки (м/с) рассчитываем по формуле

$$V_с = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} , \quad (1.11)$$

где φ - коэффициент скорости, g - ускорение свободного падения, м/с^2.

Коэффициент скорости находится в пределах 0,92...0,96 и зависит от плавности перехода и качества обработки внутренней поверхности насадки. В расчетах принимаем в первом приближении значение коэффициента скорости 0,94.

Расчетный диаметр насадки (м):

а) на отбойку породы

$$D = 0{,}55 \cdot \sqrt{Q_c^o / \sqrt{H}}\,; \qquad (1.12)$$

б) на выгонку породы

$$D = 0{,}55 \cdot \sqrt{Q_c^в / \sqrt{H}}\,. \qquad (1.13)$$

При выборе марки гидромонитора (прил. 1.3) необходимо руководствоваться следующими положениями:

- поскольку в решаемой задаче не требуется использование экономических критериев, выбор гидромонитора производится по величине его производительности по воде. При этом не нужно стремиться к обеспечению заданного расхода воды одним гидромонитором. Надо иметь в виду, что в прил. 1.3 указано ориентировочное значение максимально возможной производительности, которая очень существенно меняется в зависимости от диаметра насадки и рабочего напора воды;
- если расчетный диаметр насадки не соответствует стандартным диаметрам выбранного гидромонитора, выбирают два и более других марок по параметрам суммарного водопотребления и площади поперечного сечения насадок.

Используя стандартные диаметры насадок (прил. 1.4) выбранного гидромонитора, определяем действительный рабочий напор у насадки гидромонитора (м):

а) на отбойку пород

$$H^o_д = 0{,}55^4 \cdot Q^o{}_c^2 / D^4\,; \qquad (1.14)$$

б) на выгонку пород

$$H^в_д = 0{,}55^4 \cdot Q^в{}_c^2 / D^4\,. \qquad (1.15)$$

Расчетные значения напора воды $H^o_д$ необходимо проверить с нормативными данными (табл. 1.7 и 1.8). Если нормативное значение больше меняют насадку или тип гидромонитора.

Действительная скорость вылета струи из насадки (м/с) определяется по формуле

$$V_д = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_д^o} \ . \qquad (1.16)$$

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГИДРОМОНИТОРА

Теоретическую дальность полета струи при максимальном подъеме ствола, если не учитывать аэрацию струи, сопротивление воздуха и высоту расположения ствола гидромонитора относительно условного горизонта можно определить по формуле

$$L_т = V_д^2 \cdot \sin 2\alpha / g, \qquad (1.17)$$

где α - максимальный угол подъема ствола гидромонитора, град.

Вследствие сопротивления воздуха действительная дальность полета струи меньше теоретической, а наибольшая длина полета достигается при наклоне ствола 30^0. В зависимости от направления и силы ветра, а также диаметра насадки эта длина не превышает 85...95 % от теоретической.

Фактическая дальность полета струи

$$L_д = 0{,}9 \cdot L_т . \qquad (1.18)$$

После вылета из насадки в результате сопротивления окружающей среды происходит постепенный распад струи, уменьшение средней скорости полета и увеличение поперечного сечения. В результате этого с увеличением расстояния от насадки до забоя величина контактного динамического давления струи и производительность гидромонитора при размыве пород уменьшаются.

Для наилучшего использования более плотной части струи и интенсивного размыва гидромонитор должен быть расположен как можно ближе к забою.

Минимальное расстояние от гидромонитора до забоя (коэффициент приближения гидромонитора к забою) ограничивается правилами безопасности, согласно которым оно должно быть не менее 0,8 высоты уступа, а для глинистых пород, способных к обрушению большими глыбами, не менее 1,2 высоты уступа. При дистанционном управлении гидромониторами допускается уменьшение этого расстояния до 0,5…0,7 высоты уступа, а при самоходных гидромониторах, которые можно быстро отодвинуть в период обрушения - до 0,3 высоты уступа (в данных случаях необходимо разрешение органов Ростехнадзора).

Передвижения гидромонитора для поддержания минимального расстояния должны быть по возможности более частыми. Наблюдениями установлено, что

при разработке суглинков средней плотности происходит снижение производительности в среднем на 5 % при увеличении расстояния на каждый 1 м между забоем и гидромонитором, а при очень тяжелых суглинках и глинах достигает еще больших значений.

Рекомендуемая величина шага передвижки гидромонитора приведены в табл. 1.10.

Таблица 1.10

Рекомендуемая величина шага передвижки гидромонитора

Категория крепости пород	Шаг передвижки гидромонитора, м
1	12
2	10
3	8
4	6
5	4
6	2

Наименьшее расстояние установки гидромонитора от забоя (м)

$$L_{min} = H_y \cdot a_к, \qquad (1.22)$$

где H_y - высота уступа, м; $a_к$ - коэффициент приближения гидромонитора к забою.

Наибольшее расстояние установки гидромонитора от забоя (м)

$$L_{max} = H_y + S, \qquad (1.23)$$

где S - шаг передвижки гидромонитора, определяемой длиной принятого забойного трубопровода, м.

Практикой установлено, что размыв в целике целесообразно осуществлять при расстоянии от забоя до насадки гидромонитора, не превышающем 0,25...0,3 величины напора, т.к. на хвостовом участке струи осевое давление мало.

Поэтому предельное рациональное удаление гидромонитора от забоя при размыве пород в целике должно устанавливаться в пределах (м)

$$l_{max} = \varepsilon \cdot H^{o}_{д}, \qquad (1.24)$$

где $\varepsilon = 0{,}25...0{,}3$ коэффициент использования струи при подрезке.

Расчетный шаг передвижки гидромонитора (м)

$$S = \sqrt{(8 \cdot l^2_{max} + H^2_y) - 3 \cdot H_y} \ /4 \ . \qquad (1.25)$$

Окончательно шаг передвижки выбирают исходя из стандартных длин трубных вставок согласно табл. 1.10 и не более величины l_{max}.

Ширина заходки гидромонитора (м)

$$B=2 \cdot \sqrt{l_{max}^2 - (l_{max} - S)^2} \ . \qquad (1.26)$$

Расстояние установки землесосной станции от забоя и шаг ее передвижки (м) в первом приближении можно принять из табл. 1.11 или по формуле (при применении недомыва)

$$a = h / i \ , \qquad (1.27)$$

где h - высота недомыва, м (h = 1,5...2 м); i - уклон недомыва в сторону зумпфа. При отсутствии недомыва используют данные табл. 1.11.

Объем породы ($м^3$), разрабатываемой с одной стоянки гидромонитора

$$W_{гм} = H_у \cdot B \cdot S \ . \qquad (1.28)$$

Объем породы ($м^3$), разрабатываемой с одной стоянки землесосной станции

$$W_з = H_у \cdot B \cdot a \cdot n_г \ , \qquad (1.29)$$

где $n_г$ - число работающих на землесосную станцию гидромониторов.

Продолжительность цикла разработки (ч) с одной стоянки гидромонитора

$$t_ц = (W_{гм} / Q_ч \ ) + t_д + t_м + t_{пер} \ , \qquad (1.30)$$

где $Q_ч$ - часовая производительность гидромонитора по твердому, $м^3/ч$ (определяется в зависимости от удельного расхода воды и секундного расхода по приведенным ранее формулам); $t_д$ и $t_м$ - время, соответственно, на демонтаж и монтаж гидромонитора, принимается равным по 1 ч; $t_{пер}$ - время на передвижение гидромонитора на новую стоянку (принимается в зависимости от массы гидромонитора – $Р_{гм}$, т), ч.

$$t_{пер} = 8{,}8 \cdot Р_{гм} \ , ч. \qquad (1.31)$$

Среднесменная производительность гидромонитора по твердому ($м^3$/смена)

$$Q_{см} = Q_ч \cdot t_{см} \cdot k_и \ . \qquad (1.32)$$

Таблица 1.11

Параметры размещения оборудования

Показатели	Напор воды на выходе из насадки гидромонитора, м							
	30	40	50	60	70	80	100	120
Предельная дальность полета струи, м	52	69	86	104	121	138	170	220
Максимальная ширина забоя на один гидромонитор, м	15	20	25	30	35	40	50	60
Расстояние от забоя до землесоса (гидроэлеватора), м	30	40	50	60	70	80	100	120
Площадь, отрабатываемая одним гидромонитором за одну передвижку, $м^2$	450	800	1250	1800	2450	3200	4200	5300

Для определения необходимого внутреннего диаметра напорного трубопровода ($D_{тр}$) достаточно иметь значения расхода воды и скорости её движения. Расход воды устанавливается по выбранному ранее типу гидромонитора. Скорость воды в трубопроводе можно принимать в пределах 0,5-3,0 м/с, но по экономическим факторам рекомендуется ограничиваться более узким диапазоном 1,5-2,0 м/с. В итоге по расчетному значению внутреннего диаметра принимают стандартный диаметр трубы (прил. 1.5).

Выбор необходимого типа насоса (прил. 1.6) и их количества для обеспечения гидромониторов напорной водой осуществляется по напору ($H_в$) и значению необходимого расхода воды.

Ориентировочно

$$H_в = H^o_д + H_п + H_{пут} + H_{мест}\ ,\ м, \qquad (1.33)$$

где $H_п$ – необходимый напор, определяемый по разнице отметок установки гидромонитора и насосной станции, м (рис. 1.6); $H_{пут}$ – путевые потери при напорной подаче воды к гидромонитору, м; $H_{мест}$ – местные потери, м.

$$H_{пут} = \lambda \cdot L_{тр} \cdot V^2 / (2 \cdot g \cdot D_{тр}), \qquad (1.34)$$

$$H_{мест} = (0{,}05 \ldots 0{,}1) \cdot H_{пут}, \qquad (1.35)$$

$$Q = V \cdot S_{тр}\ , \qquad (1.36)$$

где λ – коэффициент трения (рис. 1.7); $L_{тр}$ – длина трубопровода (ориентировочно определять на 20-30 % больше длины контура карьера), м; V – скорость воды в трубопроводе, м/с; Q – необходимый расход воды, $м^3/с$; $S_{тр}$ – площадь внутреннего сечения трубы, $м^2$.

При графическом отображении паспорт забоя включает следующее: гидромонитор, магистральные и забойные водоводы, пульпопровод, задвижки, необходимые канавы и пульпоприемный зумпф, грунтовый насос, ЛЭП. В обязательном порядке отмечается тип оборудования и параметры: уклоны поверхности, ее отметки и размеры отрабатываемого блока с направлением перемещения фронта добычных работ; высота уступа; ширина заходки и рабочей площадки; сектор работы гидромонитора и расстояние его установки до уступа; шаг передвижки гидромонитора; угол откоса уступа и параметры призмы возможного обрушения; шаг передвижки землесосной станции и, при наличии, параметры недомыва; отметки горизонтов, изолинии поверхности не нарушенного горными работами рельефа; диаметр трубопровода напорной воды и тип насоса; отвал валунов и его параметры; место вскрытия участка.

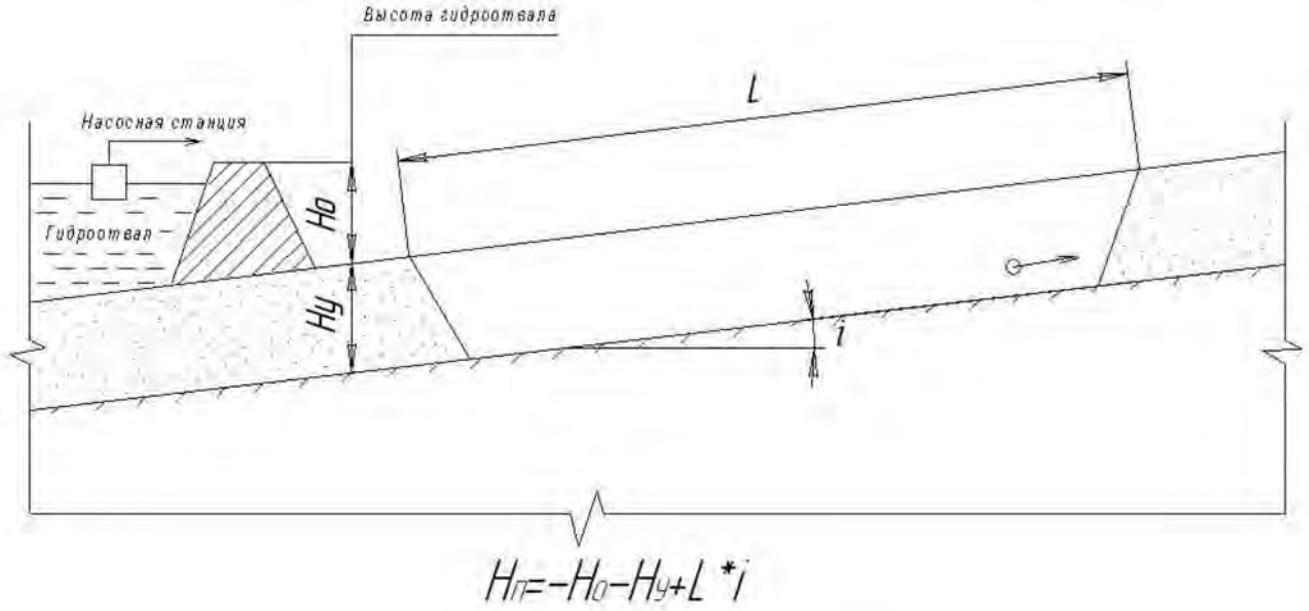


Рис. 1.6. Пример определения величины $H_п$

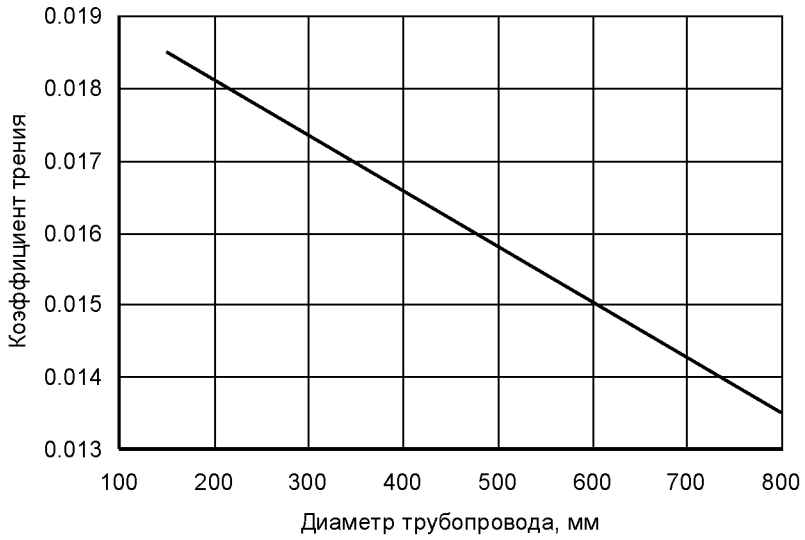


Рис. 1.7. График для определение коэффициента трения

Порядок построения паспорта забоя гидромонитора. В масштабе наносят контуры карьерного поля и заданные уклоны. Отмечают выработанное пространство (из учета вскрытия месторождения в месте самой низкой отметки) и забой в зависимости от выбранной системы разработки. Наносят место установки гидромонитора, приемного зумпфа, направляющих щитов. Обозначают коммуникации, отвал валунов и проставляют все определенные параметры.

Пример графического отображения результатов расчёта (паспорт забоя гидромонитора) приведен на рис. 1.8.

Паспорт забоя ГМН-150

М 1:500

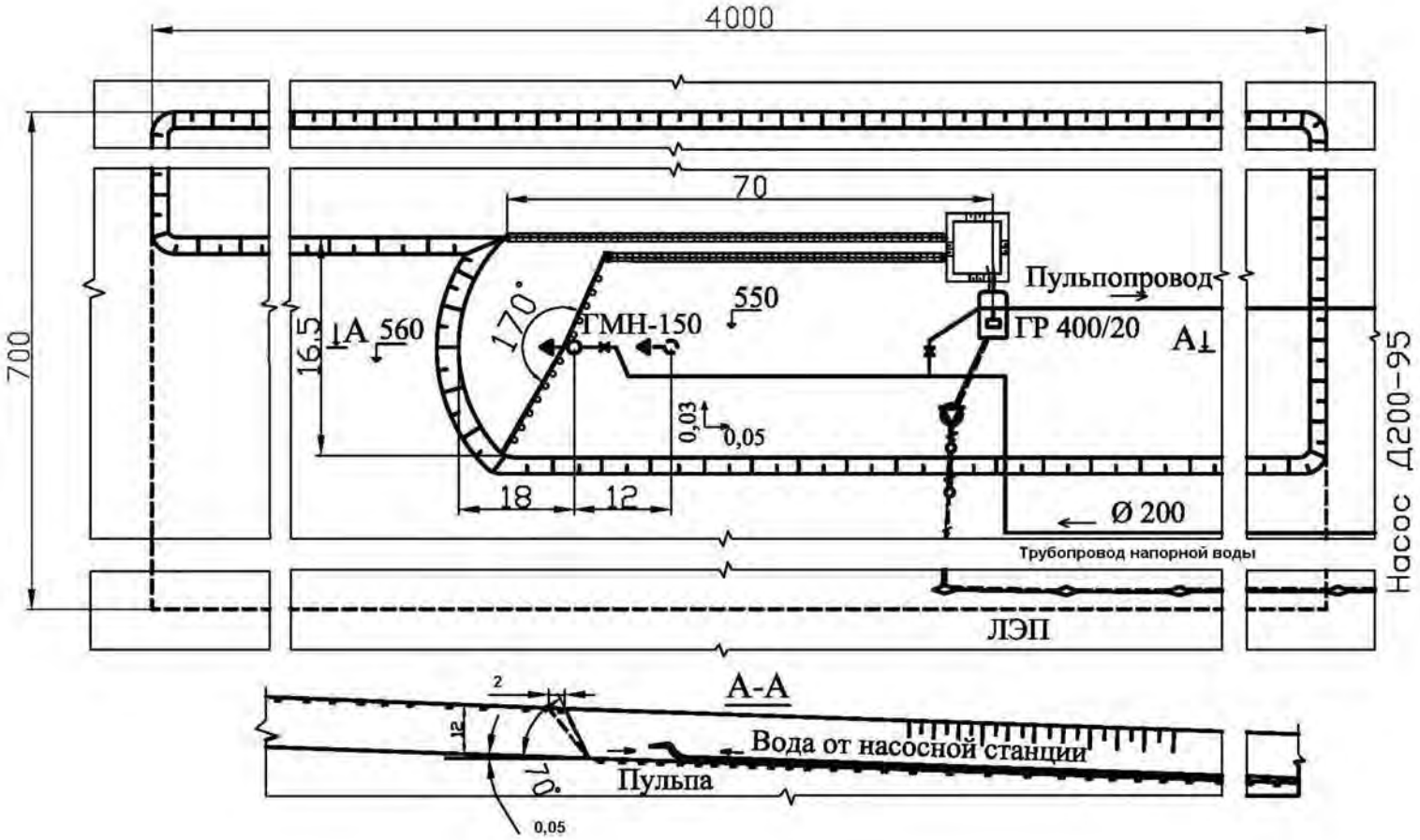


Рис. 1.8. Пример оформления паспорта забоя

Контрольные вопросы и задания.

1. Особенности гидромеханизированных работ при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.
2. Преимущества средств гидромеханизации на открытых горных работах.
3. Недостатки средств гидромеханизации на открытых горных работах.
4. Какие факторы влияют на определение удельного расхода воды на отбойку пород гидромониторами?
5. Какие факторы влияют на определение необходимого напора воды для размыва пород гидромонитором?
6. Что такое отбойка и выгонка пород?
7. Что такое гранулометрический состав рыхлых отложений?
8. Как определяется пористость и коэффициент пористости пород?
9. Какая крупность глинистых фракций?
10. Способы размыва горных пород гидромонитором.
11. Способы разупрочнения пород при использовании средств гидромеханизации.
12. Что такое уклон? Единицы измерения уклона.
13. Системы гидравлических разработок.
14. Выбор системы гидравлических разработок.
15. Элементы гидромонитора.
16. Параметры гидромонитора.
17. Какие факторы влияют на дальность полета струи гидромонитора?
18. Какое должно быть минимальное расстояние от гидромонитора до забоя?
19. Что такое шаг передвижки гидромонитора?
20. Дать определение производительности гидромониторной установки.
21. Способы увеличения производительности гидромонитора.
22. Что такое недомыв? В каких случаях он применяется?
23. Как определяется часовая производительность гидромонитора?
24. Что должен отображать паспорт забоя гидромониторной установки?
25. Основные правила безопасности при работе гидромонитора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной контрольная работа освещены методы расчета основных параметров технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых с использованием средств гидромеханизации - от подготовки грунтов к выемке до гидроотвалообразования. Структура материала включает не только порядок расчета параметров соответствующих технологических процессов, но и теорию, а также информационную базу данных основного оборудования.

При технологической оценке месторождений использования средств гидромеханизации следует обратить особое внимание на высокую степень экологической безопасности этого способа. Надежная организация систем оборотного водоснабжения обеспечивает его высокий рейтинг относительно других способов, даже при сезонном ведении горных работ. Следует отметить, что применение средств гидромеханизации можно обеспечить не только в целом при освоении месторождения, но и отдельно на любом технологическом процессе при ведении открытых горных работ.

Развитие дисциплины планируется в направлении геотехнологических методов разработки месторождений, использования специальных методов разупрочнения пород и интенсификации их размыва, применения мобильных устройств пульпоприготовления и организации систем оборотного водоснабжения.

БИБЛИАГРОФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аренс В.Ж. Скважинная добыча полезных ископаемых. - М.: Недра, 1986. - 279 с.
2. Бессмертный К.С., Британев В.А. Гидромониторщик на карьере. - М.: Недра, 1982. - 207 с.
3. Григевич В.В., Дробаденко В.П., Хныкин В.Ф. Гидромеханизация производственных процессов разработки россыпных месторождений Северо-Востока. - Магадан: Магаданское книжное издательство, 1981. - 143 с.
4. Дробаденко В.П., Потапова Т.С., Кисляков В.Е. Гидротехнические сооружения при разработке россыпных месторождений: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1992. - 285 с.
5. Кисляков В.Е. Разработка месторождений полезных ископаемых средствами гидромеханизации: Учеб. Пособие/ГАЦМиЗ. – Красноярск, 2000. - 156 с.
6. Кисляков В.Е. Расчет отстойников оборотного водоснабжения. - Красноярск: Изд-во Краснояр. гос. ун-та, 1988. - 176 с.
7. Кустов А.С. Методическое руководство по выполнению практических занятий по дисциплине «Гидромеханизация открытых горных рразработок». - Красноярск: КИЦМ, 1985. - 38 с.
8. Лезгинцев Г.М. Гидромеханизация разработки россыпей и методы расчета. - М.: Наука, 1968. - 220 с.
9. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции. - М.: Стройиздат, 1990. - 320 с.
10. Нурок Г.А. Гидромеханизация горных работ. - М.: ГНТИ, 1959. - 391 с.
11. Шорохов С.М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. - М.: Недра, 1973. - 768 с.
12. Ялтанец И.М., Щадов М.И. Практикум по открытым горным работам. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1996. - 407 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.1

Исходные данные по вариантам работ

Вариант	Производительность объекта по твердому, тыс.м^3/год (сезон)	Продолжительность сезона для ведения гидромеханизированных работ, сут.	Число рабочих смен в сутках и их продолжительность, ч	Мощность пород вскрыши, м	Выход (%) по фракциям крупности, мм (плотность фракций, т/м^3)					Наименование пород	Расстояние от границы карьера до гидроотвала, м	Высота гидроотвала, м
					-40+20	-20+10	-10+2	-2+0,1	-0,1			
1	800	250	2 (10)	3	5 (1,7)	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески среднезернистые	1000	10
2	1000	260	1 (10)	5	3 (1,7)	25 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески среднезернистые	1200	12
3	1100	270	2 (8)	7	3 (1,7)	10 (1,5)	45 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	1400	14
4	1200	280	3 (8)	10	3 (1,7)	10 (1,5)	30 (1,4)	45 (1,3)	10 (1,3)	Пески мелкозернистые	1600	16
5	1300	290	2 (10)	15	3 (1,7)	5 (1,5)	40 (1,4)	40 (1,3)	10 (1,3)	Пески мелкозернистые	1800	18
6	1400	300	1 (10)	18	3 (1,7)	5 (1,5)	30 (1,4)	50 (1,3)	10 (1,3)	Супесь легкая	2000	20
7	1500	310	2 (8)	20	0	10 (1,5)	20 (1,4)	50 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	2200	22
8	1600	320	3 (8)	40	0	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 30 %	2400	24
9	1700	330	2 (10)	35	0	20 (1,5)	40 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 40 %	2600	26
10	1800	340	1 (10)	30	0	5 (1,5)	10 (1,4)	45 (1,3)	40 (1,3)	Глина (-10 мм) - 40 %	2800	28
11	1900	350	2 (8)	25	0	5 (1,5)	10 (1,4)	50 (1,3)	35 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	3000	30
12	2000	240	3 (8)	20	0	5 (1,5)	20 (1,4)	40 (1,3)	35 (1,3)	Суглинок средний	3200	32
13	2100	250	2 (10)	15	0	0	30 (1,4)	40 (1,3)	30 (1,3)	Суглинок тяжелый	3400	34
14	2200	260	1 (10)	12	0	0	20 (1,4)	30 (1,3)	50 (1,3)	Глины песчаные	3600	36
15	2300	270	2 (8)	10	0	0	10 (1,4)	40 (1,3)	50 (1,3)	Глина 40 %	3800	38
16	2400	280	3 (8)	5	5 (1,7)	20 (1,5)	20 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Глина 50 %	4000	40
17	2500	290	2 (10)	4	13 (1,7)	20 (1,5)	10 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Супесь средняя	400	42
18	2600	300	1 (10)	3	13 (1,7)	30 (1,5)	30 (1,4)	10 (1,3)	10 (1,3)	Супесь средняя	600	44
19	2700	310	2 (8)	10	13 (1,7)	30 (1,5)	40 (1,4)	10 (1,3)	0	Суглинок легкий	800	46

20	2800	320	3 (8)	15	20 (1,7)	30 (1,5)	35 (1,4)	5 (1,3)	0	Гравий (-10 мм) - 40 %	1000	48
21	2900	330	2 (10)	20	20 (1,7)	30 (1,5)	40 (1,4)	0	0	Гравий (-10 мм) - 35 %	1200	50
22	3000	340	1 (10)	60	20 (1,7)	40 (1,5)	20 (1,4)	10 (1,3)	0	Гравий (-10 мм) - 40 %	1400	52
23	3100	350	2 (8)	35	5 (1,7)	15 (1,5)	35 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	1600	54
24	3200	250	3 (8)	30	4 (1,7)	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	15(1,3)	Пески среднезернистые	1800	56
25	3300	260	2 (10)	25	4 (1,7)	20 (1,5)	30 (1,4)	35 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	2000	58
26	3400	270	1 (10)	20	4 (1,7)	20 (1,5)	35 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	2200	60
27	3500	280	2 (8)	15	4 (1,7)	25 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	2400	62
28	3600	290	3 (8)	12	4 (1,7)	10 (1,5)	35 (1,4)	35 (1,3)	15 (1,3)	Пески среднезернистые	2600	64
29	3700	300	2 (10)	10	4 (1,7)	10 (1,5)	35 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 35 %	2800	66
30	800	250	2 (10)	3	5 (1,7)	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески среднезернистые	100	10
31	1000	260	1 (10)	5	3 (1,7)	25 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески среднезернистые	120	12
32	1100	270	2 (8)	7	3 (1,7)	10 (1,5)	45 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	140	14
33	1200	280	3 (8)	10	3 (1,7)	10 (1,5)	30 (1,4)	45 (1,3)	10 (1,3)	Пески мелкозернистые	160	16
34	1300	290	2 (10)	15	3 (1,7)	5 (1,5)	40 (1,4)	40 (1,3)	10 (1,3)	Пески мелкозернистые	180	18
35	1400	300	1 (10)	18	3 (1,7)	5 (1,5)	30 (1,4)	50 (1,3)	10 (1,3)	Супесь легкая	200	20
36	1500	310	2 (8)	20	0	10 (1,5)	20 (1,4)	50 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	220	22
37	1600	320	3 (8)	40	0	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 30 %	240	24
38	1700	330	2 (10)	35	0	20 (1,5)	40 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 40 %	260	26
39	1800	340	1 (10)	30	0	5 (1,5)	10 (1,4)	45 (1,3)	40 (1,3)	Глина (-10 мм) - 40 %	280	28
40	1900	350	2 (8)	25	0	5 (1,5)	10 (1,4)	50 (1,3)	35 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	300	30
41	2000	240	3 (8)	20	0	5 (1,5)	20 (1,4)	40 (1,3)	35 (1,3)	Суглинок средний	320	32
42	2100	250	2 (10)	15	0	0	30 (1,4)	40 (1,3)	30 (1,3)	Суглинок тяжелый	340	34
43	2200	260	1 (10)	12	0	0	20 (1,4)	30 (1,3)	50 (1,3)	Глины песчаные	360	36
44	2300	270	2 (8)	10	0	0	10 (1,4)	40 (1,3)	50 (1,3)	Глина 40 %	380	38
45	2400	280	3 (8)	5	5 (1,7)	20 (1,5)	20 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Глина 50 %	400	40
46	2500	290	2 (10)	4	13 (1,7)	20 (1,5)	10 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Супесь средняя	400	42
47	2600	300	1 (10)	3	13 (1,7)	30 (1,5)	30 (1,4)	10 (1,3)	10 (1,3)	Супесь средняя	600	44
48	2700	310	2 (8)	10	13 (1,7)	30 (1,5)	40 (1,4)	10 (1,3)	0	Суглинок легкий	800	46
49	2800	320	3 (8)	15	20 (1,7)	30 (1,5)	35 (1,4)	5 (1,3)	0	Гравий (-10 мм) - 40 %	1000	48
50	3800	310	2 (10)	5	4 (1,7)	5 (1,5)	30 (1,4)	40 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 30 %	3000	68

Приложение 1.2

Вариант	Количество транспортных полос по гребню плотины	Размеры контура карьера, м × м	Коэффициент разрыхления пород в массиве	Уклоны по месторождению:			Минимальная отметка поверхности отрабатываемого месторождения, м	Уклон долины реки	Содержание глинистых частиц в грунтах, %	Класс ответственности плотины	Максимальная скорость ветра за 10 лет, м/с	Содержания глинистых частиц в технологической воде на конец эксплуатации пруда-отстойника, г/л	Наличие валунов размером +200 мм, %
				по простиранию	по падению	по простиранию							
1	2	5000×200	1,15	0,002	-	0,02	650	0,003	2	I	20	20	5
2	1	5000×300	1,07	0,001	-	0,01	600	0,009	3	II	25	30	2
3	0	4000×700	1,14	0,05	0,02	0,01	550	0,008	4	III		40	2
4	2	4000×800	1,05	0,045	0,04	0,03	500	0,004	5	I	25	40	2
5	1	3000×100	1,06	0,02	0,01	0,02	450	0,007	6	II	30	50	2
6	0	3000×300	1,07	0,03	0,02	0,02	400	0,004	7	III		50	2
7	2	2500×400	1,15	0,04	0,03	0,04	380	0,006	8	I	27	50	0
8	1	2500×300	1,03	0,001	-	0,01	360	0,005	9	II	32	50	0
9	0	2000×100	1,09	0,002	-	0,04	340	0,004	2	III		20	0
10	1	2500×600	1,18	0,015	0,01	0,01	320	0,007	10	I	33	60	0
11	1	3000×500	1,08	0,04	0,045	0,01	300	0,009	11	II	35	60	0
12	0	2000×200	1,08	0,03	0,02	0,02	280	0,008	12	III		60	0
13	1	2000×500	1,15	0,02	0,01	0,04	260	0,02	13	I	20	60	0
14	1	1500×100	1,16	0,01	0,03	0,05	240	0,01	15	II	20	60	0
15	0	2000×450	1,17	0,02	0,01	0,03	220	0,02	20	III		70	0
16	1	2500×300	1,15	0,01	-	0,02	200	0,01	8	I	15	50	5
17	1	2000×100	1,08	0,01	-	0,03	180	0,02	9	III		50	7
18	0	2500×200	1,07	0,02	0,01	0,01	160	0,007	2	I	18	20	7
19	1	2000×300	1,16	0,03	0,04	0,01	140	0,006	1	II	20	10	7
20	0	2000×400	1,17	0,04	0,05	0,01	120	0,004	1	III		10	10

21	1	2500×400	1,09	0,02	0,03	0,01	620	0,01	1	I	22	10	10
22	0	1000×800	1,11	0,03	0,02	0,014	640	0,02	1	II	23	10	10
23	0	3000×300	1,12	0,009	-	0,04	660	0,008	5	III		40	5
24	1	4000×800	1,15	0,001	-	0,03	680	0,007	10	I	24	50	1
25	0	3000×100	1,07	0,05	0,04	0,02	700	0,009	4	II	25	30	1
26	0	3000×300	1,14	0,045	0,04	0,02	720	0,008	5	III		40	1
27	1	2500×400	1,05	0,02	0,03	0,04	740	0,02	6	I	26	50	1
28	0	2500×300	1,06	0,03	0,02	0,01	760	0,01	8	II	27	50	1
29	0	2000×100	1,07	0,04	0,02	0,04	780	0,02	10	III		60	1
30	0	1000×800	1,15	0,001	-	0,01	800	0,01	12	III		60	1
31	2	5000×200	1,15	0,002	-	0,015	650	0,003	2	I	20	20	5
32	1	5000×300	1,07	0,001	-	0,015	600	0,009	3	II	25	30	2
33	0	4000×700	1,14	0,05	0,02	0,015	550	0,008	4	III		40	2
34	2	4000×800	1,05	0,045	0,04	0,025	500	0,004	5	I	25	40	2
35	1	3000×100	1,06	0,02	0,01	0,025	450	0,007	6	II	30	50	2
36	0	3000×300	1,07	0,03	0,02	0,025	400	0,004	7	III		50	2
37	2	2500×400	1,15	0,04	0,03	0,035	380	0,006	8	I	27	50	0
38	1	2500×300	1,03	0,001	-	0,015	360	0,005	9	II	32	50	0
39	0	2000×100	1,09	0,002	-	0,035	340	0,004	2	III		20	0
40	1	2500×600	1,18	0,015	0,01	0,015	320	0,007	10	I	33	60	0
41	1	3000×500	1,08	0,04	0,045	0,015	300	0,009	11	II	35	60	0
42	0	2000×200	1,08	0,03	0,02	0,025	280	0,008	12	III		60	0
43	1	2000×500	1,15	0,02	0,01	0,035	260	0,02	13	I	20	60	0
44	1	1500×100	1,16	0,01	0,03	0,045	240	0,01	15	II	20	60	0
45	0	2000×450	1,17	0,02	0,01	0,035	220	0,02	20	III		70	0
46	1	2500×300	1,15	0,01	-	0,025	200	0,01	8	I	15	50	5
47	1	2000×100	1,08	0,01	-	0,035	180	0,02	9	III		50	7
48	0	2500×200	1,07	0,02	0,01	0,015	160	0,007	2	I	18	20	7
49	1	2000×300	1,16	0,03	0,04	0,015	140	0,006	1	II	20	10	7
50	0	2000×400	1,17	0,04	0,05	0,015	120	0,004	1	III		10	10

Закарстованности основания пород вскрыши нет.

Приложение 1.3

Технические характеристики гидромониторов

Тип гидромонитора	Рабочее давление воды, МПа	Диаметр входного отверстия, мм	Расход воды, м³/ч	Угол поворота ствола (град.):			Количество насадок	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг	Коэффициент приближения гидромонитора к забою	Код управления гидромонитором
				в горизонтальной плоскости	в вертикальной плоскости вверх	в вертикальной плоскости вниз							
ГМН-150	1,5	150	1300	360	30	30	3	3000	50	1000	75	1,0	ручное
ГМН-200	1,2	200	1500	360	30	30	4	3000	55	1200	125	1,0	ручное
ГМН-250	1,5	250	1550	360	32	28	5	3765	57	1460	175	1,0	ручное
ГМН-250с	1,5	250	1550	360	27	27	5	3200	57	1460	195	1,0	ручное
ГМП-250	2,0	250	1850	360	27	27	4	3585	67	1625	400	1,0	ручное
ГМД-250	2,5	250	2750	360	30	30	4	4420	219	1640	1035	0,5	дистанционное
ГМЦ-250	1,2	250	1850	360	30	31	4	2800	57	1350	660	0,5	дистанционное
ГМДУ-250	2,0	250	2340	360	35	35	5	4480	125	1600	1030	0,5	дистанционное
ГМДУ-300	3,0	300	3800	360	27	27	4	5625	246	2680	3000	0,5	дистанционное
ГМД-300	3,0	300	4000	330	40	70	5	8200	143	2300	4000	0,5	дистанционное
ГМН-300	1,2	300	4000	360	30	30	5	3200	57	1400	180	1,0	ручное
ГМСШД-300	3,0	300	4000	330	35	6	4	6690	394	3110	400	0,3	дистанционное
ГМН-350	2,0	350	4500	270	26	10	5	6870	224	2950	7000	0,5	дистанционное
КУГУ-350	2,0	350	4000	360	27	44	5	7650	150	3000	3800	0,5	дистанционное
ГМ-350	2,0	350	4500	270	26	10	5	7650	150	3000	3000	0,5	дистанционное
КУГУ-500	2,0	500	5000	360	18	18	3	7650	150	3000	3800	0,5	дистанционное
МСШД-500	3,0	500	7000	300	35	8	5	2000	394	4350	2000	0,3	дистанционное

Приложение 1.4

Насадки гидромониторов

Тип гидромонитора	Количество насадок	Диаметр выходной части насадки, мм				
ГМН-150	3	32	35	40	-	-
ГМН-200	4	50	70	90	100	-
ГМН-250	5	62	65	75	90	105
ГМН-250с	5	62	65	75	90	105
ГМП-250	4	80	100	110	125	-
ГМД-250	4	80	100	110	125	-
ГМЦ-250	4	50	70	90	100	-
ГМДУ-250	5	50	62	65	75	90
ГМДУ-300	4	50	70	90	100	-
ГМД-300	5	100	110	125	127	135
ГМН-300	5	100	110	125	127	135
ГМСШД-300	4	100	110	125	127	-
ГМН-350	5	150	155	160	165	175
КУГУ-350	5	125	135	150	165	175
ГМ-350	5	125	150	165	175	190
КУГУ-500	3	155	175	200	-	-
МСШД-500	5	155	175	200	210	215

Приложение 1.5

Основные параметры стальных труб (мм)

Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (ГОСТ 8732-78)		Трубы стальные электросварные с прямым швом (ГОСТ 10704-76)		Трубы стальные электросварные со спиральным швом (ГОСТ 8696-74)	
Диаметр наружный	Толщина стенки	Диаметр наружный	Толщина стенки	Диаметр наружный	Толщина стенки
159	6-9*	159	5; 5,5; 6; 7; 8	159	3; 3,5; 4; 5
168	6-9*	168	5; 5,5; 6; 7; 8	219	4; 5
180	6-9*	180	5; 5,5; 6; 7; 8	273	4; 5
194	6-9*	194	5; 5,5; 6; 7; 8	325	4-6*
203	6-9*	203	5; 5,5; 6; 7; 8	377	4-6*
219	6-9*	219	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	426	4-8*
245	7-12*	245	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	478	4-8*
273	7-12*	273	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	480	4-8*
299	8-12*	299	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	530	4-9*
325	8-12*	325	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	630	5-10*
351	8-12*	351	6-10*	720	5-12*
377	9-12*	377	6-10*	810	5-12*
402	9-12*	402	6-10*	820	5-12*
426	9-12*	426	6-10*	920	5-12*
450	9-12*	478	6-12*	1020	6-12*
478	9-12*	480	6-12*	1220	7-12*
480	9-12*	530	6-12*	1320	8-20*
500	9-12*	630	7-12*	1420	8-21*
530	9-12*	720	7-12*	-	-
560	9-12*	810	7-12*	-	-
600	9-12*	820	7-12*	-	-
630	9-12*	920	8-12*	-	-
720	9-12*	1020	8-12*	-	-
810	9-12*	1120	8-12*	-	-
820	9-12*	1220	9-12*	-	-

Примечание: звездочкой отмечены значения толщины стенки труб с интервалом 1 мм.

Основные параметры труб НПВХ ГОСТ Р 51613-2000 (мм)

Класс давления 0,63 МПа		Класс давления 0,8 МПа		Класс давления 1 МПа	
Диаметр наружный	Толщина стенки	Диаметр наружный	Толщина стенки	Диаметр наружный	Толщина стенки
110	2,7	110	3,4	110	5,3
160	4,0	160	4,9	110	4,2
225	5,5	225	6,9	160	6,2
315	7,7			225	8,6
315	9,7			315	12,1
				315	15,0

Длина труб 5500 мм

Приложение 1.6

Характеристика некоторых отечественных насосов

Марка насоса	Характеристики насоса			Характеристика электродвигателя		Масса насоса, кг
	Подача, $м^3/ч$	Напор, м	Диаметр рабочего колеса, мм	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	
Д200-95	200	95	280	2950	75	-
Д200-95	100	23	280	1450	13	210
Д200-36	200	36	350	1450	40	270
Д320-70	320	70	242	2950	100	260
Д500-65	500	65	465	1450	160	616
Д630-90	630	90	525	1450	250	1640
Д630-90	500	36	525	985	110	925
Д800-57	800	57	432	1450	200	813
Д1250-65	1250	65	460	1450	250	1153
Д1250-65	800	28	460	980	110	1153
Д1250-125	1250	125	625	1450	630	1770
Д1600-90	1600	90	540	1450	-	1432
Д1600-90	1100	40	540	980	-	1432
Д2000-21	2000	21	460	985	160	-
Д2000-21	1800	16	410	985	110	1630
Д2000-21	1500	13	410	735	110	-
Д2000-21	1250	14	410	735	90	-
Д2000-100	2000	100	855	985	800	-
Д2000-100	2300	89	855	1000	800	-
Д2000-100	1450	107	-	985	630	2480
Д2000-100	1350	93	-	1000	630	-
Д2500-62	2500	62	-	985	500	-
Д2500-62	2700	58	-	985	630	2200
Д2500-62	2000	34	-	-	250	-
Д3200-33	3200	33	550	985	320	-
Д3200-33	3000	23	490	985	250	2934
Д3200-33	2500	17	550	735	160	-
Д3200-33	2000	13,5	490	735	132	-
Д3200-75	3200	75	755	985	800	-
Д3200-75	3420	71	755	1000	800	4150
Д3200-75	2500	45	750	750	400	-
Д4000-95	4000	95	825	1000	1250	-
Д4000-95	4700	90	825	1000	1600	4960
Д4000-95	3200	55	825	750	630	-
Д4000-95	3600	52	825	735	630	-
Д5000-32	5000	32	700	740	630	-
Д5000-32	5000	26	665	740	500	-
Д5000-32	4700	20	615	740	320	5000
Д5000-32	3200	20	615	590	250	-
Д5000-32	4000	16,5	665	590	250	-
Д5000-32	3800	13	615	590	200	-
Д6300-27	6300	27	740	750	630	-
Д6300-27	4000	22	740	590	320	5000

Д6300-27	4800	10,5	650	590	320	-
Д6300-80	6300	80	900	750	2000	8766
Д6300-80	5000	50	90	600	1000	-
ЦН400-105	400	105	-	1480	200	-
ЦН400-210	400	210	-	1480	400	2368
ЦН900-310	900	310	-	1485	1250	11000
ЦН1000-180	1000	180	-	1500	630	2341
ЦН3000-197	3000	197	-	1000	2500	15200
ЦНС(г)13-70						

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть 1

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Исаков С.В., доцент, к.т.н.
Беляев В.Л., ст. преподаватель
Ганиев Р.С., ст. преподаватель

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **3**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 ..... **4**
Определение объема внешней капитальной траншеи 4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 ..... **10**
Вскрытие тупиковыми съездами 10

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ..... **17**
Конструкция транспортных берм при автомобильном транспорте 17

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 ..... **20**
Вскрытие карьерапетлевыми (спиральными) съездами 20

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 ..... **23**
Подготовка рабочих горизонтов. Расчет скорости углубки в карьере 23

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1 ..... **29**
Расчет вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых 29

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ **32**

ПРИЛОЖЕНИЯ **33**
Приложение 1 34
Приложение 2 35
Приложение 3 36
Приложение 4 37
Приложение 5 38
Приложение 6 39

ВВЕДЕНИЕ

Месторождение полезных ископаемых (или его часть) с массивом покрывающих и вмещающих горных пород, отведенное дляразработки открытым способом, называется карьерным полем.

В результате производства горных работ осуществляется выемка горных пород из недр земли, образуются горные выработки и их совокупность – карьер.

Горные работы по формированию карьера можно разделить на две группы:

- проведение горных выработок и устройство сооружений для обеспечения транспортных связей в карьере – это работы, связанные со вскрытием месторождения;
- производство вскрышных и добычных работ – это работы, связанные с системами разработки.

Вскрытие карьерного поля – это создание комплекса горных выработок, обеспечивающих грузо-транспортную связь между рабочими горизонтами и технологическим комплексом карьера на поверхности.

Вскрытие осуществляется не только в период строительства карьера, но также в процессе его эксплуатации, особенно при разработке наклонных и крутопадающих месторождений.

Решенное и осуществляемое на практике вскрытие месторождения надолго, а иногда и навсегда предопределяет порядок отработки карьера и эффективность его работы. При рассмотрении этой проблемы основное значение имеют: тип и взаимное расположение вскрывающих выработок (способ вскрытия); создание и развитие трасс вскрывающих выработок всех горизонтов за период существования карьера (схема вскрытия).

Правильно выбранные способ и схема вскрытия должны способствоватьуменьшению затрат и повышению эффективности разработки месторождений полезных ископаемых, уменьшению дальности транспортирования горной массы, срока строительства карьера и объема горно-капитальных работ, они во многом определяют интенсивность ведения горных работ в карьере и пропускную способность транспортных коммуникаций.

На выбор способа вскрытия влияют многие факторы: условия залегания месторождения, рельеф поверхности, месторасположение поверхностных сооружений, виды горнотранспортного оборудования, производительность карьера.

Необходимо отметить, что при оценке вариантов вскрытия месторождения следует учитывать не только увеличение расстояния транспортирования и объем горно-строительных работ, связанных с устройством съездов, а также особенности подготовки рабочих горизонтов, вскрытые, подготовленные и готовые запасы полезных ископаемых,характеристики применяемого горнотранспортного оборудования.

Предлагаемое учебно-методическое пособие призвано помочь студенту правильно принимать решения по вопросам вскрытия карьерных полей.

В пособии изучаются методики расчетов и иерархичность принятия решений по вскрытию, используемые в современной практике проектирования и эксплуатации карьеров.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Определение объема внешней капитальной траншеи

Цель работы

Ознакомиться с конструкциями внешних капитальных траншей, получить навыки определения объема открытых горных выработок.

Теоретические положения

В настоящее время вскрытие внешними траншеями является одним из основных технических направлений в проектировании глубоких и мощных равнинных карьеров, использующих для перевозки горной массы железнодорожный и автомобильный транспорт.

Внешние траншеи имеют сложную конструкцию, их глубина достигает 50-150 м. На глубоких карьерах они создают условия для эффективной отработки верхней зоны карьера, позволяют улучшить систему транспортных коммуникаций, сократить дальность транспортирования горной массы, уменьшить текущий коэффициент вскрыши в первый период разработки и благодаря этому получить экономический эффект.

Перспективно применение внешних траншей на действующих карьерах при увеличении их глубины и реконструкции. В связи с этим ставится задача определения оптимальных параметров траншеи (глубины ее погружения, конструкции, способа примыкания к рабочей зоне и других), при которых капитальные затраты окупаются в допустимый срок и достигается наибольшее значение чистого дисконтированного дохода.

Наклонная часть внешней траншеи может иметь одну из двух известных конструкций – с общим либо раздельным выходом на поверхность (рис.1.1, 1.2).

Основные параметры траншеи можно условно разделить на две группы. В первую группу входят параметры, общие для всех уступов траншеи: руководящий уклон (i), ширина дна траншеи (B), угол откоса борта траншеи (β), число вскрываемых траншеей уступов (n), минимальный радиус примыкания (R).

Ко второй группе относятся параметры, значения которых могут быть разными на различных уступах: ширина транспортной бермы ($b_т$), ширина бермы очистки ($b_о$), высота уступа (h), угол откоса уступа (α).

Для определения объема наклонной траншеи с раздельными выходами используется формула:

$$V_{\text{накл}}^{\text{разд}} = \sum_{t=1}^{n}\left[\frac{B_t h^2}{2i} + \frac{h^3}{3i \cdot \operatorname{tg}\alpha} + \frac{B_t h_t^2 (t-1)}{i} + \frac{h_t^3 (t-1)}{3i \cdot \operatorname{tg}\alpha}\right], \qquad (1.1)$$

где B_t – ширина понизу t-го, считая сверху, слоя:

t – порядковый номер уступа (t = 1, 2, … ,n).

$$B_t = B + \left(\frac{2h}{\operatorname{tg}\alpha} + b_{\text{о}} + b_{\text{т}} \right)(n - t). \qquad (1.2)$$

Для определения объема наклонной траншеи с общим выходом используется формула:

$$V_{\text{накл}}^{\text{общ}} = \frac{h^2}{i}\left(\frac{B}{2} + \frac{h}{3\operatorname{tg}\alpha} \right) +$$

$$+ \sum_{t=1}^{n-1} \frac{h^2}{i}\left(\frac{B_t(n-t) + B(n-t+1)}{2} + \frac{(b_{\text{т}} + b_{\text{о}})(3n - 3t + 2)}{6} + \frac{h(3n - 3t + 2)}{3\operatorname{tg}\alpha} \right). \qquad (1.3)$$

Порядок выполнения работы

1.1 Получить исходные данные (приложение 1).

1.2. Выполнить расчет объема капитальной траншеи, представив ее как одиночную траншею той же глубины, что и заданная.

Объем одиночной траншеи с вертикальным торцом может быть определен по формуле, м^3:

$$V_{\text{внутр}} = \frac{H^2}{i}\left(\frac{B}{2} + \frac{h}{3\operatorname{tg}\alpha_{\text{ср}}} \right), \qquad (1.4)$$

где H – общая глубина траншеи, м ($H = h \cdot n$);

h – высота уступа траншеи, м;

n – число уступов, шт.;

i – уклон траншеи;

B – ширина дна траншеи, м;

$\alpha_{\text{ср}}$ – средний угол откоса бортов траншеи, определяется графически или по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha_{\text{ср}} = \frac{2H}{(n-1)(b_{\text{т}} + b_{\text{о}}) + 2H \cdot \operatorname{ctg}\beta}, \qquad (1.5)$$

где $b_{\text{т}}$ – ширина транспортной бермы, м;

$b_{\text{о}}$ – ширина бермы очистки, м;

β – угол откоса уступа траншеи, градусы.

1.3. Построить в масштабе планы внешних траншей различных конструкций (с общим выходом, с раздельными выходами), рис.1.1, 1.2.

Примечание: горизонтальный и вертикальный масштабы на чертеже могут не совпадать.

1.4. Построить вертикальные поперечные сечения (рис. 1.1, 1.2).

1.5. Определить площадь поперечных сечений.

Примечание:площадь поперечных сечений удобно определять, мысленно разбив каждое сечение на трапеции.

1.6. Определить объем траншеи каждой из конструкций, используя метод вертикальных параллельных сечений. При этом методе объем траншеи определяется по формуле:

$$V = \frac{1}{2}\left[(S_1 + S_2)\cdot l_{1-2} + (S_2 + S_3)\cdot l_{2-3} + \ldots + (S_{n-1} + S_n)\cdot l_{(n-1)-n}\right], \qquad (1.2)$$

где V – объем траншеи, м^3;

S_i – площадь i-го сечения, м^2;

$l_{i-(i+1)}$ – расстояние между сечениямиi и (i+1),м.

1.7. Определить объем траншеи каждой из конструкций, используя программу **chif4**. (рис. 1.3).

Примечание:Для работы с программой необходимо запустить файл d:\STUD_PRO\VTRANSH\tr_2001\chif4.exe.

1.8. Произвести исследования объема траншеи от заданного параметра (приложение 1) для каждой из конструкций. Для расчетов использовать программу **chif4**.

1.9. Построить график зависимости объема траншеи от заданного параметра (рис.1.3).

Форма отчетности.

Сделать и записать вывод:

- отразить приобретенные в ходе выполнения практической работы знания и умения;
- сравнить значения объемов траншей, определенных по трем различным методам, указать погрешность каждого метода;
- сравнить значения объемов траншей различных конструкций;
- оценить вид и степень зависимости объема траншеи от заданного параметра.

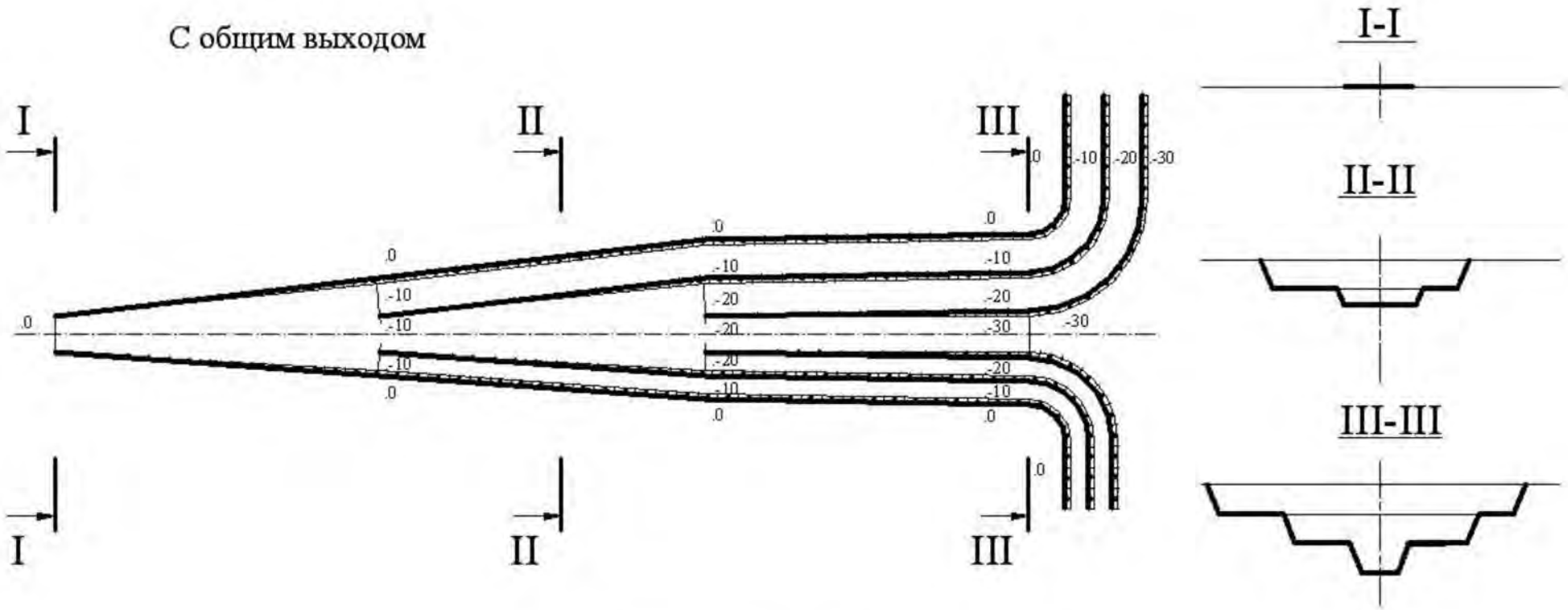


Рис.1.1. Конструкция транши с общим выходом

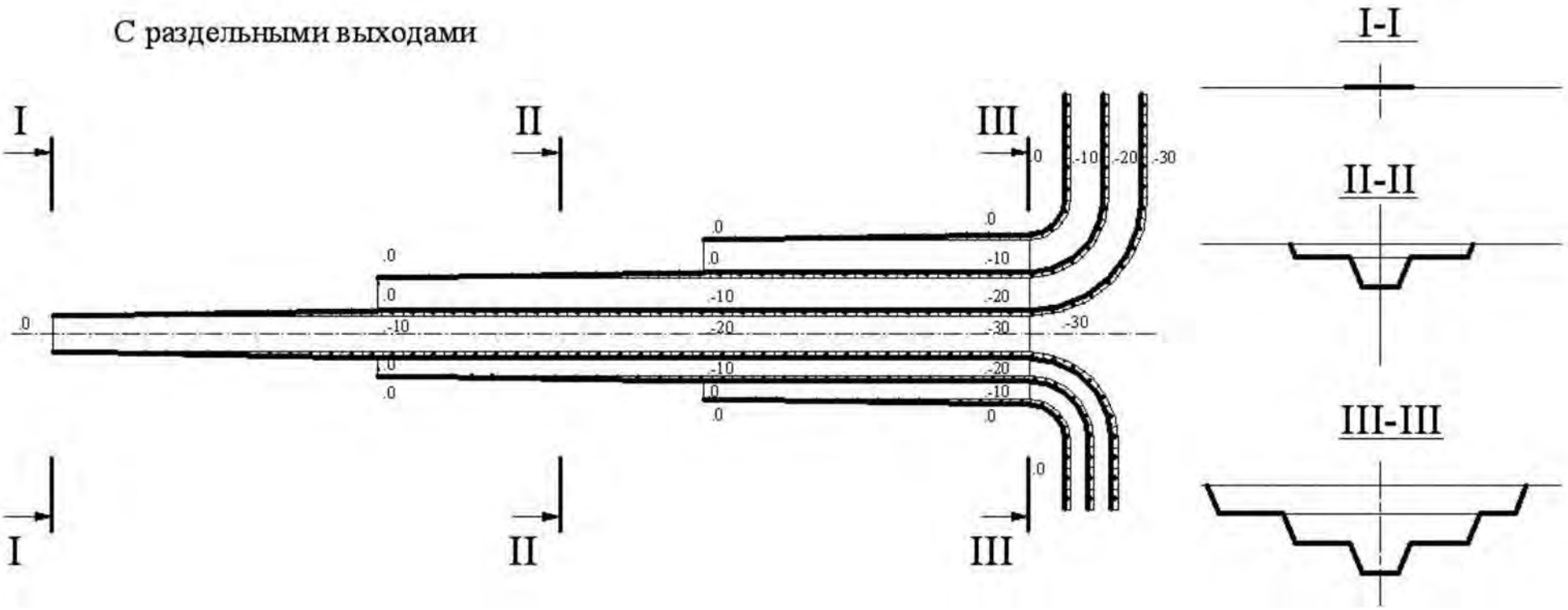


Рис.1.2. Конструкция траншеи с раздельными выходами

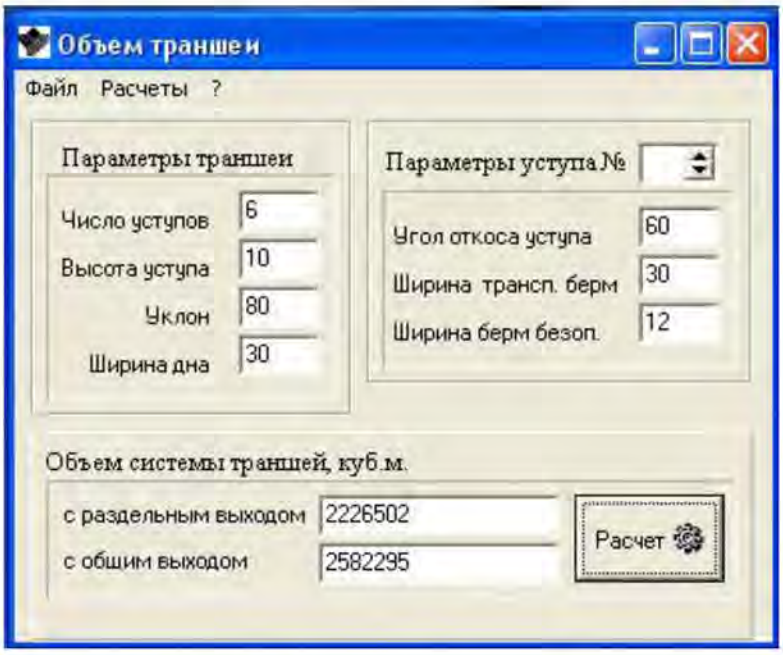


Рис.1.3. Рабочее окно программы расчета объемов траншей

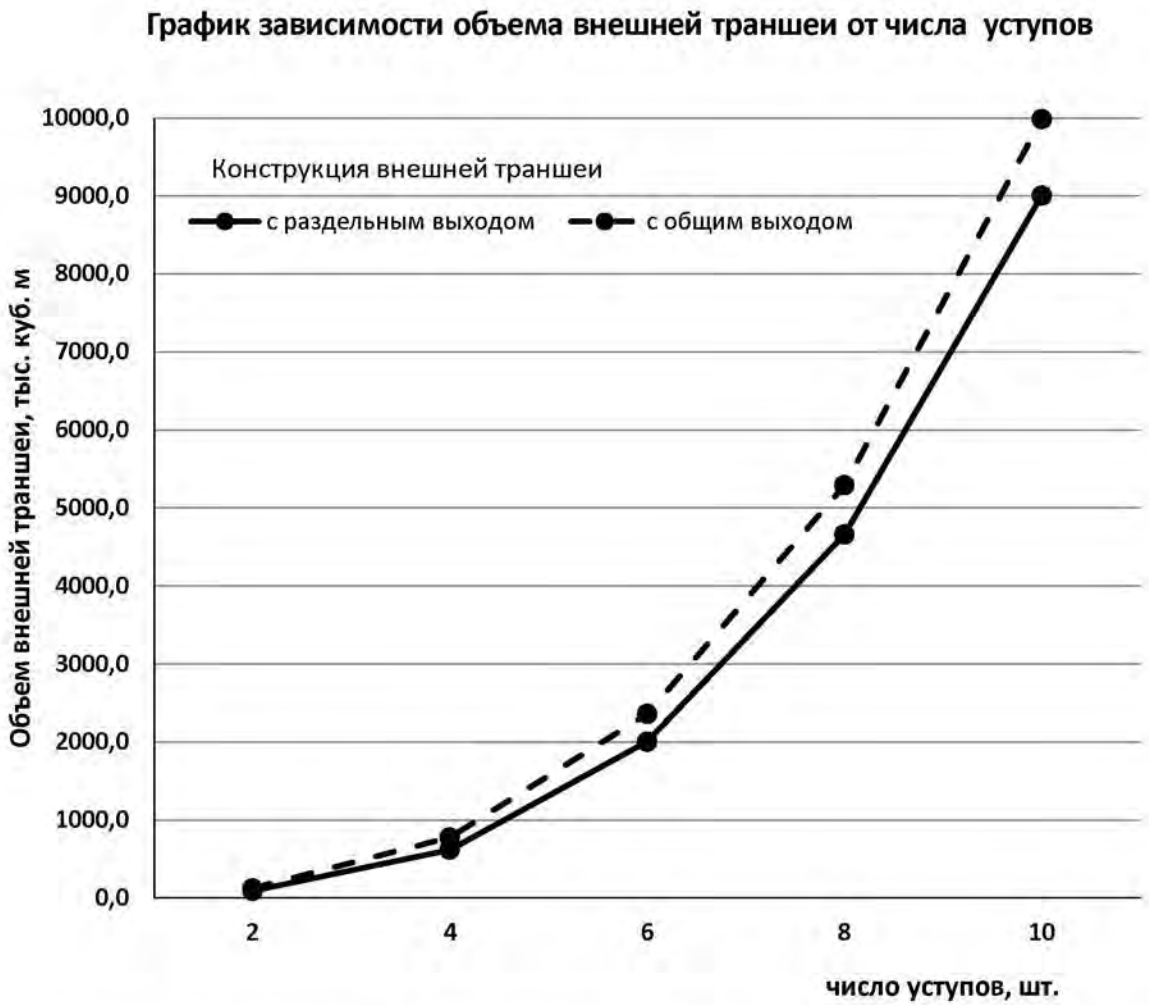


Рис.1.4. Пример оформления графика зависимости объема траншеи от заданного параметра

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Вскрытие тупиковыми съездами

Цель работы

Рассчитать основные параметры вскрытия тупиковыми съездами.

Теоретические положения

Тупиковые формы трассы состоят из наклонных участков(съездов с уступа на уступ)и тупиковых горизонтальных площадок(участков примыканий к рабочим горизонтам).

Тупиковые площадки размещают на каждом горизонте или через 2-3 уступа, при этом стремятся к сокращению числа тупиковых площадок и чем их меньше, тем эффективнее схема вскрытия.Трассы – одно- или двухпутевые согласно грузообороту карьера.

Конструирование схем ведется на основе следующих положений и принципов:

- трасса должна размещаться, как правило, на прямолинейных участках бортов карьера;
- допускается устройство съездов на криволинейных участках с радиусом кривизны более 250 м, в особо трудных условиях – до 200 м;
- тупики можно размещать в торцах карьера, но радиус кривых должен быть более 300 м, в особых случаях – не менее 200 м;
- стрелочные переводы марки 1/9.

Исходные данные

См.приложение 2.

Порядок выполнения работы

Проектирование вскрытия ведется в следующей последовательности.

Пусть имеется карьер с конечной глубиной $H_к$, высотой уступа $H_у$, длиной карьера по дну $L_д$, углами откоса торцов $\beta_т$. Число вскрываемых уступов:

$$n_в = \frac{H_к}{H_у}.$$

По продольному разрезу (рис.2.1) радиус закругления торцов на глубине H_xс учетом устройства съездов на криволинейных участках с радиусом кривизны более 250 м, в особо трудных условиях – до 200 мсоставит:

$$R_x = (H_к - H_x)\mathrm{ctg}\beta_т.$$

2.1.Приняв допускаемый радиус R_x=200 м, получим, что тупики можно укладывать в торцах до глубины:

$$H_x \le H_к - 200\mathrm{tg}\beta_т. \qquad (2.1)$$

Ниже глубины H_x тупики можно укладывать только в средней части ка-

рьера на протяжении длины рудного тела ($L_д$).

2.2. Выбирают число и схему путей, пользуясь таблицей 2.1. Необходимо, чтобы трасса обеспечивала заданную интенсивность движения ($И_{дв}$ пар поездов в смену):

$$И_{дв} = Г_р / Q_п, \quad (2.2)$$

где $Г_р$ – расчетный грузооборот карьера, т/смену;

$Q_п$–масса груза в поезде, т.

Таблица 2.1. Пропускная способность схем вскрытия и конструкция тупиков (рис. 2.2)

Трасса		Примыкание к гор.	Интенсивность движения пар поездов ($И_{дв}$) п.п. /см.	Схемы путей
Тупиковая	1 путь	Попутное	до 8-12	схема 1
	2 пути		до 24-30	схема 2 схема 3

2.3. Выбирают схему путевого развития на тупиковых площадках (варианты 1,2 на рис.2.1). Рассчитывают длины элементов трассы:

– длина трассы в карьере теоретическая

$$L_{теор} = \frac{H_к}{i}, \quad (2.3)$$

– теоретическая длина съезда с уступа на уступ

$$L_с^l = \frac{h_у}{i}. \quad (2.4)$$

Длина тупиковых площадок($L_{т.п.}$) и площадок примыкания ($L_{п.п.}$) вычисляется согласно выбранной схеме вскрытия.

Например: $L_{т.п.} = l_п + 2l_с + d_l$,м,

$L_{п.п.} = l_п + 15$, м.

Здесь:

$l_п$ – длина поезда плюс 15 м на резерв торможения (180 м);

$l_о$ – расстояние от начала стрелочного перевода до предельного столбика. Для перевода $1/9 l_о = 55$ м;

$l_с$– длина стрелочного перевода. Для перевода $1/9 l_с = 79$ м;

d – смещение между стрелками при попутной укладке (62 м);

d_l–смещение между стрелками при встречной укладке (6,5 м).

2.4. Проектируют продольный профиль трассы. Обычно просматривают несколько вариантов трасс. Проектирование ведут на вычерченном в масштабе продольном разрезе карьера.

От выбранной точки ввода трассы в карьер откладывают значения длин съездов,тупиковых площадок($L_{т.п.}$) и площадок примыкания($L_{п.п.}$), определяя таким образом продольный профиль трассы.

Длина трассы в карьере

$$L_{тр} = \frac{H_к}{i} + \sum_{1}^{n} L_{п.п.} + \sum_{1}^{m} L_{т.п.}. \quad (2.5)$$

Значения *n,m* определяют по схеме вскрытия.

2.5.Устанавливают коэффициент развития трассы

$$K_{тр} = L_{тр}/L_{теор}. \quad (2.6)$$

2.6.Выбираютконструкцию и параметры транспортной бермы (см.рис.2.3).

2.7. Строят поперечный разрез карьера (см.рис. 2.3), где $b_о$– ширина бермы очистки, $b_{тп}$ – ширина тупиковой площадки.

Примечание: практическая работа составлена по материалам

проф. Сорокина Л. А.

Форма отчетности

По результатам занятия представляется кратка теория рассматриваемого вопроса, схема трассы, расчеты, необходимые для выбора конструкции транспортной бермы, сечение борта карьера.

Схема 1

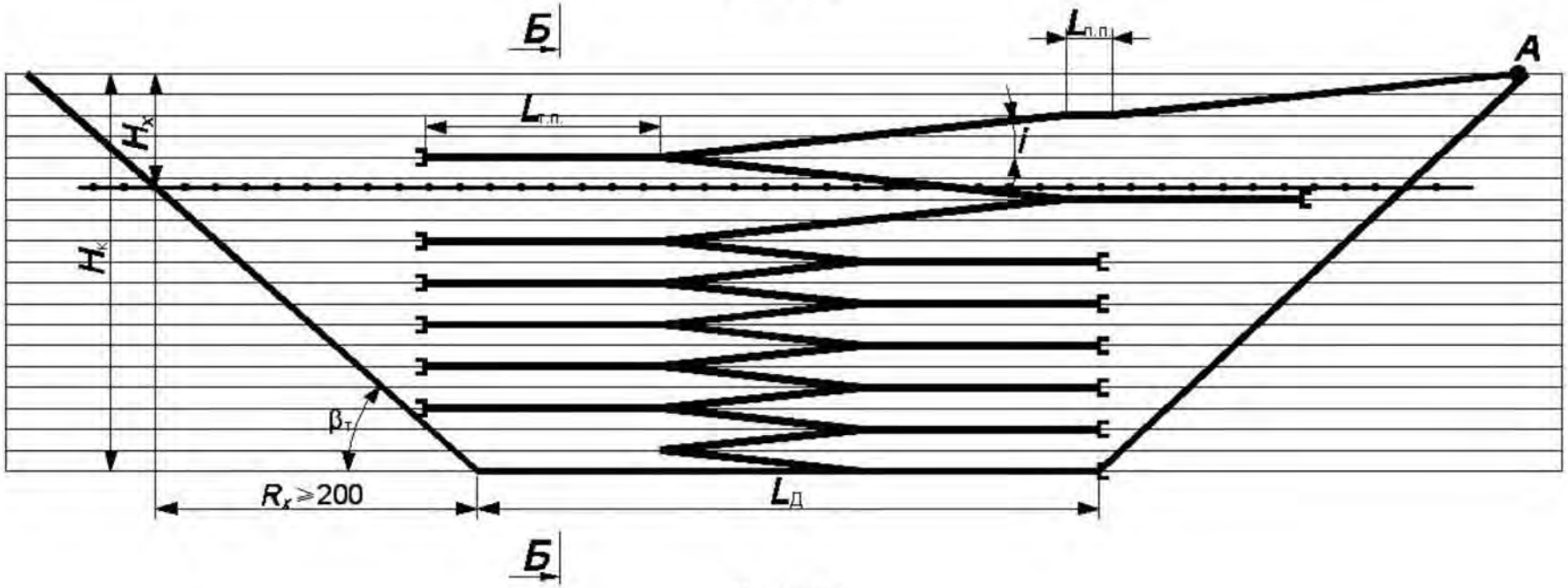


Схема 2

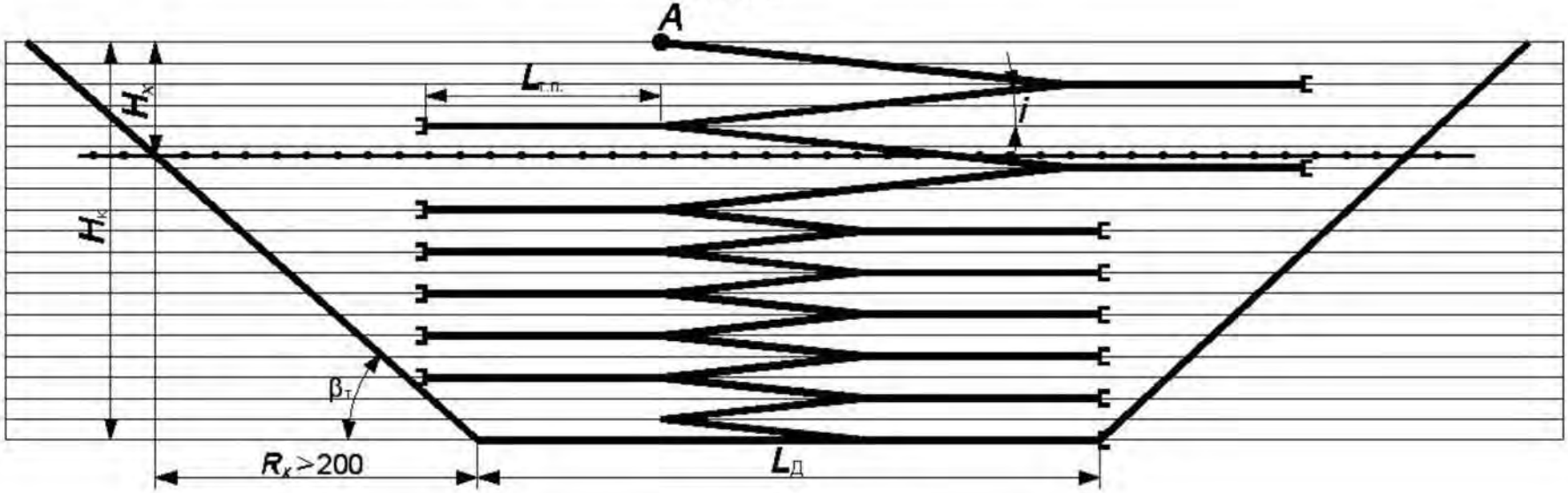
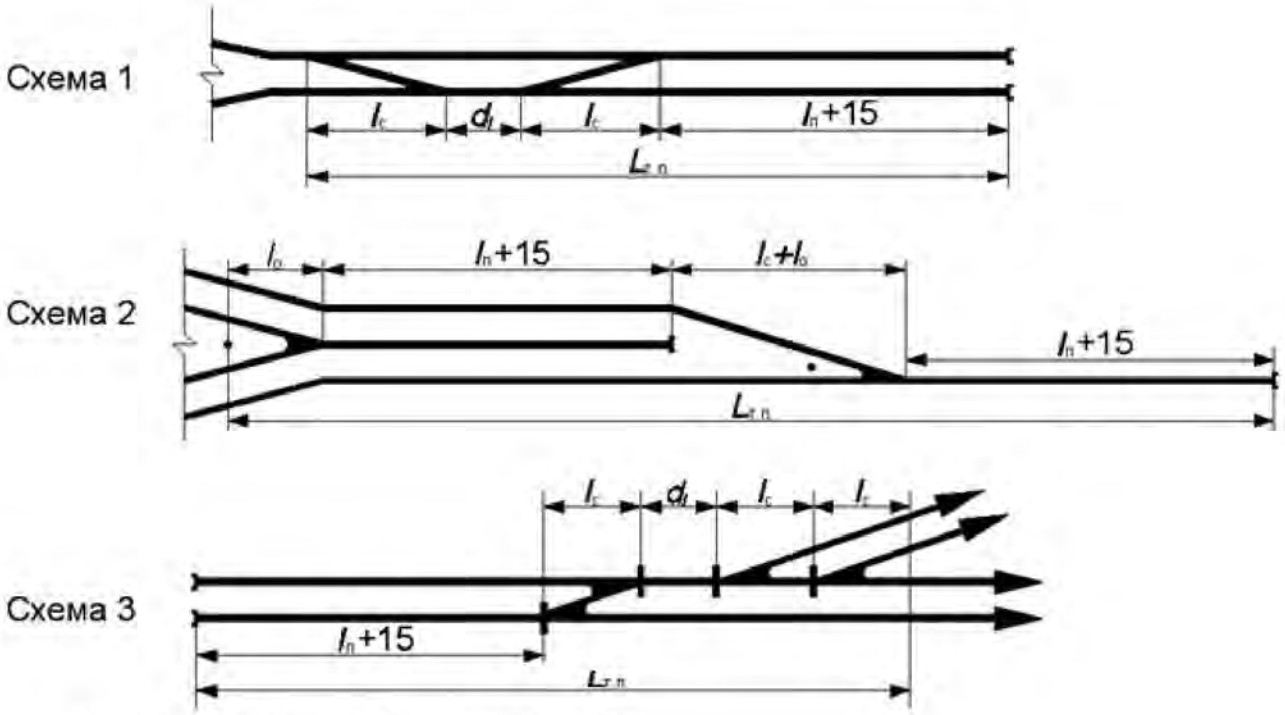


Рис. 2.1. Схема трассы



$L_з$ – длина стрелочной зоны ($L_з$ = 420 м)

Рис. 2.2. Схемы путей на тупиковой площадке

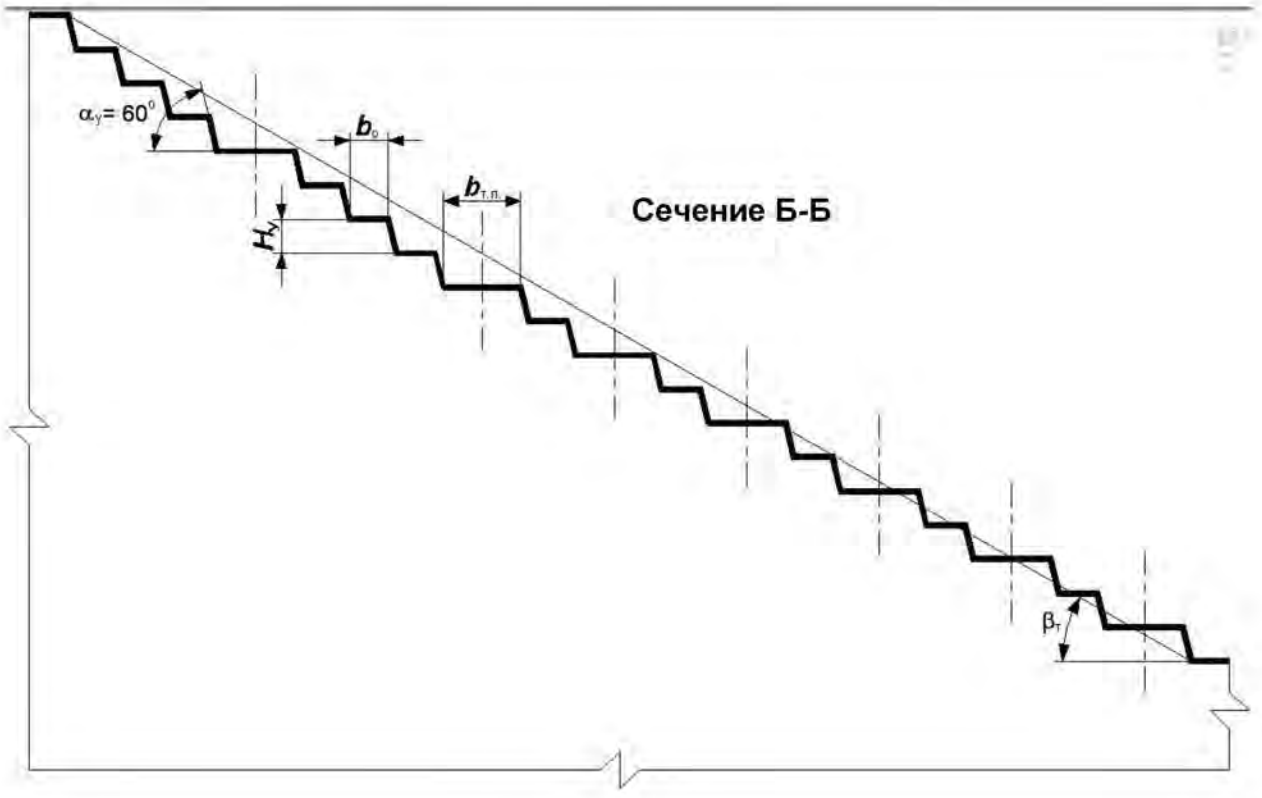


Рис. 2.3. Сечение борта карьера

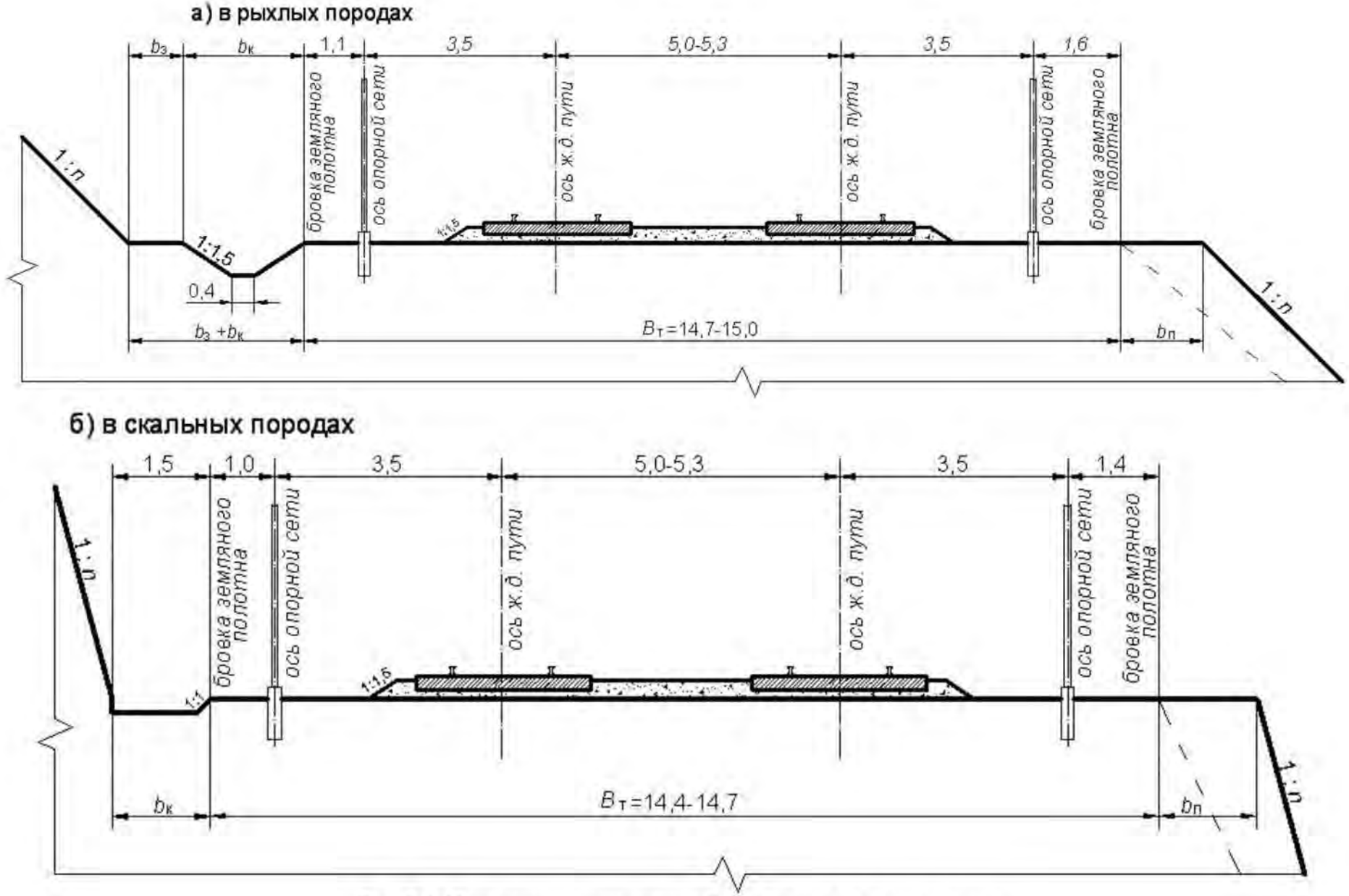


Рис. 2.4. Конструкция транспортной бермы при ж.д. транспорте

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Конструкция транспортных берм при автомобильном транспорте

Цель работы

Освоить методику расчета параметров транспортных берм при автомобильном транспорте.

Исходные данные

См.приложение 3:

- категория пород (рыхлые/скальные);
- марка автосамосвала;
- ширина автосамосвала;
- диаметр колеса автосамосвала;
- грузонапряженность;
- глубина расположения транспортной бермы;
- число полос движения – 2.

Порядок выполнения работы

3.1. Определить значения параметров транспортной бермы:

Категория автодороги

Категорию автодороги принять в зависимости от грузонапряженности:

Грузонапряженность, млн. т брутто/год	Категория автодороги
Более 15	I
5-15	II
Менее 5	III

Ширина закюветной полки

Закюветная полка устраивается при строительстве транспортной бермы в мягких породах. Ширину закюветной полки принять большей 0,5 м.

Ширина кювета по верху (К)

Размеры кювета должны соответствовать условиям водоотвода. Ширина кювета по верху складывается из ширины по дну и проложения бортов кювета. В данной работе принять:

- в рыхлых породах: К=1,2 м;
- в скальных породах: К = 1,0 м.

Глубину кювета ($h_к$) принять равной 0,5 м.

Ширина обочины ($B_{об}$)

Ширину обочины принять следующей (СНиП 2.05.07-91*):

Категория автодороги	Ширина обочины, м
I	2,0
II	1,5
III	1,0

Ширину каждой обочины на однополосных дорогах, по которым предусматривается двухстороннее движение автотранспортных средств, следует принимать равной не менее половины проезжей части.

Ширина автодороги (А)

Ширину автодороги следует принимать в зависимости от ширины автомашины, категории и глубины размещения дороги по табл.3.1. (СНиП 2.05.07-91*)

Таблица 3.1

Ширина автомашин, м	Значения параметров для дорог категории										
	I				II				III		
	при расположении дороги по глубине карьера, м										
	до 50	св. 50 до 100	св. 100 до 200	св. 200	до 50	св.50 до 100	св. 100 до 200	св. 200	до 50	св.50 до 100	св. 100
Ширина проезжей части, м											
до 2,75	–	–	–	–	8,5	8,5	8,0	8,00	8	8,0	7,50
3,5	14,0	13,0	11,5	11,0	13,5	12,5	11,0	10,50	13	11.5	10,50
3,8	15,5	14,0	13,0	12,5	15,0	14,0	12,5	12,00	14	12,5	11,56
5,4.	22,0	20,0	17,5	17,0	21,0	19,5	17,0	16,50	20	18,0	16,00
6,4	25,0	22,5	20,0	19,0	24,0	22,0	19,5	18,50	23	20,0	18,00
7,8	31,0	29,0	25,0	24,0	30,0	23,0	24,5	23,55	29	26,0	23,00

Примечание: для промежуточных значений габаритов расчетных автомобилей ширину проезжей части дорог надлежит определять интерполяцией с округлением в большую сторону до 0,5 м.

Высота породного вала ($h_в$) принимается не менее половины диаметра колеса автомобиля (ЕПБ).

Ширина породного вала ($b_в$) зависит от конструкции, высоты породного вала и свойств слагающих его пород. В данной работе ширину принять равной удвоенной высоте породного вала (угол естественного откоса равен 45°):

$$b_в = 2h_в.$$

При расположении породного вала на транспортной берме следует руководствоваться следующими правилами (ЕПБ):

- вертикальная ось, проведенная через вершину породного вала,должна располагаться вне призмы обрушения;
- расстояние от внутренней бровки породного вала до проезжей части

должно быть не менее 0,5 диаметра колеса автомобиля.

Ширина бермы обрушения (Z) зависит от высоты уступа и физико-механических свойств слагающих его пород. В данной работе принять:

- в рыхлых породах Z= 1,5 м,
- в скальных породах Z= 1,0 м.

3.2. Выполнить чертеж конструкции транспортной бермыв масштабе 1:100 или 1:200 (рис. 3.1). Ширина транспортной бермы ($B_{тр}$) определяется построением.

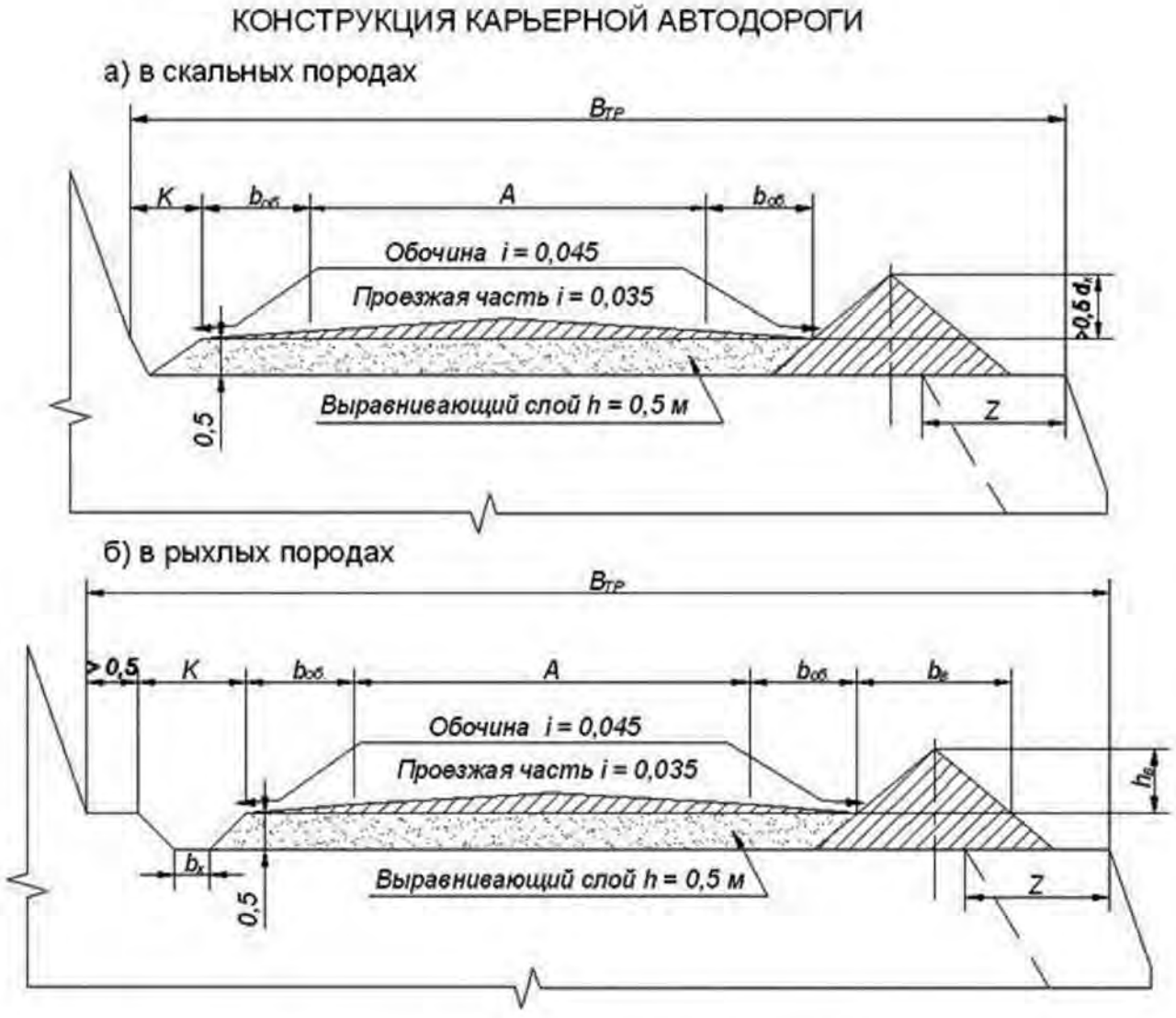


Рис.3.1. Конструкция карьерной автодороги

Форма отчетности

По результатам занятия представляются расчеты параметров транспортной бермы, конструкция карьерной автодороги (рис.3.1).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Вскрытие карьерапетлевыми (спиральными) съездами

Цель работы

1. Построить трассу вскрытия карьера.
2. Построить план карьера на конец разработки месторождения.

Исходные данные

См. приложение 4.

Порядок выполнения работы

1. Построить погашенный борт карьера с бермами механизированной очистки. Принять берму ($B_о$) шириной 8-10 м. Для заданной глубины карьера ($H_к$), высоты уступа ($H_у$) и устойчивого угла погашения уступа ($\alpha_{уст}$) построить конструктивный борт карьера. Провести проверку:

$$\gamma_{конст} \leq \gamma_{уст}.$$

2. Построить модель плана карьера на конец разработки с углами погашениявсех бортов карьера, равными $\gamma_{конст}$ (рис.4.1).
3. На модель карьера по заданию преподавателя нанести рельеф поверхности и выбрать место ввода трассы в карьер.
4. Выбрать форму трассы в карьере и построить трассу в плане (рис. 4.2):
   - принять при соотношении ширины карьера по поверхности и его длины:

   А – 1:(2,0-2,5) – спиральную форму трассы;

   В – 1:(3,0 и более) – петлевую форму трассы.
   - ширину транспортной бермы ($B_{ТР}$) принять по работе № 3;
   - рассчитать длину съезда ($L_с$), длину площадок примыкания ($l_{п.п.}$) и петлевого разворота ($l_т$) принять 30-50 м.
5. В соответствии с принятыми решениями по схеме вскрытия начертить в масштабе 1:5000 планкарьера на конец разработки месторождения (рис.4.3).

Форма отчетности

По результатам занятия представляется кратка теория рассматриваемого вопроса, план карьера на конец разработки.

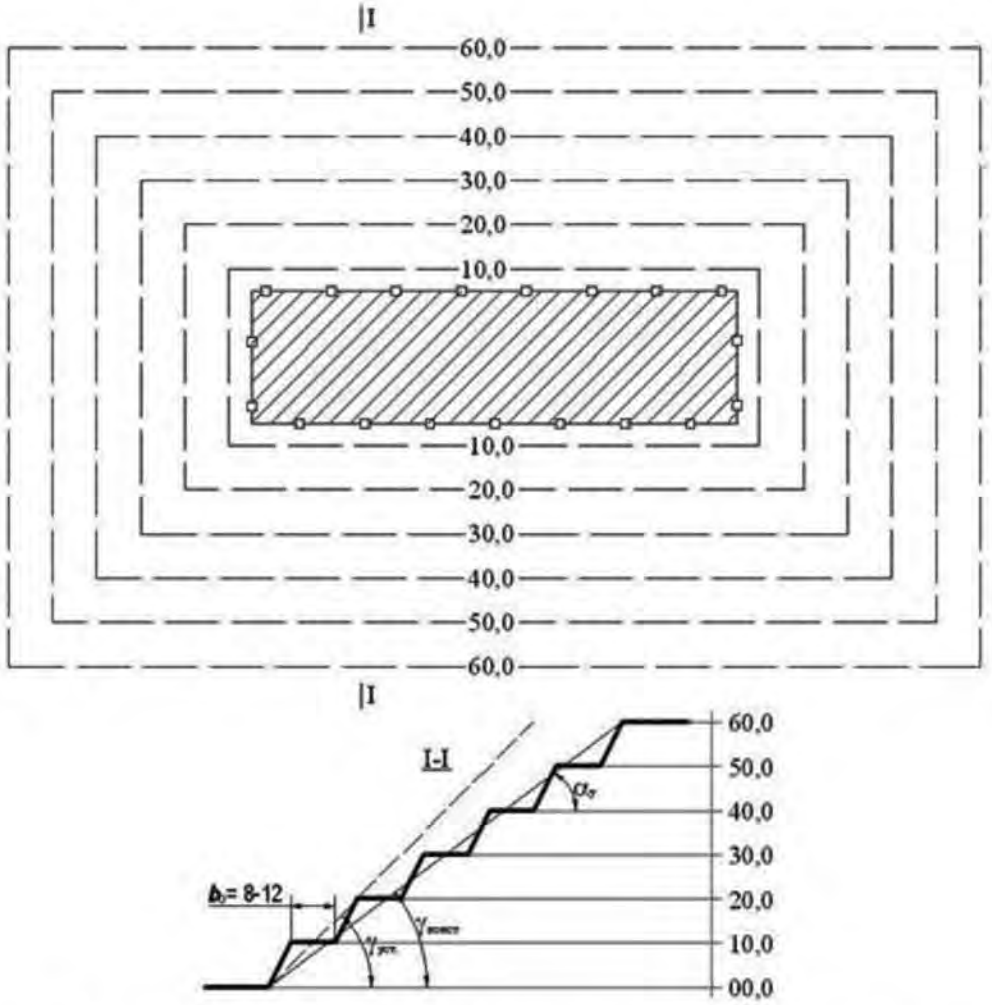


Рис.4.1.Схема расположения в плане верхних бровок уступов

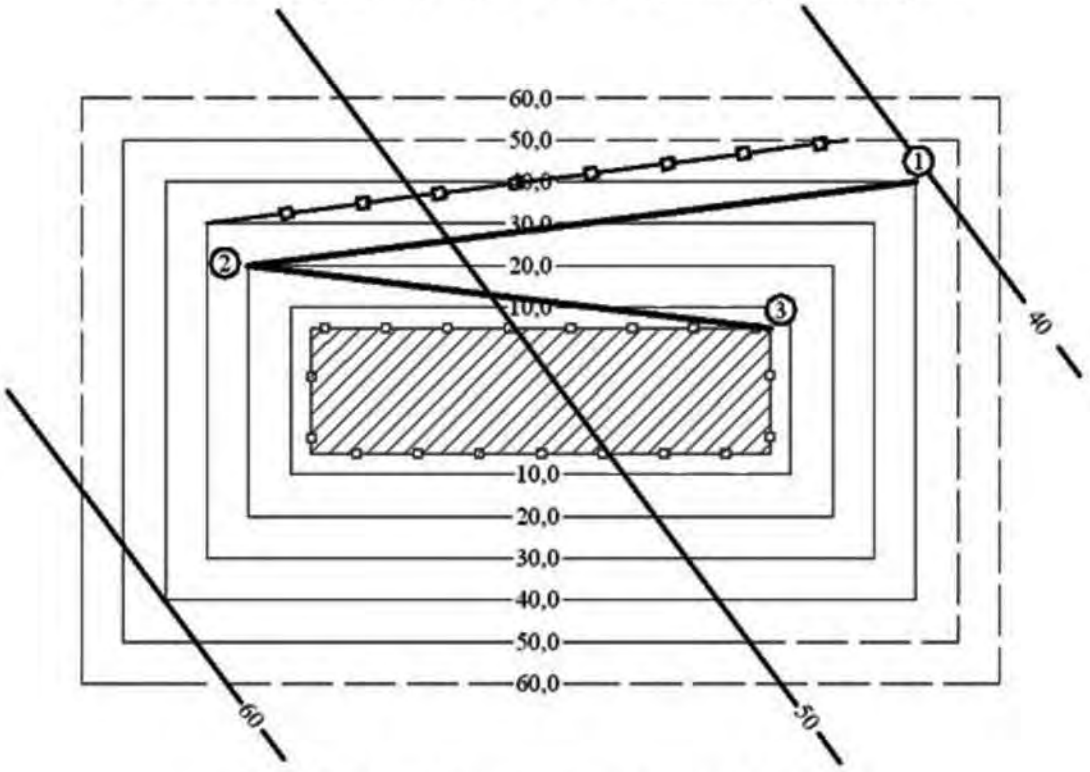


Рис.4.2. Схема расположение трассы в плане

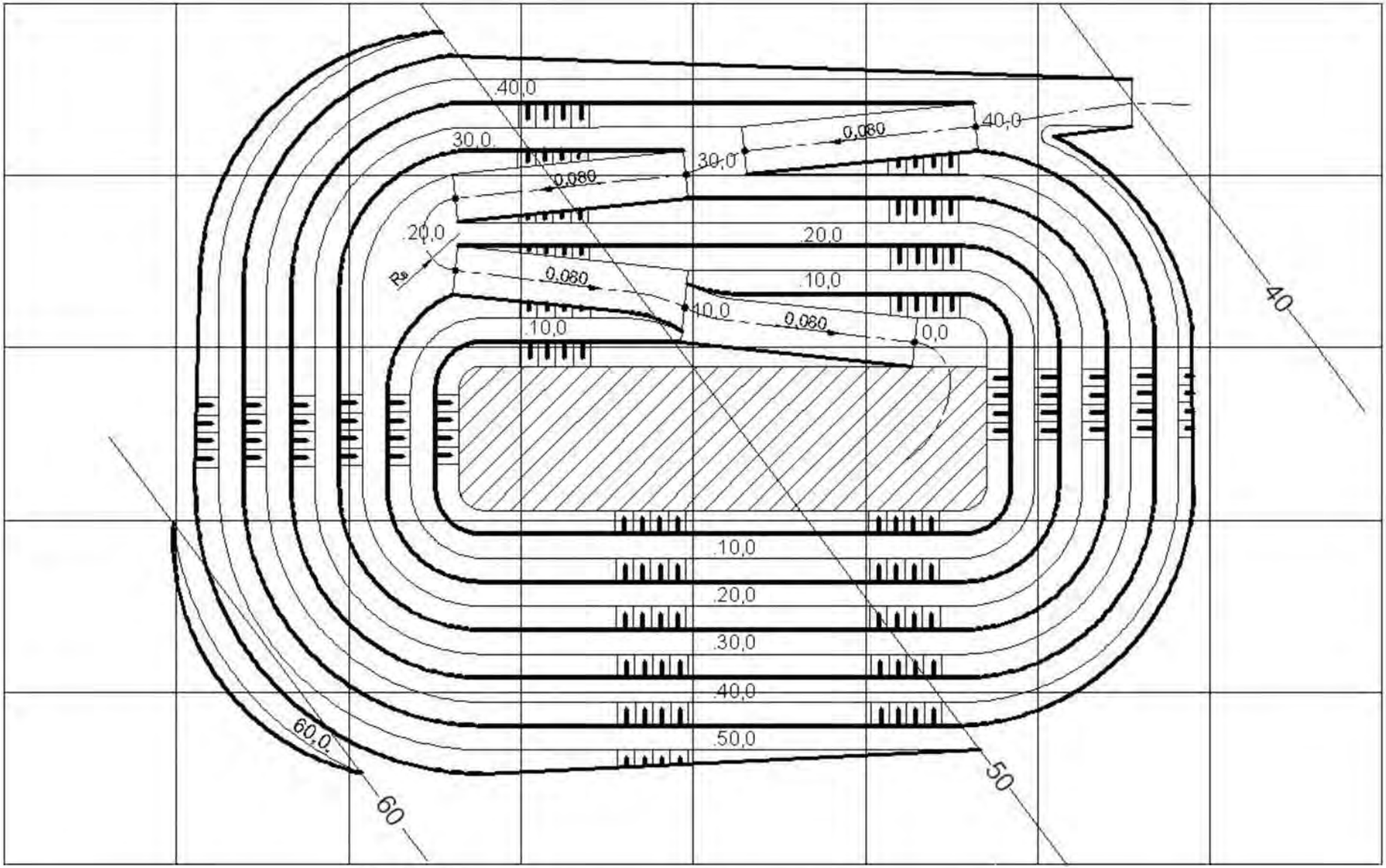


Рис.4.3. План карьера на конец разработки со схемами вскрытия

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Подготовка рабочих горизонтов. Расчет скорости углубки в карьере

Цель работы

Определить скорость углубкив карьере на основе графика $L = f(T)$ А.И.Арсентьева.

Скорость углубки $У_{Г.}$ (м/год) определяется по формуле:

$$У_{Г.} = \frac{12H_{у}}{T},$$

где $H_У$ – высота уступа, м,

T – время подготовки одного горизонта, мес.

Теоретические положения

Основой методики расчета являются следующие положения:

- подготовка нового горизонта к эксплуатации длится от начала проходки разрезной траншеи на вышележащем горизонте до начала проходки разрезной траншеи на нижележащем;
- к началу расширения разрезной траншеи необходимо, чтобы на смежном с подготавливаемым вышележащем горизонте была образована рабочая площадка не меньше минимальной ширины, принятой проектом на разработку;
- минимальная длина разрезной траншеи должна быть равной сумме длин экскаваторного блока и участка опережения, обеспечивающего возможность одновременной разноски и дальнейшей проходки разрезной траншеи;
- расчетное время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется с учетом времени совмещения работы экскаваторов, проходящим вскрывающую выработку и ее расширяющим.

5.1. Условные обозначения к работе:

$H_У$ – высота уступа, м;

$L_б$ – длина экскаваторного блока, м;

$L_о$ – допустимое минимальное расстояние между экскаватором, проходящим траншею, и экскаватором, расширяющим ее, м (50-100);

$L_п$, $L_т$ – длина тупикового (петлевого) разворота: для ж.д. путей, м (130-150); для автодорог, м (30-50);

$L_{тр}$ – длина разрезной траншеи, м;

$L_В$ – длина въездной траншеи на горизонт подготовки, м;

φ – угол откоса рабочего борта, град.;

$B_{рп}$ – ширина рабочей площадки, м;
β – угол направления углубки, град.;
α – угол откоса уступа, град.;
$B_{тр}$ – ширина дна разрезной траншеи, м;
$Q_{тр}$ – производительность экскаватора при проходке разрезной траншеи, м^3/мес.;
$Q_{э}$ – производительность экскаватора при расширении разрезной траншеи, м^3/мес.;
$V_{т}$ – скорость проходки разрезной траншеи, м/мес.;
$V_{о}$ – скорость расширения разрезной траншеи, м/мес.;
i – уклон въездной траншеи, в тысячных;
M – число экскаваторов, работающих на расширении разрезной траншеи (не считая траншейных экскаваторов), единиц;
k – количество экскаваторных блоков на горизонте, необходимых для расширения вскрывающей выработки, единиц.

5.2. Порядок выполнения работы

Все графические построения выполняются на миллиметровой бумаге.
В варианты расчетов положены два определяющих признака:

1)способ вскрытия;

2)схема вскрытия.

Примечание: Расчетные схемы приведены в таблице. 5.1 (см.рис. 5.1).Параметры схем приведены в приложении 5.

Таблица 5.1Расчетные схемы

Способ вскрытия – вскрывающая выработка	Схема вскрытия (форма трассы):	
	поступательная	тупиковая (петлевая)
Разрезная траншея	Схема А	Схема В

Для построения схем А и В (рис. 5.1 и 5.2) рассчитываются скорости:
- проходки въездной траншеи;
- проходки разрезной траншеи;
- расширения разрезной траншеи.

Объем$V_{тр}$, м^3, время проходки$t_{с}$, мес. и длина въездной траншеи$L_{в}$, м, на горизонте определяются:

$$V_{тр} = \frac{H_y^2}{i}\left(\frac{B_{тр}}{2} + \frac{H_y}{3\operatorname{tg}\alpha}\right), \quad (5.1)$$

$$t_{с} = \frac{V_{тр}}{Q_{тр}}, \quad (5.2)$$

$$L_{В} = \frac{H_y}{i}. \quad (5.3)$$

Скорости проходки разрезной траншеи ($V_Т$) и ее расширения ($V_о$), м/мес., определяются по формулам:

$$V_Т = \frac{Q_{тр}}{H_у\left(B_{тр} + H_у \cdot \operatorname{ctg}\alpha\right)}, \tag{5.4}$$

$$V_о = \frac{M \cdot Q_э}{H_у^2 \cdot \left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}. \tag{5.5}$$

Округляется до целого в меньшую сторону $\left\lfloor M = \frac{Q_{ТР} \cdot H_у \cdot \left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}{Q_э \cdot \left(B_{ТР} + H_у \cdot \operatorname{ctg}\alpha\right)} \right\rfloor$ (5.6)

Угол откоса рабочего борта(φ) определяется по формуле:

$$\operatorname{arctg}\varphi = H_у / \left(B_{РП} + H_у \operatorname{ctg}\alpha\right). \tag{5.7}$$

Примечание. Максимально возможное число экскаваторов *(M)*на расширении траншеи определяется из условия, что скорость проходки траншеи ($V_т$) должна быть более или равна скорости ее расширения *($V_о$):*

$$V_т \geq V_о.$$

5.2.1. РАСЧЕТЫ ПО СХЕМЕ А

Обобщенный график*L = f(T)* организации работ по вскрытию и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншеей и поступательными съездами (рис. 5.1)рассчитывается по временным интервалам.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется суммой временных отрезков, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \tag{5.8}$$

где t_1 – время ввода первого экскаватора на расширении вскрывающей выработки (разрезной траншеи), мес.:

$$t_1 = \frac{L_б + L_о}{V_Т}, \tag{5.9}$$

t_2– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину экскаваторного блока, мес.:

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_б\left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}{Q_э}, \tag{5.10}$$

t_3– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину, необходимую для проходки въездной траншеи на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_3 = \frac{L_в + L_п}{V_о}, \tag{5.11}$$

гдеt_4– время проходки вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б - (L_в + L_п)}{V_о} - \frac{(k-1)L_б - (L_в + L_п)}{V_t}. \tag{5.12}$$

Количество экскаваторных блоков (k) на горизонте определяется по выражению

Округляется до целого в большую сторону $$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в + L_п}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \tag{5.13}$$

Примечание. При железнодорожном транспорте вследствие обменно-транспортных операций на одном уступе допускается не более двух экскаваторов, при автомобильном – не более четырех-пяти.

5.2.2. РАСЧЕТЫ ПО СХЕМЕ **В**

На рис. 5.2 показан обобщенный график $L = f(T)$ организации работ при вскрытии и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншей и внутренними тупиковыми съездами, расположенными на нерабочем борту карьера.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \tag{5.14}$$

Из схемы (рис. 5.2) можно найти, что

$$t_1 = \frac{L_б + L_T + L_о}{V_T}, \tag{5.15}$$

где $L_Т$ – длина тупикового разъезда при железнодорожном транспорте или же петлевого заезда при автомобильном транспорте, м;

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_Б(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta)}{Q_э}; \tag{5.16}$$

$$t_з = \frac{L_в}{V_о}; \tag{5.17}$$

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_О} - \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_Т}; \tag{5.18}$$

Округляется до целого в большую сторону $$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \tag{5.19}$$

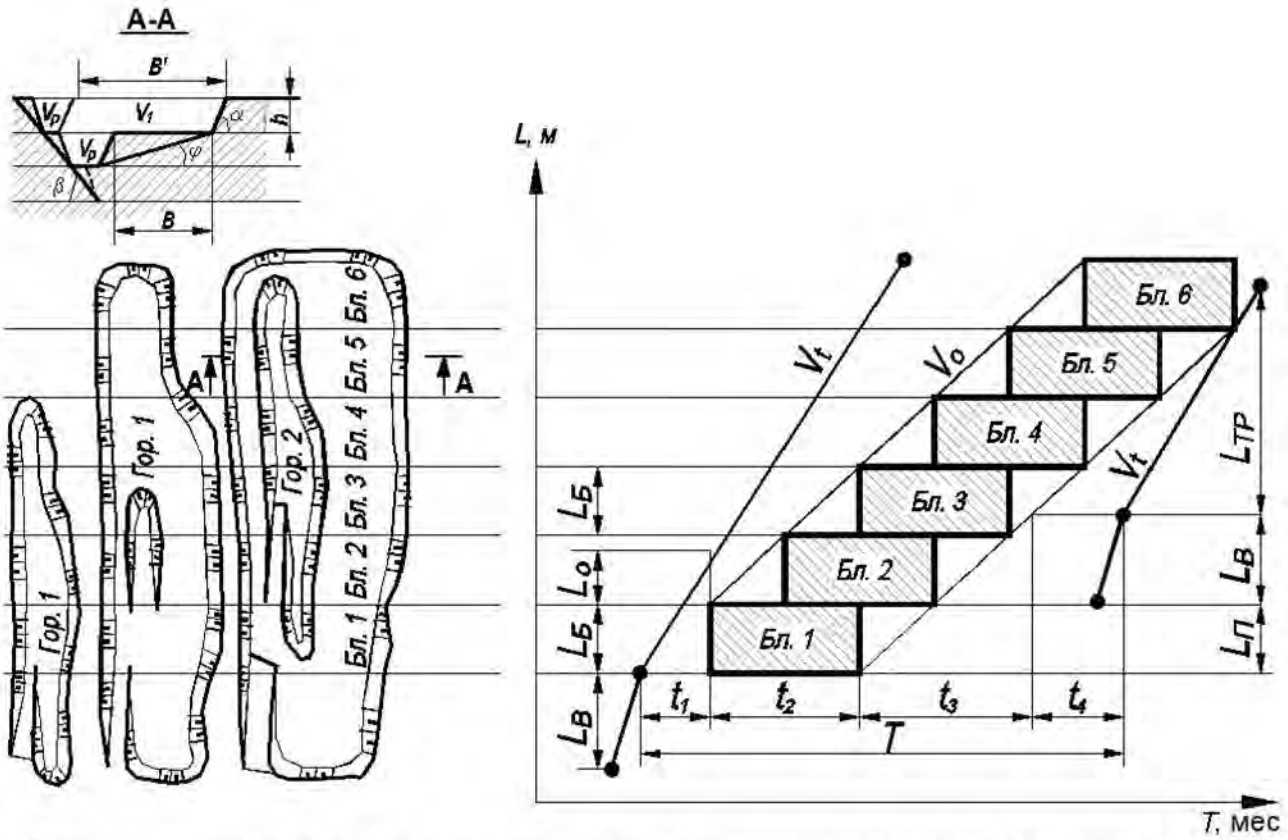


Рис. 5.1. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами поступательной формы трассы (схема А)

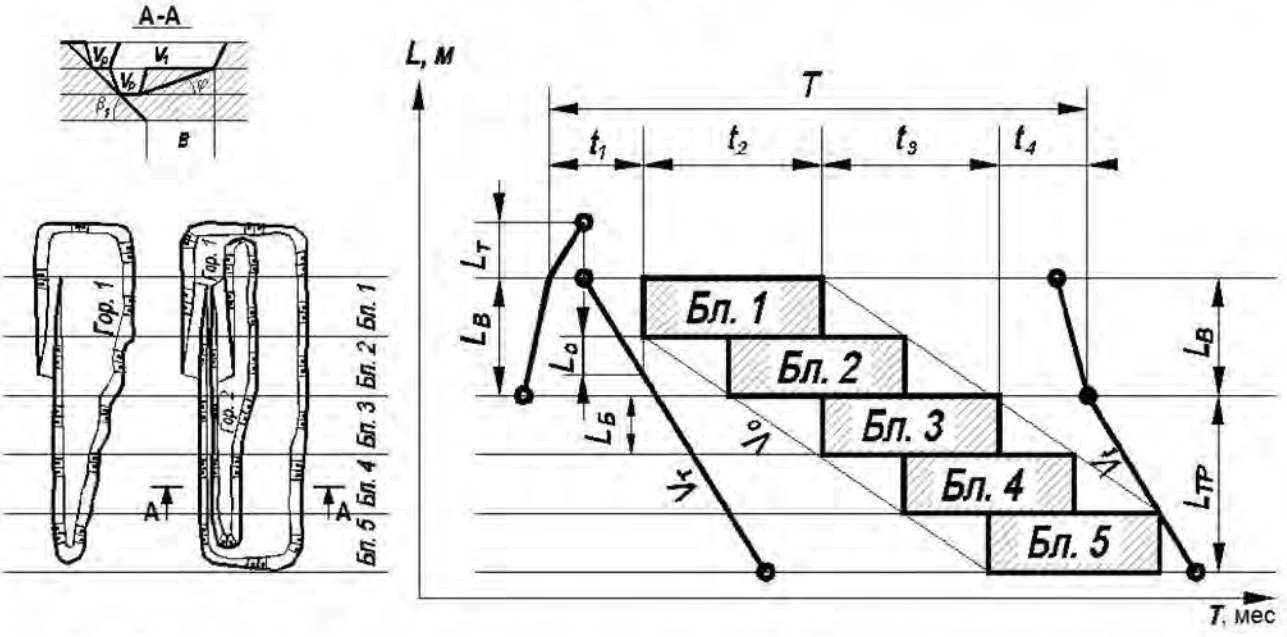


Рис. 5.2. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами тупиковой (петлевой) формы трассы (схема В)

Форма отчетности

По результатам занятия представляется отчет, содержащий цель работы, краткую теорию рассматриваемого вопроса, расчеты, необходимые для построения графика $L = f(T)$, и собственно график подготовки нового горизонта для рассмотренных схем.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

Расчет вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых

Цель работы

Определить величину запасов полезных ископаемых и установить их соответствие нормативным.

Теоретические положения

Карьер – предприятие по добыче полезного ископаемого открытым способом. Вскрытые подготовленные и готовые запасы обеспечивают надежную и стабильную работу предприятия.

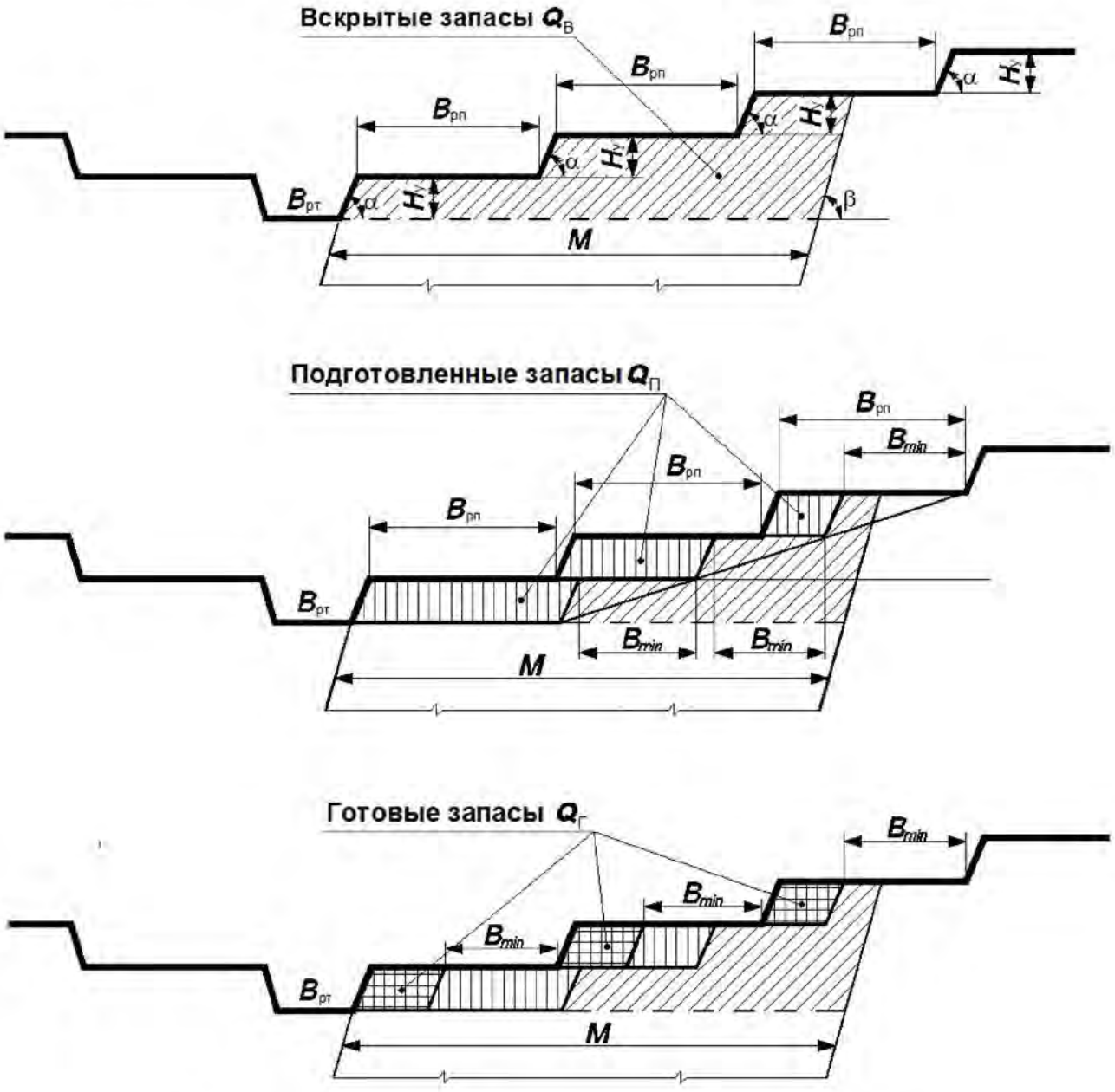


Рис. 6.1. Вскрытые запасы, подготовленные запасы, готовые запасы

Вскрытые запасы– запасы, к которым обеспечен доступ транспорта. Величина их достигается опережающим ведением вскрышных работ. В работе карьера обеспечивают независимость ведения вскрышных и добычных работ.

Подготовленные запасы– запасы, которые могутбыть взяты без нарушения технологии открытых горных работ при оставлении на рабочем борту рабочих площадок минимальной ширины (B_{min}). Величина этих запасов достигается опережающим подвиганием вышележащих уступов. В работе карьера эти запасы обеспечивают независимость подвигания смежных уступов.

Готовые к выемке запасы– высшая категория запасов, это оперативные запасы, которые размещаются на каждом уступе в полосе за пределами минимальной рабочей площадки. Обеспечивают независимость ведения отдельных процессов. Величина их достигается опережающим ведением производственных процессов.

В период эксплуатации в карьере должно быть: вскрытых запасов на 6-8 месяцев его работы; подготовленных как минимум на 3-4 месяца; готовых не менее 2,5 месяцев для рудных месторождений; не менее 2 месяцев на угольных; 1,0-1,5 месяца на месторождениях цветных металлов и стройматериалов.

Исходные данные

См. приложение 6.

Порядок выполнения работы

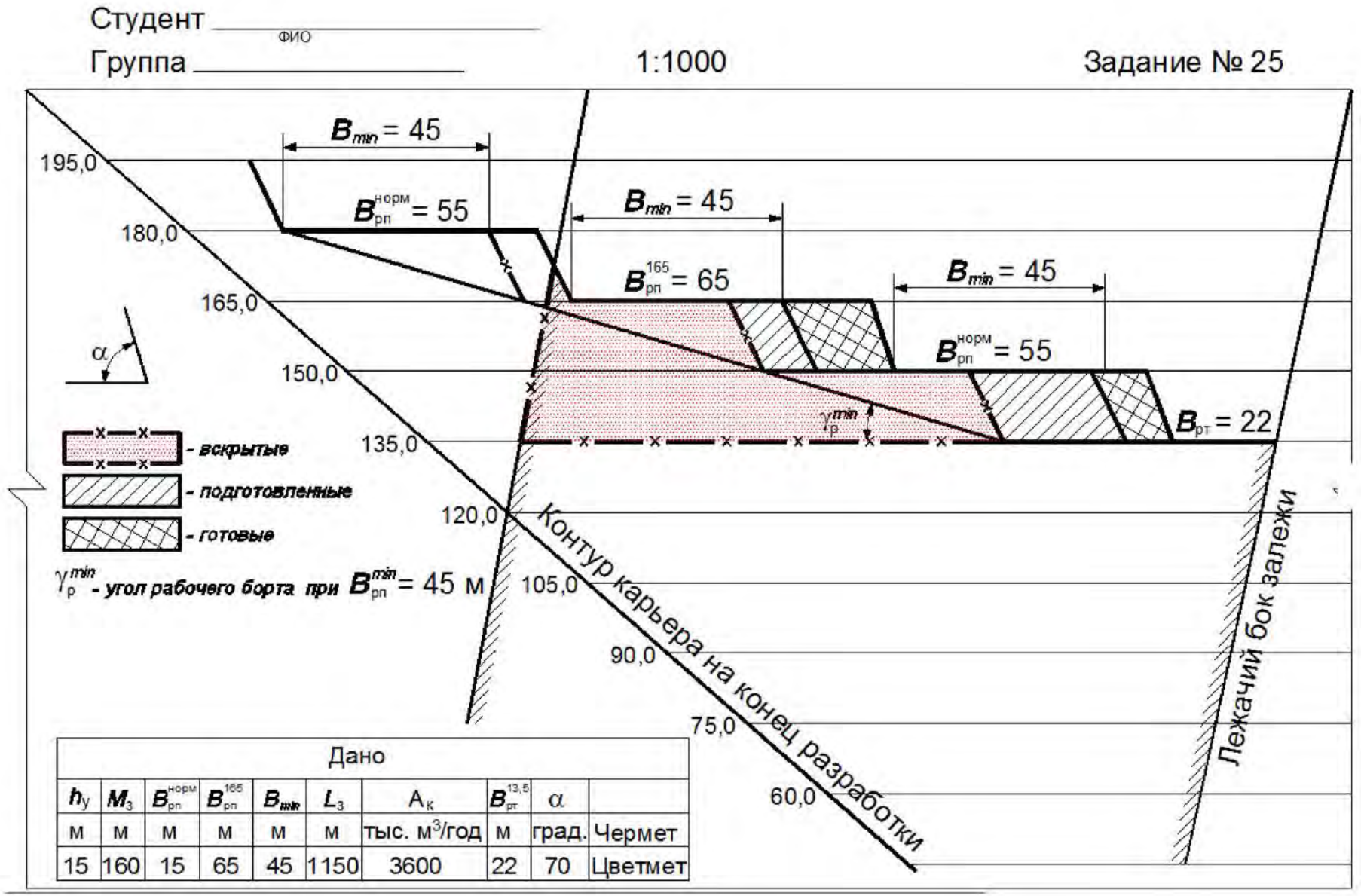
1. Заполнить бланк задания по варианту расчета.
2. Построить контур рудного тела на геологический разрез.
3. Построить рабочий борт карьера по заданным параметрам рабочих площадей.
4. Определить величину запасов по категориям – вскрытые, подготовленные и готовые – (ВПГ)

$$\text{ВПГ} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 12}{A_{\text{к}}}, \text{ мес.}$$

5. Провести сравнение их с нормативными величинами (табл. 6.1)
6. Вывод: соответствуют или не соответствуют нормативным (по каждой категории запасов).

Таблица 6.1 Таблицанормативныхзапасовполезногоископаемого

Категориязапасов	Норматив, мес.
Вскрытые	$\geq 6{,}0$
Подготовленные	$\geq 3{,}5$
Готовые – по чермету – по цветмету	 $\geq 2{,}5$ $\geq 1{,}5$



Дано									
$h_у$	$M_з$	$B_{рп}^{норм}$	$B_{рп}^{165}$	B_{min}	$L_з$	$A_к$	$B_{рт}^{13,5}$	α	
м	м	м	м	м	м	тыс. м^3/год	м	град.	Чермет
15	160	15	65	45	1150	3600	22	70	Цветмет

Рис. 6.2. Пример Вскрытые запасы, подготовленные запасы, готовые запасы

31

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсентьев А. И. Вскрытие и система разработки карьерных полей. М., 1981. 278 с.
2. Хохряков В. С. Проектирование карьеров:учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1992. 383 с.
3. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технология открытых горных работ. М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. 472 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Исходные данные к практической работе №1

Вариант	Кол-во уступов, шт.	Примыкание	Ширина транспортной бермы, м	Ширина бермы очистки, м	Высота уступа, м	Уклон, ‰	Ширина дна, м	Угол откоса уступа, град.	Кол-во сечений	Исследуемый параметр
№	n		$b_{тр}$	$b_о$	h	i	B	β		
1	3	Однобортовое	15	10	15	40	20	50	5	$b_{тр}$
2	4		20		10	80	25		4	i
3	3		25		12	100	30		5	β
4	4		15		20	40	20		4	$b_{тр}$
5	3		20		5	130	25	70	5	β
6	4		25	8	12	40	30		4	i
7	3		15		10	100	20		5	$b_{тр}$
8	4		20		15	80	30		4	β
9	3		25		10	100	30		5	i
10	4		15		8	80	20		4	$b_{тр}$
11	3	Двухбортовое	20	Транспортные бермы по обоим бортам траншеи ($b_о = b_{тр}$)	15	80	25	60	5	i
12	4		25		10	80	30		4	β
13	3		15		12	40	20		5	$b_{тр}$
14	4		20		18	100	25		4	β
15	3		25		20	120	30		5	i
16	4		15		12	60	20	80	4	$b_{тр}$
17	3		20		15	80	25		5	i
18	4		25		20	90	25		4	β
19	3		15		10	40	20		5	$b_{тр}$
20	4		20		20	80	25		4	i

Приложение 2

Исходные данные к практической работе № 2

Номер задания	Параметры транспорта				Параметры карьера			
	Масса груза в поезде, $Q_п$	Длина поезда, $l_п$, м	Грузооборот, $Г_р$, т/см,	Уклон съездов, i	Длина карьера по дну, $L_д$, м	Глубина карьера, $H_к$,м	Угол откоса бортов, $\beta_т$	Высота уступа, $H_у$, м
1						216	32°	12
2			18 000	0,030	800	240		
3						192		
4						180		
5	600	110				255	35°	15
6			24000	0,035	1600	225		
7						195		
8						180		
9						240	30°	20
10			30 000	0,040	1200	200		
11						220		
12						160		
13						240	35°	15
14			20000	0,030	1 600	180		
15						255		
16						195		
17						200	32°	20
18	1000	180	40 000	0,040	1800	220		
19						260		
20						180		
21						216	30°	12
22			16 000	0,032	1400	168		
23						180		
24						168		

Приложение 3

Исходные данные к практической работе № 3

Вариант	Категория пород	Марка автосамосвала	Ширина автосамосвала, м	Диаметр колеса, м	Грузонапряженность, млн т/год	Глубина расположения дороги, м	Глубина кювета, м
1	Скальные	КамАЗ-5511	2,50	1,20	Менее 5	до 50	0,5
2	Рыхлые					50-100	
3	Скальные	МЗКТ-75165	3,07	1,40		св. 100	
4	Рыхлые					до 50	
5	Скальные	БелАЗ-7540	4,36	1,60	От 5 до 15	50-100	
6	Рыхлые					100-200	
7	Скальные	БелАЗ-75481	4,40			св. 200	
8	Рыхлые					до 50	
9	Скальные	БелАЗ-7555А	5,24	1,80		50-100	
10	Рыхлые					100-200	0,7
11	Скальные	БелАЗ-75492	5,42			св. 200	
12	Рыхлые					до 50	
13	Скальные	БелАЗ-7514	6,14	2,20		50-100	
14	Рыхлые					100-200	
15	Скальные	БелАЗ-75215	7,78		Более 15	св. 200	
16	Рыхлые					до 50	
17	Скальные	БелАЗ-75215	7,78			50-100	
18	Рыхлые					100-200	
19	Скальные	БелАЗ-75303	6,90			св. 200	
20	Рыхлые					до 50	

Приложение 4

Исходные данные к практической работе № 4

№ п/п	Угол откоса уступа, град. $\alpha_{уст}$	Высотауступа, м$H_у$	Устойчивый угол погашенияборта,$\gamma_{уст}$	Глубина карьера, м$H_к$	Длина залежи, м$L_з$	Мощность залежи, м$M_з$	Уклонсъезда, тысячные,i
1	60	10	35°	80	600	400	0,065
2	60	12	37°	100	700	200	0,080
3	60	15	39°	90	800	60	0,080
4	60	18	43°	136	1200	650	0.090
5	60	10	41°	100	800	400	0,065
6	60	12	39°	120	1100	350	0,070
7	60	15	37°	105	600	400	0,070
8	65	18	43°	144	1150	220	0,080
9	65	10	35°	120	1300	150	0,080
10	65	12	37°	96	1150	350	0,065
11	65	15	39°	120	500	240	0,070
12	65	18	41°	104	1400	450	0,090
13	65	10	43°	90	850	420	0,070
14	65	12	39°	84	1050	180	0.080
15	70	15	37°	90	300	300	0,080
16	70	18	43°	160	1250	400	0,090
17	70	10	37°	70	600	80	0,070
18	70	12	39°	74	450	250	0,065
19	70	15	43°	120	1000	500	0,070
20	70	18	41°	140	1250	250	0,090
21	70	10	39°	90	850	60	0,065
22	70	15	37°	135	950	180	0,080

Приложение 5

Исходные данные к практической работе № 5

№ варианта	$H_у$, м	α, град.	β, град.	$B_{рп}$, м	$L_{тр}$, м	$L_б$, м	$Q_{тр}$, тыс.м^3/год	$Q_э$, тыс.м^3/год	i,тыс.	$B_{тр.}$, м	Расчетная схема
1	10	70	40	45	600	300	500	600	0,080	22	А
2	12	75		50	800	400	600	800	0,080	24	
3	15	60		60	1000	450	800	1000	0,080	24	
4	16	65		45	800	350	600	800	0,080	22	
5	12	70		50	900	400	800	1000	0,080	24	
6	15	75	45	60	1000	450	1000	1200	0,080	24	В
7	10	60		45	700	300	500	600	0,080	22	
8	12	65		50	800	350	600	800	0,080	24	
9	15	70		60	900	450	800	1000	0,080	24	
10	10	75		45	700	350	600	800	0,080	22	
11	12	60	50	50	800	400	800	1000	0,080	24	А
12	15	65		60	1000	450	1000	1200	0,080	24	
13	10	70		45	700	300	500	600	0,080	22	
14	12	75		50	900	400	600	800	0,080	24	
15	15	60		60	1000	450	900	1000	0,080	24	
16	10	65	40	45	800	350	600	800	0,080	22	В
17	12	70		50	1000	450	800	1000	0,080	24	
18	15	75		60	800	400	1000	1200	0,080	24	
19	10	60		45	600	300	500	600	0,080	22	
20	12	65		50	700	350	600	800	0,080	24	
21	15	70	45	60	1000	400	800	1000	0,080	24	А
22	10	75		45	700	300	600	800	0,080	22	
23	12	65		50	800	350	800	1000	0,080	24	

Приложение 6

Исходные данные к контрольной работе №1

№ п/п	Мощность залежи, $M_З$, м	Нормальная ширина раб. площ. $B_{Р.П.}$, м	Ширина раб. площ. на гор. $B^N_{Р.П.}$отм/гор, м	Миним.ширина раб.площ.B_{min}, м	Длина залежи$L_З$, м	Производ.карьера по руде$A_К$, тыс. м^3/год	Ширина дна разр. транш.на гор.$B^N_{Р.Т}$отм/гор., м	Угол откоса уступа α,град	Вид добываемого п. и.
1	100	40	50/120	35	900	1800	20/105	60	цвет. металл.
2	ПО	40	55/135	35	950	2000	20/105	60	цвет. металл.
3	120	45	55/120	40	1000.	2200	20/105	60	цвет. металл.
4	130	45	50/135	40	1000	2400	20/120	60	цвет. металл.
5,	140.	50	55/135	40	1050	2600	20/120	60	цвет. металл.
6	150	50	60/150	45	1050	2800	22/120	65	цвет. металл.
7	160	55	60/150	45	950	3000	22/135	65	цвет. металл.
8	150	55	65/150	45	1000	3200	22/135	65	цвет. металл.
9	160	60	65/150	50	1100	3200	22/135	65	цвет. металл.
10	150	60	70/150	50	1000	3300	22/120	65	цвет. металл.
11	160	60	75/135	55	1150	3600	24/120	70	цвет. металл.
12	100	40	50/120	35	900	2400	20/105	70	черная металл.
13	ПО	40	55/120	35	950	2600	20/105	70	черная металл.
14	120	45	55/135	40	1000	2800	20/105	70	черная металл.
15	130	45	55/135	40	1000	3000	22/120	70	черная металл.
16	140	50	60/150	40	1100	3200	22/120	70	черная металл.
17	150	50	60/150	45	1150	3400	22/120	75	черная металл.
18	160	55	65/150	45	1000	3600	22/135	75	черная металл.
19	130	55	65/165	45	1050	3800	24/135	75	черная металл.
20	140	60	70/165	50	1100	4000	24/135	75	черная металл.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть 2

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Специализация № 3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ОСОБЕННОСТИ БЕСТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ, КОНСТРУКЦИЯ ДРАГЛАЙНОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ИХ РАБОТЫ 4

1.1. Особенности бестранспортных систем разработки 4

1.2. Особенности конструкции экскаваторов-драглайнов 5

1.3. Технологические схемы работы при бестранспортной системе разработки 7

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ 9

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ 9

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ 10

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 10

Приложение 1 11

Приложение 2 13

ВВЕДЕНИЕ

Практическая работа «Расчет параметров бестранспортной системы разработки» выполняется студентами в процессе изучения дисциплины «Технология и комплексная механизация открытых горных работ».

В течение работы студенты изучают задачу, методику расчетов и исходные данные, выполняют расчеты и графические построения, производят анализ полученных результатов и оформляют отчет по работе.

Задачи преподавателя:

- ознакомить студентов с задачей, стоящей перед ними, а также с порядком и методикой ее решения;
- обеспечить всех студентов исходными данными для расчетов;
- организовать выполнение каждым студентом лабораторной работы в соответствии с индивидуальным заданием;
- контролировать ход выполнения студентами лабораторной работы;
- принять отчет о работе.

Цель работы: закрепление и углубление теоретических знаний студентов, необходимых для выполнения расчета параметров бестранспортной системы разработки.

Задачи работы:

- изучить алгоритм и содержание расчетов параметров бестранспортной системы разработки, используя данное пособие и литературу, приведенную в списке;
- освоить методику расчетов, связанных с определением параметров бестранспортной системы разработки;
- изучить влияние на параметры бестранспортной системы разработки основных определяющих факторов.

Методические указания предназначены для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 130400 – «Горное дело», изучающих дисциплину «Технология и комплексная механизация открытых горных работ».

1. ОСОБЕННОСТИ БЕСТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ, КОНСТРУКЦИЯ ДРАГЛАЙНОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ИХ РАБОТЫ

1.1. Особенности бестранспортных систем разработки

Бестранспортные системы разработки месторождений характеризуются тем, что вскрышные породы при их использовании перемещаются экскаваторами или отвалообразователями в выработанное пространство - во внутренние отвалы.

Перемещение пород вскрыши из забоя в отвалы при бестранспортных системах разработки производится поперек фронта работ, т.е по кратчайшему расстоянию. В связи с этим бестранспортные системы разработки являются наиболее простыми и экономичными.

Системы с перемещением пород вскрыши в выработанное пространство могут применяться только при разработке горизонтальных или пологих месторождений, представленных пластами или пластообразными залежами с углами падения не превышающими 10-15 градусов. Глубина залегания пластов, как правило, не превышает 40-60 метров, а их мощность обычно не более 5-20 метров. Разработка таких месторождений ведется сразу на всю мощность залежей с постоянной или слегка возрастающей рабочей зоной. Именно при перечисленных условиях появляется возможность размещения пород вскрыши во внутренние отвалы.

Карьерные поля при разработке горизонтальных и пологих месторождений имеют, как правило, большие размеры. Их длина может достигать 5 километров, а ширина от 0,5 до 2 километров. Карьерные поля имеют вытянутую форму.

Кроме того, при этих системах разработки существует жесткая связь между вскрышными и добычными работами, так как вскрываемые запасы ограничиваются рабочими параметрами и мощностью вскрышных и отвальных машин.

Применение бестранспортных систем разработки возможно лишь тогда, когда имеется оборудование с рабочими параметрами, достаточными для перевалки породы через добычные уступы в выработанное пространство.

При бестранспортных системах разработки для перемещения породы из забоя до отвала могут применяться экскаваторы-драглайны, вскрышные экскаваторы-механические лопаты или консольные отвалообразователи.

В последние десятилетия наибольшее распространение при бестранспортных системах разработки получили драглайны. В связи с этим в данных методических указаниях рассмотрены технологические схемы, предусматривающие использование экскаваторов-драглайнов.

1.2. Особенности конструкции экскаваторов-драглайнов

Важной особенностью экскаваторов-драглайнов является то, что их ковш подвешен к стреле на стальных канатах (рис.1.1). Вместимость ковша крупных драглайнов достигает 100-168 кубометров, а длина стрелы 100-120 метров.

Драглайны обычно имеют шагающий ход, однако относительно небольшие модели могут иметь гусеничный ход.

Наклон стрелы драглайна обычно составляет 25-35 градусов.



Рис.1.1. Шагающий экскаватор-драглайн ЭШ-20.90

Ковш драглайна перемещается по забою с помощью тягового и подъемного канатов. При этом он отделяет (срезает) стружку породы и заполняется. Затем ковш поднимают вверх. Угол между горизонталью и днищем ковша при его подъеме регулируется изменением длины разгрузочного каната. Разгрузка ковша происходит при свободном опускании тягового каната.

Длительность черпания зависит в основном от крепости породы и толщины стружки, срезаемой драглайном. При увеличении толщины стружки сокращается путь, проходимый ковшом при черпании, но вследствие повышенного сопротивления резанию уменьшается скорость перемещения ковша.

Минимальная толщина стружки должна быть такой, чтобы ковш заполнялся за одно черпание. В мягких грунтах толщина стружки может быть больше, а в крепких меньше.

Продолжительность поворота драглайна зависит, главным образом, от места выгрузки породы. В некоторых случаях разгрузка ковша может совмещаться с поворотом и происходить без остановки экскаватора, поворачивающегося в этом случае на 360 градусов без остановки.

Многолетний опыт эксплуатации крупных шагающих экскаваторов-драглайнов на горных предприятиях мира свидетельствует о высокой эффективности этих машин.

Важнейшим их преимуществом является то, что, имея большую длину стрелы, они могут осуществлять не только выемку, но и транспортирование вскрышных пород непосредственно во внутренние отвалы.

Благодаря возможности экскавации как нижним, так и верхним черпанием обеспечивается разработка месторождений с большой мощностью вскрыши. Низкое удельное давление на грунт при работе и передвижении позволяет осуществлять эксплуатацию экскаватора при низкой несущей способности грунтов.

Эти особенности крупных драглайнов, наряду с их высокой производительностью и надежностью, обеспечили значительное распространение таких машин на карьерах и разрезах мира.

Только на угледобывающих предприятиях Российской Федерации, где драглайны эксплуатируются более пятидесяти лет, ими без использования транспорта перемещается около 20 процентов от общего объема всей горной массы. Крупные экскаваторы-драглайны используются на горных предприятиях США, Австралии, Канады, Китая и ряда других стран.

Основной тенденцией в развитии драглайнов длительное время являлось увеличение вместимости ковша и длины стрелы. Однако в последние годы основные технологические параметры крупных драглайнов, по-видимому, достигли своего предела, определяемого экономической целесообразностью.

Основные направления развития экскаваторов-драглайнов в настоящее время связаны с совершенствованием их конструкции для более полного использования возможностей этой техники.

Это, в первую очередь, объясняется тем, что увеличенные затраты на особо крупные экскаваторы не компенсируются пропорциональным увеличением их производительности за границами некоторого предельного значения мощности машины.

Накопленный опыт использования крупных шагающих экскаваторов показал, что при бестранспортных системах разработки их применение позволяет в 2-3 раза снизить затраты на производство 1 $м^3$ вскрыши и в 3-4 раза уменьшить трудоемкость вскрышных работ.

1.3. Технологические схемы работы при бестранспортной системе разработки

Различают:

- простую бестранспортную систему разработки с однократной непосредственной перевалкой породы из вскрышного уступа во внутренние отвалы;

- усложненные бестранспортные системы разработки с многократной перевалкой вскрыши, которые используются в том случае, когда рабочие размеры вскрышного экскаватора оказываются недостаточными для непосредственного размещения вскрыши в выработанном пространстве.

В зависимости от структуры механизации, моделей вскрышного и отвального экскаваторов и места их расположения в рабочей зоне, числа подуступов, отрабатываемых с перевалкой вскрыши, размеров и формы отвальной рабочей зоны и степени подвалки добычного уступа бестранспортные системы разработки подразделяют на технологические схемы.

Так, простая бестранспортная система разработки включает целый ряд схем экскавации, наиболее распространенными из которых сегодня являются следующие:

- схема экскавации драглайном при разработке вскрышных пород одним уступом и размещении драглайна на верхней площадке вскрышного уступа;

- схема экскавации драглайном при разработке вскрышных пород двумя подуступами и размещении драглайна на подуступе.

Схема экскавации драглайном при разработке вскрышных пород одним уступом предусматривает размещение драглайна на верхней площадке вскрышного уступа. Он смещен от бровки добычного уступа на значительное расстояние. Зависимости между рабочими параметрами драглайна и высотой отвала при этой схеме устанавливаются только по радиусу разгрузки. Высота разгрузки драглайна с учетом расположения его на кровле вскрышного уступа позволяет иметь отвал большой высоты.

При расчете бестранспортных систем разработки обычно решаются задачи двух видов.

В первом случае по заданным параметрам экскаватора находят наибольшую допустимую в данных условиях высоту вскрышного уступа H.

Во втором случае для заданных параметров системы разработки подбирают модель экскаватора (т.е. величину радиуса разгрузки экскаватора R_p).

Расстояние от оси драглайна до верхней бровки добычного уступа l_1 определяется по формуле:

$$l_1 = b + c + Б + H\,ctg\,\alpha_в + l_2\ , \qquad (1.1)$$

где b - половина диаметра опорной базы экскаватора, м;

c - безопасное расстояние, принимаемое в зависимости от мощности пласта и модели экскаватора, м (обычно с=1-3 метра);

$Б$ - ширина бермы безопасности, м;

H - высота вскрышного уступа, м;

$\alpha_в$ - угол откоса вскрышного уступа, градус;

l_2 - ширина площадки между нижней бровкой вскрышного уступа и верхней бровкой добычного уступа, м.

Если требуется по заданным параметрам экскаватора найти наибольшую допустимую в данных условиях высоту вскрышного уступа H, используют зависимость ее от радиуса разгрузки экскаватора $R_р$:

$$H = (R_р - b - c - Б - l_2 - h\,ctg\,\alpha - a - A/4) / (ctg\,\alpha_в + к\,ctg\,\beta), \qquad (1.2)$$

где $R_р$ - радиус разгрузки экскаватора, м;

h - высота добычного уступа, м;

α - угол откоса добычного уступа, градус;

A - ширина экскаваторной заходки, м;

$к$ - остаточный коэффициент разрыхления породы в отвале;

β - угол откоса отвала, градус

Если требуется для заданных параметров системы разработки подобрать модель экскаватора-драглайна, определяют необходимую величину его радиуса разгрузки по формуле:

$$R_р = H(ctg\,\alpha_в + к\,ctg\,\beta) + b + c + Б + l_2 + h\,ctg\,\alpha + a + A/4. \qquad (1.3)$$

Схема экскавации драглайном при разработке вскрыши двумя подуступами позволяет при тех же рабочих параметрах драглайна разрабатывать вскрышу большей мощности. Эта схема может быть применена только при использовании мощных драглайнов, которые могут разрабатывать уступы выше уровня стояния. Однако высота верхнего подуступа не должна быть более 0,3-0,4 высоты разгрузки драглайна.

Усложненные бестранспортные системы разработки с многократной перевалкой вскрыши используются в том случае, когда рабочие размеры вскрышного экскаватора оказываются недостаточными для непосредственного размещения вскрыши в выработанном пространстве. При этих системах разработки порода во внутренние отвалы перемещается в несколько приемов, т.е. необходима переэкскавация породы.

Различают много вариантов схем усложненных бестранспортных систем разработки. При некоторых вариантах вскрышные породы перемещается во временный предотвал и переэкскавируется одним драглайном. Часто при таких схемах драглайн устанавливается на предотвале.

Одним из вариантов таких схем является схема, получившая название «Райчихинская» .

При других вариантах схем порода перемещается во временный предотвал одним драглайном, а переэкскавируется далее другим драглайном. Одним из вариантов таких схем является «Украинская» схема.

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с особенностями работы драглайнов при бестранспортных системах разработки.

2. Ознакомиться с техническими характеристиками экскаваторов-драглайнов.

3. Изучить технологические схемы работы драглайнов при бестранспортных системах разработки.

4. Выполнить расчет параметров бестранспортной системы разработки.

5. Исследовать зависимость параметров бестранспортной системы разработки от определяющих их факторов.

6. Начертить схему работы драглайна.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. По учебнику и методическим указаниям ознакомиться с особенностями конструкции, техническими характеристиками и технологическими схемами работы драглайнов.

2. Ознакомиться с исходными данными, приведенными в прил. 1 (в соответствии с заданным преподавателем вариантом).

3. С использованием методики, приведенной в разделе 1.2, выполнить расчет параметров бестранспортной системы разработки:

- по заданным параметрам экскаватора найти наибольшую допустимую в данных условиях высоту вскрышного уступа (с использованием формулы 1.2);
- для заданных параметров системы разработки подобрать модель экскаватора-драглайна (с использованием формулы 1.3 и приложения 2);

4. Исследовать зависимость параметров бестранспортной системы разработки от определяющих их факторов (изменяя высоту добычного уступа h в формуле 1.2 и высоту вскрышного уступа H в формуле 1.3 в соответствии с заданием, приведенным в приложении 1).

5. Сделать вывод о степени влияния на параметры бестранспортной системы разработки определяющих факторов и построить графики $H=f(h)$ и $R_p=f(H)$.

6. Начертить на листе формата А4 схему работы драглайна, при бестранспортной системе разработки с размерами, заданными в приложении 1 и полученными расчетом.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Какие Вы знаете основные конструктивные особенности экскаваторов-драглайнов?

2. Какие схемы работы драглайнов при бестранспортой системе разработки Вы знаете?

3. Когда и почему необходимо применять усложненные бестранспортные системы разработки?

4. Назовите основные особенности «Райчихинской» технологической схемы разработки.

5. Назовите основные особенности «Украинской» технологической схемы разработки.

6. От каких факторов зависят параметры бестранспортной системы разработки?

7. Как определяется по заданным параметрам экскаватора-драглайна наибольшая допустимая в данных условиях высота вскрышного уступа при простой бестранспортной системе разработки?

8. Как подбирают экскаватор-драглайн для конкретных условий разработки месторождения при простой бестранспортной системе разработки?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технология открытых горных работ. М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. 472 с.

Анистратов Ю. И., Анистратов К.Ю. Технологические процессы открытых горных работ.- М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. 448 с.

Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2010. 700 с.

Арсентьев А. И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей: учебник для вузов. М.: Недра, 1981. 278 с.

Проектирование карьеров: учебник /К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, В. В. Хронин, В. С. Коваленко. 3-е изд., перераб. М.: Высшая школа, 2009. 694 с.

Ржевский В. В. Открытые горные работы: учебник для вузов. 1 и 2 ч. М.: Недра, 1985. 549 с.

Хохряков В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: учебник для техникумов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1991. 336 с.

Хохряков В. С. Проектирование карьеров: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1992. 383 с.

Приложение 1

Исходные данные для расчетов

Показатель	Обозначение	Вариант											
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Модель драглайна	–	ЭШ-11.75						ЭШ-15.100					
Высота добычного уступа, м	h	5	10	10	9	7	8	7	8	5	8	7	9
Половина диаметра опорной базы экскаватора, м	b	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
Безопасное расстояние, м	c	1	2	1	2	2	1	3	3	2	2	3	3
Ширина бермы безопасности, м	$Б$	4	5	3	4	3	4	5	7	8	4	5	6
Угол откоса вскрышного уступа, град.	$\alpha_и$	50	55	53	56	54	57	57	56	55	53	53	58
Ширина площадки между нижней бровкой вскрышного уступа и верхней бровкой добычного уступа, м	l_2	5	4	5	5	4	3	5	6	7	3	5	6
Угол откоса добычного уступа, град.	α	60	65	60	55	60	65	65	60	55	65	60	55
Ширина экскаваторной заходки, м	A	18	18	16	17	16	18	19	18	17	18	17	18
Остаточный коэффициент разрыхления породы в отвале	$к$	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,5
Угол откоса отвала, град	β	30	35	32	30	35	34	34	35	32	34	35	33
Высота вскрышного уступа, м	H	10	15	12	12	11	10	15	12	10	14	12	15
Варианты высоты вскрышного уступа, м	H_1	8	7	6	7	6	7	7	8	6	9	7	8
	H_2	9	8	7	8	7	9	8	9	7	10	9	9
	H_3	11	9	8	9	8	10	10	11	8	12	10	11
	H_4	12	11	10	11	10	11	11	12	10	13	11	12
Варианты высоты добычного уступа, м	h_1	6	8	9	7	8	7	5	6	7	5	4	5
	h_2	7	9	10	8	9	8	6	7	8	6	5	6
	h_3	8	10	11	9	10	9	7	8	9	7	6	7
	h_4	9	11	12	10	11	10	8	9	10	8	7	8

Исходные данные для расчетов

Показатель	Обозначение	Вариант											
		13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
Модель драглайна	–	ЭШ-20.90						ЭШ-20.100					
Высота добычного уступа, м	h	6	9	8	9	7	5	7	8	6	8	6	9
Половина диаметра опорной базы экскаватора, м	b	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
Безопасное расстояние, м	c	1	2	1	2	2	1	3	3	2	2	3	3
Ширина бермы безопасности, м	$Б$	4	5	3	4	3	4	5	7	8	4	5	6
Угол откоса вскрышного уступа, град.	$\alpha_и$	52	50	53	55	54	56	57	55	56	53	53	58
Ширина площадки между нижней бровкой вскрышного уступа и верхней бровкой добычного уступа, м	l_2	4	5	4	3	5	4	4	5	6	3	5	6
Угол откоса добычного уступа, град.	α	62	60	61	56	55	62	60	62	57	60	61	55
Ширина экскаваторной заходки, м	A	18	18	16	17	16	18	19	18	17	18	17	18
Остаточный коэффициент разрыхления породы в отвале	$к$	1,4	1,3	1,5	1,3	1,2	1,5	1,4	1,5	1,3	1,2	1,4	1,5
Угол откоса отвала, град	β	32	35	30	32	35	30	34	30	32	33	35	33
Высота вскрышного уступа, м	H	10	15	12	12	11	10	15	12	10	14	12	15
Варианты высоты вскрышного уступа, м	H_1	8	7	6	7	6	7	7	8	6	9	7	8
	H_2	9	8	7	8	7	9	8	9	7	10	9	9
	H_3	11	9	8	9	8	10	10	11	8	12	10	11
	H_4	12	11	10	11	10	11	11	12	10	13	11	12
Варианты высоты добычного уступа, м	h_1	6	8	9	7	8	7	5	6	7	5	4	5
	h_2	7	9	10	8	9	8	6	7	8	6	5	6
	h_3	8	10	11	9	10	9	7	8	9	7	6	7
	h_4	9	11	12	10	11	10	8	9	10	8	7	8

Приложение 2

Техническая характеристика шагающих экскаваторов-драглайнов, выпускаемых ОАО «Уралмаш»

Параметры	ЭШ-11.75	ЭШ-20.90	ЭШ-15.100	ЭШ-25.90	ЭШ-20.100	ЭШ-40.100	ЭШ-30.110	ЭШ-65.100	ЭШ-40.130	ЭШ-100.100	ЭШ-100.125
Вместимость ковша, $м^3$…	11	20	15	25	20	40	30	65	40	100	100
Длина стрелы, м……	75	90	100	90	100	100	110	100	130	100	125
Максимальный радиус, м:											
черпания ……	71,4	83,0	91,5	85,4	91,0	94,8	103,3	97,6	123	97,0	118
выгрузки …….	71,4	83,0	91,5	85,4	91,0	94,8	103,3	97,6	123	97,0	118
Максимальная высота разгрузки, м……	30,6	38,5	45,0	37,5	45,0	40,0	46,2	38,5	56,0	43,0	56,0
Максимальная глубина черпания, м……	38,0	42,5	46,0	47,0	46,0	47,0	53,0	46,0	60,0	47,0	52,0
Мощность сетевого двигателя, кВт……..	1250	2500	2500	2500	2500	2×2250	2×2250	4×2250	4×2250	4×3600	4×3600
Масса рабочая, т……	840	1690	1710	1900	1900	3310	3420	5460	5460	10300	10000
Продолжительность рабочего цикла (грунт первой категории), с……	56	60	60	60	62	60	64	60	60	60	60

ЭШ – экскаватор шагающий

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.
Кокунина Л.В., ст. преподаватель, к.т.н.
Беляев В.Л., ст. преподаватель
Ганиев Р.С., ст. преподаватель

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА 4
2. ПОВТОРЕНИЕ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА. ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ. 5
3. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ 5
4. ПОДГОТОВКА И НАПИСАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 6
5. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ (ЭКЗАМЕНУ) 7
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 8
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ 9
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ 13

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие учебно-методическое пособие содержит информацию, необходимую для выполнения самостоятельной работы по дисциплине Б1.Б.2.02 «Технология и комплексная механизация открытых горных работ» для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации №3 «Открытые горные работы», очной и заочной формы обучения.

Согласно рабочей программе дисциплины Б1.Б.2.02 «Технология и комплексная механизация открытых горных работ» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

- Повторение материала лекций
- Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения)
- Ответы на вопросы для самоконтроля
- Подготовка к практическим занятиям
- Подготовка к контрольной работе
- Подготовка и написание курсового проекта
- Подготовка к зачетам
- Подготовка к экзамену

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу и принятая трудоемкость по отдельным её видам представлена в разделе 7 рабочей программы дисциплины.

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Тема 1: Технология и комплексная механизация разработки крутопадающих месторождений

Технологические типы месторождений и особенности их разработки. Запасы полезного ископаемого и кондиции на минеральное сырье. Критерии оценки горных работ. Рабочая зона карьера. Режим горных работ. Вскрытие карьерных полей. Системы открытой разработки. Организация и управление горными работами.

Тема 2: Технология и комплексная механизация разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений

Особенности разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений. Схемы разработки при простой бестранспортной системе разработки вскрыши. Схемы разработки при усложненной бестранспортной системе разработки вскрыши: суть, типичные схемы, расчет. Модификации схем бестранспортной разработки. Система разработки со сбросом горной массы взрывом. Организация вскрышных и добычных работ при бестранспортных системах разработки. Системы разработки с применением консольных отвалообразователей и транспортно-отвальных мостов. Вскрытие горизонтальных и пологопадающих месторождений

Тема 3: Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений

Особенности разработки россыпных месторождений. Разработка россыпных месторождений бульдозерно-экскаваторным способом. Разработка россыпных месторождений экскаваторным способом. Разработка россыпных месторождений гидравлическим способом. Разработка россыпных месторождений дражным способом.

Тема 4: Технология и комплексная механизация разработки месторождений блочного камня

История развития, краткое описание направлений развития камнедобывающей отрасли. Виды горных пород. Генезис. Горнотехнические условия. Оценка и разведка месторождений облицовочного камня. Виды вскрытия с применением транспортных и бестраншейных схем вскрытия месторождений облицовочного камня. Безвзрывные способы подготовки вскрышных пород к выемке. Методы предохранительного взрывания на выветрелых горных породах. Способы, основанные на механическом резании горных пород. Резание горных пород специальными методами: струей воды высокого давления, термогазоструйными и плазменными горелками, лазерными установками. Способы подготовки блоков к выемке методом сплошного бурения. Способы подготовки камня к выемке бурением по

контуру с последующим механическим и взрывным откалыванием. Управление действием взрыва на массив. Принципы комбинации способов подготовки камня к выемке. Процессы подготовки к выемке облицовочного камня: подготовка к выемке, пассировка, погрузка, транспортирование, складирование кондиционного сырья. Погрузка, транспортирование и складирование некондиции.

2. ПОВТОРЕНИЕ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА. ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.

Основной объем информации по дисциплине излагается: для очной формы обучения - преподавателем на аудиторных (лекционных) занятиях в устной форме; для заочной формы обучения – в учебной литературе, перечень которой представлен в разделе 8 настоящего методического пособия. Использование основной литературы считается обязательным для повторения и самостоятельного изучения тем курса, использование дополнительной литературы предусматривается с целью углублённого изучения отдельных разделов дисциплины.

Рекомендуется следующий порядок повторения или самостоятельного изучения тем дисциплины:

1. Ознакомьтесь с содержанием темы;
2. Ознакомьтесь с конспектом лекций по теме;
3. Ознакомьтесь с изложением данной темы в литературных источниках;
4. Ответьте на контрольные вопросы по данной теме (приложение 1 настоящего методического пособия), используя при необходимости конспект лекций и литературные источники;
5. Составьте конспект по изученному (повторенному) материалу;
6. При возникновении затруднений при усвоении материала обратитесь за консультацией к преподавателю.

3. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

С Выполнение практических и контрольных работ осуществляется студентами на аудиторных занятиях в соответствии с методическими указаниями.

Методические указания по выполнению практических и контрольных работ представлены в методических пособиях:

1. Исаков С.В., Беляев В.Л., Ганиев Р.С. Руководство по выполнению практических и контрольных работ по дисциплине Б1.Б.2.02

Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 1. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019

2. Сандригайло И.Н. Руководство по выполнению практических работ по дисциплине Б1.Б.2.02 Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 2. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019
3. Кокунина Л.В., Ганиев Р.С., Бычков Г.В. Руководство по выполнению практических работ по дисциплине Б1.Б.2.02 Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 3. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019
4. Ганиев Р.С. Руководство по выполнению контрольной работы по дисциплине Б1.Б.2.02 Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 3. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019

Рекомендуется следующий порядок подготовки к практическим и контрольным работам:

1. Используя соответствующее методическое пособие, ознакомьтесь с темой, содержанием и исходными данными к работе;
2. При возникновении непонимания цели, задач и общей сути работы, повторите соответствующий раздел теоретической части дисциплины, используя конспект лекций или учебную литературу;
3. Подготовьте титульную страницу работы с указанием названия работы, цели и задач работы, а также выпишите исходные данные согласно варианту, назначенному преподавателем;
4. При возникновении непонимания порядка выполнения работы обратитесь за консультацией к преподавателю.

4. ПОДГОТОВКА И НАПИСАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполнение курсового проекта осуществляется студентами в соответствии с методическими указаниями.

Методические указания по выполнению курсового проекта представлены в методическом пособии:

Сандиргайло И.Н., Беляев В.Л., Кокунина Л.В., Ганиев Р.С., Сорокин Л.А. Руководство по выполнению курсового проекта по дисциплине Б1.Б.2.02

Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019

Рекомендуется следующий порядок подготовки и написания курсового проекта:

1. Используя методическое пособие, ознакомьтесь с темой, содержанием и исходными данными для выполнения курсового проекта;
2. При возникновении непонимания цели, задач и общей сути работы, повторите соответствующий раздел теоретической части дисциплины, используя конспект лекций или учебную литературу;
3. Подготовьте титульную страницу работы с указанием названия работы, цели и задач работы, а также выпишите исходные данные согласно варианту, назначенному преподавателем;
4. Выполнение разделов курсового проекта осуществлять в порядке, изложенном в методическом пособии. Графическая часть, как правило, оформляется прежде пояснительной записки. Требования к оформлению также изложены в методическом пособии.
5. При возникновении непонимания порядка выполнения работы обратитесь за консультацией к преподавателю.

5. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ (ЭКЗАМЕНУ)

Сдача зачета (экзамена) осуществляется студентами по результату изучения каждой из трёх тематических частей дисциплины:

- **часть 1**: Технология и комплексная механизация разработки крутопадающих месторождений (тема 1);

- **часть 2**: Технология и комплексная механизация разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений (тема 2)

- **часть 3**: Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений, Технология и комплексная механизация разработки месторождений блочного камня (темы 3-4)

Зачет (экзамен) по дисциплине проводится по билетам. Билет на зачет (экзамен) включает в себя два теоретических вопроса из перечня, представленного в приложении 2 настоящего методического пособия. На зачете/экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие

вопросы задаются в рамках билета и направлены на выявление степени понимания студентом изучаемого предмета.

Рекомендуется следующий порядок подготовки к зачету (экзамену):

1. Ознакомьтесь с перечнем экзаменационных вопросов;
2. Повторите соответствующие разделы теоретической части дисциплины, используя конспект лекций и учебную литературу;
3. С целью закрепления усвоенного материала письменно составьте ответы на представленные вопросы;
4. При возникновении затруднений при усвоении материала обратитесь за консультацией к преподавателю.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

№ п/п	Наименование
1	Технология открытых горных работ : учебник / Ю. И. Анистратов, К. Ю. Анистратов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : НТЦ "Горное дело", 2008. - 472 с.
2	Справочник. Открытые горные работы : справочное издание / Трубецкой К. Н. [и др.]. - Москва : Горное бюро, 1994. - 590 с. : ил. - Библиогр.: с. 583
3	Практикум по открытым горным работам : учеб. пособие / Иван Михайлович Ялтанец И. М., Михаил Иванович Щадов М. И. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Изд-во МГУ, 2003. - 429 с

Дополнительная литература

№ п/п	Наименование
1	Открытая разработка месторождений полезных ископаемых : учебник / В. С. Хохряков. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Недра, 1991. - 336 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема 1: Технология и комплексная механизация разработки крутопадающих месторождений

1. Какие существуют технологические типы месторождений и особенности их разработки?
2. Какие выделяются виды запасов полезного ископаемого?
3. Каким образом составляются кондиции на минеральное сырье?
4. Каковы критерии оценки горных работ?
5. Какие выделяются параметры рабочей зоны карьера?
6. От чего зависят параметры рабочей зоны карьера?
7. От чего зависит режим горных работ?
8. Какие существуют схемы вскрытия карьерных полей для крутопадающих месторождений?
9. Какие выделяются виды систем открытой разработки?
10. По каким критериям производится выбор системы разработки?

Тема 2: Технология и комплексная механизация разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений

1. Какие выделяются особенности залегания горизонтальных и пологопадающих месторождений?
2. Какие схемы разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений применяются на практике?
3. В чем заключаются особенности, достоинства и недостатки простой бестранспортной системы разработки?
4. Что подразумевается под термином «готовые к выемке резервы»?
5. В чем заключаются особенности, достоинства и недостатки усложненной бестранспортной системы разработки?
6. Что отражает коэффициент переэкскавации?
7. В чем заключаются суть, достоинства и недостатки Черемховской схемы?
8. В чем заключаются суть, достоинства и недостатки Райчихинской схемы?
9. В чем заключаются суть, достоинства и недостатки Украинской схемы?
10. В чем заключаются суть, достоинства и недостатки Назаровской схемы?
11. Каковы особенности бестранспортной схемы разработки с взрыванием вскрышных пород?

12. Каковы особенности организации вскрышных и добычных работ при бестранспортной схеме?

13. Какие существуют варианты типов забоев в добычной панели?

14. Какие существуют схемы работ при бестранспортной системе разработки?

15. В чём заключаются особенности систем разработки с применением консольных отвалообразователей?

16. В чём заключаются особенности систем разработки с применением транспортно-отвальных мостов?

17. Как осуществляется вскрытие горизонтальных и пологопадающих месторождений?

18. Какой порядок ведения горных работ предусматривается при бестранспортных системах разработки?

Тема 3: Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений

1. Какие выделяются способы разработки россыпных месторождений?

2. По какой схеме осуществляется вскрытие россыпных месторождений при бульдозерном способе их отработки?

3. В чем заключаются особенности схемы ведения работ при бульдозерном способе разработки россыпей?

4. Какие факторы определяют производительность бульдозерной техники?

5. По какой схеме осуществляется вскрытие россыпных месторождений при бульдозерно-экскаваторном способе их отработки?

6. В чем заключаются особенности схемы ведения работ при экскаваторно-бульдозерном способ разработки россыпного месторождения?

7. По какому принципу проектируются комплексы оборудования при экскаваторно-бульдозерном способ разработки россыпного месторождения?

8. Какие существуют типы гидромониторных забоев?

9. По какой схеме осуществляется вскрытие россыпных месторождений при гидромониторном способе их отработки?

10. По какой схеме осуществляется отработка уступа и перемещение работ при отработке россыпей гидромониторным способом?

11. Что является основными техническими характеристиками гидромонитора?

12. Какие факторы определяют ширину рабочей площадки при гидромониторной отработке россыпей?

13. От каких фактров зависит производительность гидромонитора?

14. Как классифицируются драги в зависимости по критерию возможной глубины отработки?

15. Какие существуют схемы водоснабжения дражного разрезы?

16. Какие существуют технологические схемы ведения работ при дражном способе отработки россыпей?

17. От каких факторов зависит производительность многочерпаковых драг?

Тема 4: Технология и комплексная механизация разработки месторождений блочного камня

1. Какие схемы вскрытия применяются при разработке месторождений облицовочного камня?

2. Чем принципиально отличаются технология траншейного и бестраншейного вскрытия месторождений облицовочного камня?

3. Какие существуют способы подготовки вскрышных пород к выемке при отработке месторождений облицовочного камня?

4. В чём заключаются особенности технологии безвзрывных способов подготовки вскрышных пород к выемке?

5. В чём заключаются особенности технологии взрывных способов подготовки вскрышных пород к выемке?

6. Способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на механическом резании и области их применения.

7. Какие существуют способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на бурении горных пород? Какова область их применения?

8. Какие существуют способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на альтернативных методах разрушения горных пород? Какова область их применения?

9. В чём заключается суть комбинированных способов подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня? Какова область их применения?

10. Какие существуют виды технологических процессов на добыче блочного камня? В чём заключаются их особенности?

11. Какие механизмы, оборудование и техника применяются в процессах подготовки к выемке облицовочного камня?

12. В чём заключается суть пассировки блочного камня? Какие к ней предъявляются требования?

13. Как осуществляются погрузка, складирование и учет некондиционной горной массы?

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ
Часть 1.

Тема 1: Технология и комплексная механизация разработки крутопадающих месторождений

1 Общие сведения о технологии открытой добычи полезных ископаемых Принципы комплексной механизации.
2 Вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы полезных ископаемых.
3 Формирование качества руд. Структура запасов полезных ископаемых.
4 Промышленные требования к качеству полезных ископаемых. Ценность полезных ископаемых.
5 Оценка качества горных работ. Учет потерь и разубоживания.
6 Коэффициенты вскрыши и горной массы. Критерии оценки горных работ
7 Показатели развития горных работ Расчет скорости понижения горных работ.
8 Рабочая зона карьера. Понятия и определения.
9 Законы формирования рабочей зоны карьера.
10 Рабочая зона глубоких карьеров. Особенности развития рабочей зоны глубоких карьеров.
11 Режим и этапы горных работ.
12 Вскрытие карьерных полей. Способ, схема и система вскрытия.
13 Назначение и подразделение горных выработок. Классификация способов вскрытия
14 Трасса капитальных траншей. Выбор формы трассы
15 Транспортные способы проходки траншей.
16 Выбор способа вскрытия карьерного поля.
17 Вскрытие крутопадающих и наклонных месторождений Основные рекомендации по планированию схем вскрытия.
18 Вскрытие тупиковыми, петлевыми и спиральными съездами.
19 Вскрытие нагорных месторождений. Вскрытие подземными горными выработками.
20 Системная разработка карьерных полей.
21 Классификация систем разработки по Н.В Мельникову.
22 Классификация систем разработки по В В Ржевскому.
23 Элементы, параметры и показатели систем разработки.
24 Особенности открытой разработки наклонных и крутопадающих месторождений.

25 Системная разработка с применением железнодорожного транспорта
26 Системная разработка с применением автомобильного транспорта.
27 Системная разработка с применением конвейерного транспорта

Часть 2.

Тема 2: Технология и комплексная механизация разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений

1 Особенности залегания горизонтальных и пологопадающих месторождений.
2 Схемы разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений
3 Простая бестранспортная система разработки. Ее особенности, достоинства и недостатки.
4 Формула для определения предельной мощности вскрыши, отрабатываемой экскаватором-драглайном, заданной модели.
5 Формула для выбора экскаватора – драглайна, имеющего радиус разгрузки, необходимый для отработки вскрыши на конкретном месторождении.
6 Схема совместной работы вскрышного и добычного экскаваторов. Готовые к выемке резервы.
7 Усложненная бестранспортная система разработки. Коэффициент переэкскавации.
8 Черемховская схема. Ее суть, достоинства и недостатки.
9 Райчихинская схема. Ее суть, достоинства и недостатки.
10 Украинская схема. Ее суть, достоинства и недостатки.
11 Назаровская схема. Ее суть, достоинства и недостатки.
12 Бестранспортная схема разработки с взрыванием вскрышных пород.
13 Организация вскрышных и добычных работ при бестранспортной схеме. Варианты типов забоев в добычной панели.
14 Схемы работ при бестранспортной системе разработки. Правила их конструирования.
15 Системы разработки с применением консольных отвалообразователей.
16 Системы разработки с применением транспортно-отвальных мостов.
17 Вскрытие горизонтальных и пологопадающих месторождений.

Часть 3.

Тема 3: Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений

1 Способы разработки россыпных месторождений и условия их применения.
2 Схемы вскрытия россыпных месторождений при бульдозерном способе их отработки.
3 Схемы ведения работ при бульдозерном способе разработки россыпей.
4 Производительность бульдозерной техники.
5 Схемы вскрытия россыпных месторождений при бульдозерно-экскаваторном способе их отработки.
6 Схемы ведения работ при экскаваторно-бульдозерном способ разработки россыпного месторождения.
7 Принцип комплексности при выборе оборудования при экскаваторно-бульдозерном способ разработки россыпного месторождения.
8 Типы гидромониторных забоев.
9 Схемы вскрытия россыпных месторождений при гидромониторном способе их отработки.
10 Схема отработки уступа и перемещения работ при отработке россыпей гидромониторным способом.
11 Технические характеристики гидромониторов и принципы выбора гидромониторного оборудования.
12 Конструкция рабочей площадки при гидромониторной отработке россыпей.
13 Производительность гидромонитора.
14 Классификация драг в зависимости по критерию возможной глубины отработки.
15 Принципиальное устройство многочерпаковой драги.
16 Схемы водоснабжения дражного разрезы.
17 Технологические схемы ведения работ при дражном способе отработки россыпей.
18 Производительность многочерпаковых драг.

Тема 4. Технология и комплексная механизация разработки месторождений блочного камня

1 Камнедобывающая отрасль, основные направления ее развития.
2 Какие горные породы применяются, как материал для облицовочных и строительных материалов.
3 Основные горнотехнические условия, особенности оценки и разведки

месторождения облицовочного камня.

4 Основные требования к геологической документации, какие данные должна содержать геологическая документация при оценке, разведке месторождений облицовочного камня.

5 Способы производства вскрышных работ на месторождениях облицовочного камня.

6 Способы вскрытия технологии вскрытия месторождений облицовочного камня.

7 Принципы предохранительного взрывания на месторождениях облицовочного камня.

8 Способы подготовки к выемке облицовочного камня.

9 Основные принципы и технология подготовки к выемке блоков природного камня, основанная на механическом резании.

10 Основные принципы и технология подготовки к выемке блоков природного камня, основанная на сплошном бурении.

11 Основные принципы и технология подготовки к выемке блоков природного камня, основанная на механическом или взрывном откалывании.

12 Требования к качеству и параметрам блоков из природного камня.

13 Основные принципы и технология пассировки блоков.

14 Основные грузоподъемные механизмы и требования к ним при подготовке к выемке блочного камня.

15 Требования к транспортным средствам при перевозке блочного камня.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРОВ»

Специальность – ***21.05.04 Горное дело***

Специализация № 3 – ***Открытые горные работы***

Форма обучения: очная, заочная

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Автор: Беляев В. Л., старший преподаватель

Екатеринбург

Оглавление

Введение 2
Методические указания по организации самостоятельной работы студента 2
Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 4
Контрольная работа «Расчет скорости углубки в карьере» 7
Рекомендуемая литература 13

Введение

Самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Открытые горные работы».

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Проектирование карьеров» объем учебной нагрузки студента составляет 144 часа или 4 зачетных единицы. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы обучения – 53 часа, заочной – 121 часов.

По курсу «Проектирование карьеров» обязательная самостоятельная работа студентов осуществляется в следующих направлениях: освоение материалов по отдельным темам, входящим в рабочую программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий; выполнение и защита контрольных работ. Данное учебное пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоение отдельных тем дисциплины и выполнение контрольных работ. Контрольные вопросы и задания предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Проектирование карьеров». Она содержит названия 8 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 учебниках по курсу [1,2]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре разработки месторождений открытым способом имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. 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 учебникам [1, 2] 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.

Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения

Тема 1. Организация проектирования. Подготовка исходных данных для проектирования.

Цель и задачи проектирования. Процесс проектирования. Содержание проектной документации. Состав проекта. Проектные организации. Организация проектирования. Исходные материалы для проектирования. Достоверность и точность исходных данных при проектировании. [1, 2]

Дополнительная литература [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите цели и задачи проектирования.
2. Перечислите основные исходные данные для проектирования.
3. Содержание проекта и стадии проектирования. Организация проектирования горных предприятий.
4. Назначение проекта и виды проектной документации.
5. Характеристика геологоразведочных материалов. Требования к запасам полезного ископаемого.
6. Организация проектных работ, в том числе: директивные документы (законы, нормы, правила и др.), используемые при проектировании.

Тема 2. Методы и средства проектирования.

Методы обоснования проектных решений. Технические критерии оценки проектных решений. Экономические критерии оценки проектных решений. [1, 2]

Дополнительная литература **[**3, 4**].**

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите методы обоснования проектных решений.
2. Перечислите технические критерии оценки проектных решений.
3. Назовите экономические критерии оценки проектных решений.
4. Перечислите параметры разработки, обеспечивающие экономически допустимую и экономически эффективную разработку.
5. Основные типы задач проекта и методы их решения.

Тема 3. Экономические основы проекта.

Основные понятия. Оценка эффективности проектов и их от бору для финансирования. Решения об инвестировании средств в проект. [1, 2]

Дополнительная литература **[**3, 4**].**

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Обоснуйте основные цели и эффективность разработки месторождений.
2. Дайте оценку эффективности проектов и их отбора для эффективности.
3. Какие решения принимаются касательно инвестирования средств в проекте?
4. Обоснуйте исходные стоимостные показатели открытой разработки.

Тема 4. Обоснование границ карьеров.

Границы открытой разработки. Принципы определения границ карьера. Общая характеристика методов обоснования границ открытой разработки. Современные методические подходы к определению границ карьеров. [1, 2]

Дополнительная литература [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Границы карьера и их основные задачи при их основании.
2. Назовите принципы определения границ карьера.
3. Дайте характеристику методов обоснования границ открытой разработки.
4. Как определяются углы откоса нерабочих бортов карьера? Конструкции и размеры транспортных берм.

Тема 5. Режим горных работ. Горно-геометрический анализ карьерных полей.

Рабочая зона карьера. Понятия и определения. Порядок развития горных работ. Горно-геометрический анализ карьерных полей. [1, 2]

Дополнительная литература [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите закономерности формирования рабочей зоны карьера.
2. Что подразумевается под термином «режим горных работ карьера»?
3. Что такое горно-геометрический анализ карьерных полей?
4. Назовите критерии оценки направления развития горных работ.
5. Рациональный календарный график вскрышных и добычных работ.

Тема 6. Проектирование производственной мощности карьера.

Факторы, определяющие производственную мощность. Календарный план горных работ. Упрощенный метод определения производительности карьера. Графики-номограммы проектирования производственной мощности. [1, 2]

Дополнительная литература [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите факторы, определяющие производственную мощность карьера.
2. Что такое календарный план горных работ?
3. Порядок определения производственной мощности.
4. Назовите основные факторы, ограничивающие производственную мощность.

Тема 7. Поддержание производственной мощности.

Определение эффективности поддержания производственной мощности. Цель, причины и основные направления реконструкции карьера. [1, 2]

Дополнительная литература [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите цели, причины и основные направления реконструкции карьеров.

2. Что влияет на выбор целесообразного варианта реконструкции карьеров?
3. Как определяется эффективность поддержания производственной мощности?
4. Назовите особенности горных работ при расширении контуров карьера.

Тема 8. Проектирование вскрытия. Основы проектирования генерального плана развития предприятия.

Общие сведения. Состав, структура и компоновочные решения. [1, 2]

Дополнительная литература [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Общие сведения о генеральном плане развития предприятия.
2. Этапы проектирования вскрытия карьерного поля. Взаимосвязь вскрытия и конструкции погашенных бортов.
3. Состав, структура и компоновочные решения по генеральному плану карьера.
4. Понятие о земельном и горном отводе.
5. Назовите принципы проектирования размещения основных и вспомогательных объектов горного предприятия.

Контрольная работа «Расчет скорости углубки в карьере»

Общий порядок выполнения и оформления контрольных работ.

1. Контрольные работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса и изучения дополнительной литературы.

2. Перед выполнением контрольной работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Контрольные работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения контрольной работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты контрольной работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за контрольную работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по контрольным работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика контрольных работ, наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Цель работы: Определить скорость углубки в карьере на основе графика $L = = f(T)$ А. И. Арсентьева.

Скорость углубки $У_{Г.}$ (м/год) определяется по формуле:

$$У_{Г.} = \frac{12H_{У}}{T},$$

где $H_У$ – высота уступа, м,

T – время подготовки одного горизонта, мес.

Теоретические положения

Основой методики расчета являются следующие положения:

- подготовка нового горизонта к эксплуатации длится от начала проходки разрезной траншеи на вышележащем горизонте до начала проходки разрезной траншеи на нижележащем;
- к началу расширения разрезной траншеи необходимо, чтобы на смежном с подготавливаемым вышележащем горизонте была образована рабочая площадка не меньше минимальной ширины, принятой проектом на разработку;
- минимальная длина разрезной траншеи должна быть равной сумме длин экскаваторного блока и участка опережения, обеспечивающего возможность одновременной разноски и дальнейшей проходки разрезной траншеи;
- расчетное время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется с учетом времени совмещения работы экскаваторов, проходящим вскрывающую выработку и ее расширяющим.

Условные обозначения к работе:

$H_у$ – высота уступа, м;

$L_б$ – длина экскаваторного блока, м;

$L_о$ – допустимое минимальное расстояние между экскаватором, проходящим траншею, и экскаватором, расширяющим ее, м (50-100);

$L_п$, $L_т$ – длина тупикового (петлевого) разворота: для ж. д. путей, м (130-150); для автодорог, м (30-50);

$L_{тр}$ – длина разрезной траншеи, м;

$L_В$ – длина въездной траншеи на горизонт подготовки, м;

φ – угол откоса рабочего борта, град.;

$B_{рп}$ – ширина рабочей площадки, м;

β – угол направления углубки, град.;

α – угол откоса уступа, град.;

$B_{тр}$ – ширина дна разрезной траншеи, м;

$Q_{тр}$ – производительность экскаватора при проходке разрезной траншеи, м^3/мес.;

$Q_э$ – производительность экскаватора при расширении разрезной траншеи, м^3/мес.;

$V_т$ – скорость проходки разрезной траншеи, м/мес.;

$V_о$ – скорость расширения разрезной траншеи, м/мес.;

i – уклон въездной траншеи, в тысячных;

M – число экскаваторов, работающих на расширении разрезной траншеи (не считая траншейных экскаваторов), единиц;

k – количество экскаваторных блоков на горизонте, необходимых для расширения вскрывающей выработки, единиц.

Порядок выполнения работы

Все графические построения выполняются на миллиметровой бумаге.
В варианты расчетов положены два определяющих признака:

1) способ вскрытия;
2) схема вскрытия.

Примечание: Расчетные схемы приведены в таблице «Расчетные схемы» (см. рис. 1). Параметры схем приведены в приложении 5.

Расчетные схемы

Способ вскрытия – вскрывающая выработка	Схема вскрытия (форма трассы):	
	поступательная	тупиковая (петлевая)
Разрезная траншея	Схема А	Схема В

Для построения схем А и В (рис. 1 и 2) рассчитываются скорости:
- проходки въездной траншеи;
- проходки разрезной траншеи;
- расширения разрезной траншеи.

Объем$V_{тр}$, м^3, время проходки$t_с$, мес. и длина въездной траншеи$L_в$, м, на горизонте определяются:

$$V_{\text{ТР}} = \frac{H_y^2}{i}\left(\frac{B_{\text{ТР}}}{2} + \frac{H_{\text{у}}}{3\text{tg}\,\alpha}\right), \quad (1)$$

$$t_{\text{с}} = \frac{V_{\text{ТР}}}{Q_{\text{ТР}}}, \quad (2)$$

$$L_{\text{В}} = \frac{H_{\text{у}}}{i}. \quad (3)$$

Скорости проходки разрезной траншеи ($V_{\text{Т}}$) и ее расширения ($V_{\text{о}}$), м/мес., определяются по формулам:

$$V_{\text{Т}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{H_{\text{у}}\left(B_{\text{ТР}} + H_{\text{у}} \cdot \text{ctg}\,\alpha\right)}, \quad (4)$$

$$V_{\text{о}} = \frac{M \cdot Q_{\text{э}}}{H_{\text{у}}^2 \cdot \left(\text{ctg}\,\varphi + \text{ctg}\,\beta\right)}. \quad (5)$$

Округляется до целого в меньшую сторону $\left\lfloor M = \frac{Q_{\text{ТР}} \cdot H_{\text{у}} \cdot \left(\text{ctg}\,\varphi + \text{ctg}\,\beta\right)}{Q_{\text{Э}} \cdot \left(B_{\text{ТР}} + H_{\text{у}} \cdot \text{ctg}\,\alpha\right)} \right\rfloor$ (6)

Угол откоса рабочего борта (φ) определяется по формуле:

$$\text{arctg}\,\varphi = H_{\text{у}} / \left(B_{\text{РП}} + H_{\text{у}}\text{ctg}\,\alpha\right). \quad (7)$$

Примечание. Максимально возможное число экскаваторов (М)на расширении траншеи определяется из условия, что скорость проходки траншеи (Vт) должна быть более или равна скорости ее расширения (Vо):

$$V_{\text{Т}} \geq V_{\text{о}}.$$

Расчеты по схеме А

Обобщенный график $L = f(T)$ организации работ по вскрытию и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншеей и поступательными съездами (рис. 1) рассчитывается по временным интервалам.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется суммой временных отрезков, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (8)$$

где t_1 – время ввода первого экскаватора на расширении вскрывающей выработки (разрезной траншеи), мес.:

$$t_1 = \frac{L_б + L_о}{V_т}, \tag{9}$$

t_2– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину экскаваторного блока, мес.:

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_б(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta)}{Q_э}, \tag{10}$$

t_3– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину, необходимую для проходки въездной траншеи на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_3 = \frac{L_в + L_п}{V_о}, \tag{11}$$

гдеt_4– время проходки вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б + (L_в - L_п)}{V_о} - \frac{(k-1)L_б + (L_в - L_п)}{V_t}. \tag{12}$$

Количество экскаваторных блоков (k) на горизонте определяется по выражению

Округляется до целого в большую сторону $$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в + L_п}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \tag{13}$$

Примечание. При железнодорожном транспорте вследствие обменно-транспортных операций на одном уступе допускается не более двух экскаваторов, при автомобильном – не более четырех-пяти.

Расчеты по схеме В

На рис. 2 показан обобщенный график $L = f(T)$ организации работ при вскрытии и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншей и внутренними тупиковыми съездами, расположенными на нерабочем борту карьера.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \tag{14}$$

Из схемы (рис. 5.2) можно найти, что

$$t_1 = \frac{L_б + L_T + L_о}{V_T}, \tag{15}$$

где L_T – длина тупикового разъезда при железнодорожном транспорте или же петлевого заезда при автомобильном транспорте, м;

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_Б(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta)}{Q_э}; \tag{16}$$

$$t_3 = \frac{L_в}{V_о}; \tag{17}$$

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_о} - \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_т}; \quad (18)$$

Округляется до целого в большую сторону $$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \quad (19)$$

Форма отчетности

По результатам занятия представляется отчет, содержащий цель работы, краткую теорию рассматриваемого вопроса, расчеты, необходимые для построения графика $L = f(T)$, и собственно график подготовки нового горизонта для рассмотренных схем.

Исходные данные

№ ВАРИАНТА	$H_у$, М	α, ГРАД.	β, ГРАД.	$B_{рп}$, М	$L_{тр}$, М	$L_б$, М	$Q_{тр}$, ТЫС.М^3/ГОД	$Q_э$, ТЫС.М^3/ГОД	I, ТЫС.	$B_{тр.}$, М	РАСЧЕТНАЯ СХЕМА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	10	70		45	600	300	500	600	0,080	22	
2	12	75		50	800	400	600	800	0,080	24	
3	15	60	40	60	1000	450	800	1000	0,080	24	А
4	16	65		45	800	350	600	800	0,080	22	
5	12	70		50	900	400	800	1000	0,080	24	
6	15	75		60	1000	450	1000	1200	0,080	24	
7	10	60		45	700	300	500	600	0,080	22	
8	12	65	45	50	800	350	600	800	0,080	24	В
9	15	70		60	900	450	800	1000	0,080	24	
10	10	75		45	700	350	600	800	0,080	22	
11	12	60	50	50	800	400	800	1000	0,080	24	
12	15	65		60	1000	450	1000	1200	0,080	24	А
13	10	70		45	700	300	500	600	0,080	22	
14	12	75	50	50	900	400	600	800	0,080	24	
15	15	60		60	1000	450	900	1000	0,080	24	
16	10	65		45	800	350	600	800	0,080	22	
17	12	70		50	1000	450	800	1000	0,080	24	
18	15	75	40	60	800	400	1000	1200	0,080	24	В
19	10	60		45	600	300	500	600	0,080	22	
20	12	65		50	700	350	600	800	0,080	24	
21	15	70		60	1000	400	800	1000	0,080	24	
22	10	75	45	45	700	300	600	800	0,080	22	А
23	12	65		50	800	350	800	1000	0,080	24	

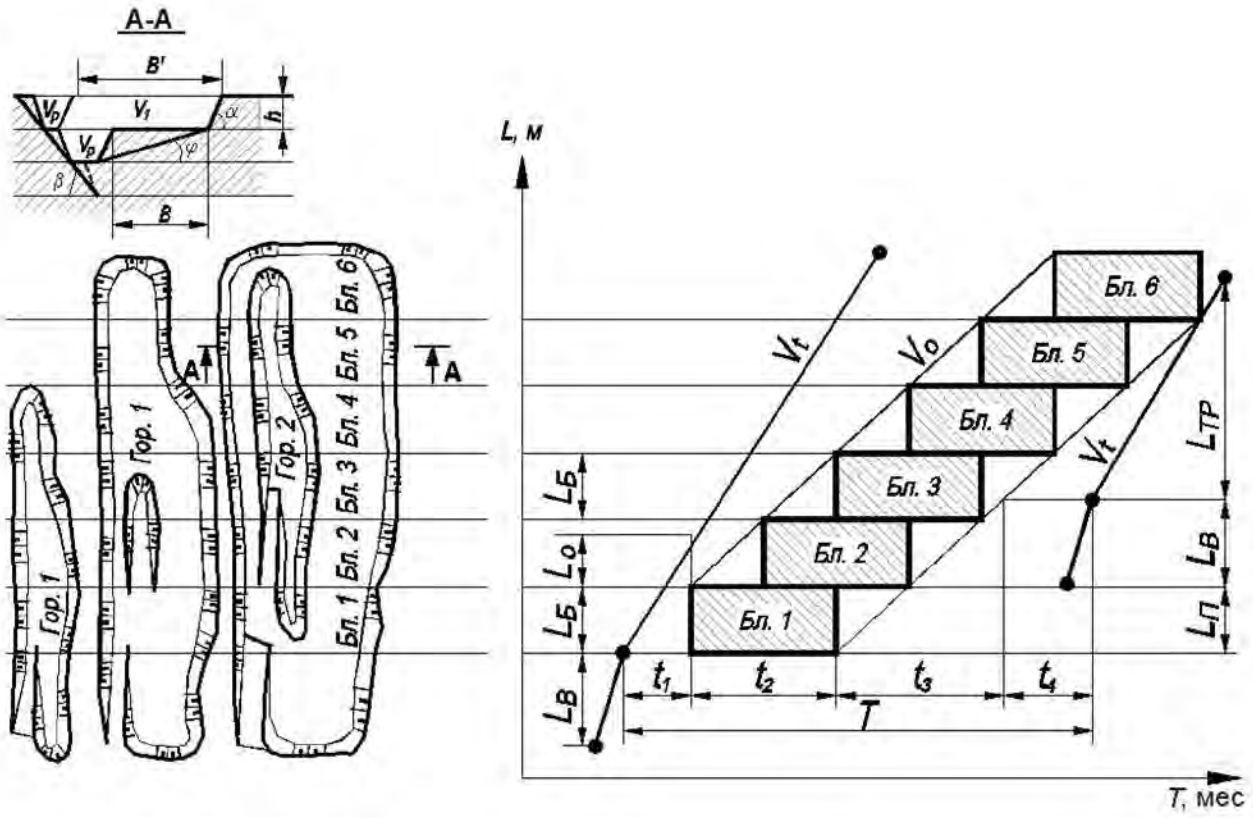


Рис. 1. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами поступательной формы трассы (схема А)

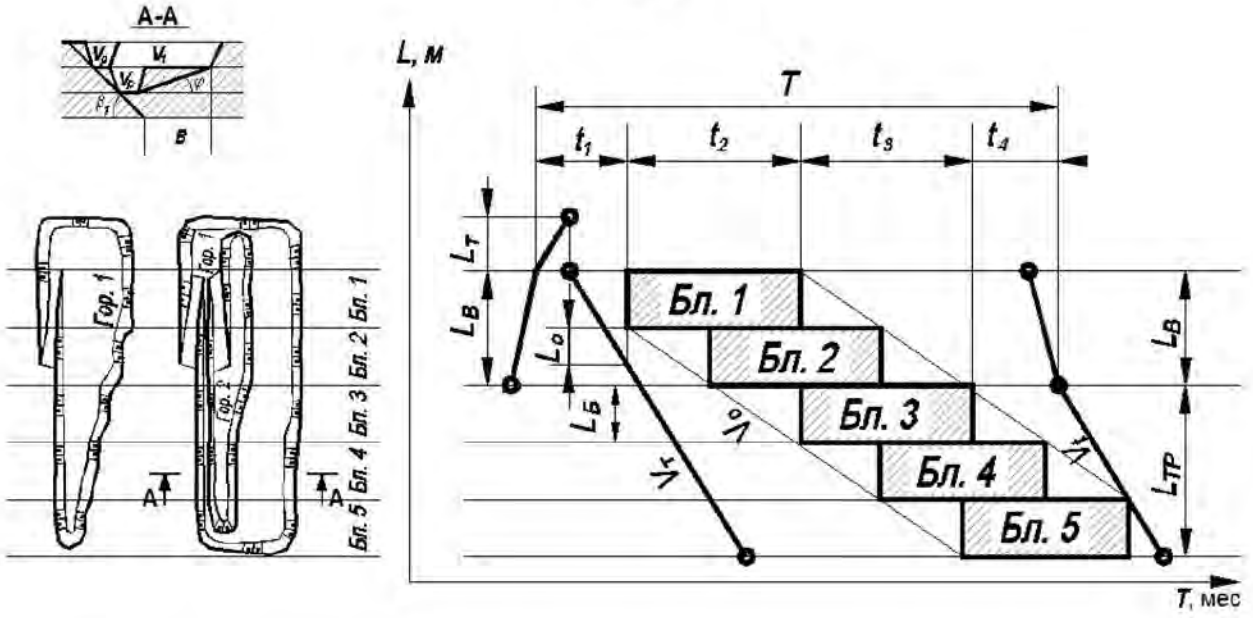


Рис. 2. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами тупиковой (петлевой) формы трассы (схема В)

Рекомендуемая литература

1. Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. Проектирование карьеров: учебник. – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2009. – 694 с., илл.
2. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2010. - 700 с.
3. Хохряков В.С. Проектирование карьеров: учеб. для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 383 с.: илл.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: учебник. Изд. 8-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 552 с. (Классика инженерной мысли: горное дело)
5. Корнилков С.В., Беляев В.Л. Проектирование карьеров: учеб-метод пособ. по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Проектирование карьеров» для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы» (ОГР) направления 130400 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 31 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРОВ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Проектирование карьеров»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Екатеринбург

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРОВ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Проектирование карьеров»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень источников.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Проектирование карьеров» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Проектирование карьеров» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Проектирование карьеров» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии отвалообразования и организации производственных процессов, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров карьеров;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональной организации горных работ в конкретных условиях.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ, наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Практическая работа № 1
ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Цель работы: освоение методов определения погрешности расчетов при проектировании.

При проектировании часто возникает потребность в оценке результатов. Наиболее характерными случаями являются: определение погрешности расчета по известной погрешности исходных данных и определение погрешности исходных данных по заданной погрешности расчета (обратная задача).

Различают зарождающуюся погрешность, которая появляется при вычислениях вследствие округления результатов, и остаточную погрешность метода вычисления.

Абсолютная погрешность вычисляется по следующим соотношениям:

$$\Delta = \left| X_n - \overline{X} \right|, \qquad \Delta = \sum \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| \Delta X_i$$

где X_n – приближенное число;
X – истинное значение числа;
ΔX_i – погрешность переменной X_i, входящей в функцию f;
$\frac{\partial f}{\partial X_i}$ – частная производная функции f по переменной X_i.

Относительная погрешность определяется по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{\overline{X}} \cdot 100\,, \%$$

1.1. Инструменты: микрокалькуляторы, справочник по высшей математике (раздел «Дифференциальное исчисление»)

1.2. Исходные данные включают следующие параметры:

- линейные размеры элементов карьера (принимаются по исходным данным;
- угол откоса рабочего уступа $\beta = 60°$ (1,047 рад.);
- угол погашения борта карьера $\gamma_{ср} = 40°$ (0,698 рад.).

Погрешность определения:

- ширины траншеи по низу $\Delta_b = \pm 2$ м, (при b = 30 м),
- высоты уступа $\Delta_{Hy} = \pm 1$ м,
- длины траншеи $\Delta_L = \pm 15$ м,
- угла откоса бортов траншеи $\Delta_\beta = (0{,}0870$ рад$) = \pm 5°$,
- площади дна карьера $\Delta_{Sq} = \pm 2000$ м^2,
- глубины карьера $\Delta_{Hk} = \pm H_y$ м, (при $H_к = 160$ м),
- среднего угла погашения бортов карьера $\Delta\gamma_{ср} = \pm 2°$, (0,0348 рад.)
- периметра дна карьера $\Delta_P = \pm 50$ м, (при $b_{дна} = 35$ м)

Требуемая точность расчета (обратная задача):

- объема разрезной траншеи $\delta_{VT} = 5\ \%$,
- объема карьера $\delta_{VK} = 10\ \%$.

1.3. Порядок выполнения работы.

Задача 1: Определение абсолютной и относительной погрешности расчета объема разрезной траншеи и карьера по известной погрешности исходных данных.

Задача 2: Определение допустимой погрешности исходных данных по заданной погрешности расчета объема разрезной траншеи и карьера.

ЗАДАЧА 1

1.3.1. Определяем истинный объем разрезной траншеи и карьера по формулам:

$$V_T = \left(b + H_y \cdot \mathrm{ctg}\beta\right) H_y \cdot L,$$

$$V_K = S_q \cdot H_K + 0{,}5 \cdot P \cdot H_k^2 \cdot \mathrm{ctg}\gamma_{\text{ср}} + \frac{\pi}{3} \cdot H_K^3 \cdot \mathrm{ctg}^2\gamma_{\text{ср}},\ \text{м}^3.$$

1.3.2. Определяем численные значения частных производных, входящих в расчетные формулы. Варианты заданий даны в прил. I.

Таблица 1.1

ЧАСТНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ	
ОБЪЕМА ТРАНШЕИ	ОБЪЕМА КАРЬЕРА
$\frac{\partial V_T}{\partial b} = H_{\text{У}} \cdot L$	$\frac{\partial V_K}{\partial S_q} = H_{\text{К}}$
$\frac{\partial V_T}{\partial H_{\text{У}}} = b \cdot L + 2H_{\text{У}} \cdot L \cdot \mathrm{ctg}\beta$	$\frac{\partial V_K}{\partial H_{\text{К}}} = S_{\text{q}} + P \cdot H_{\text{К}} \cdot \mathrm{ctg}\gamma_{\text{ср}} + \pi \cdot H_{\text{К}}^2 \cdot ctg^2\gamma_{\text{ср}}$
$\frac{\partial V_T}{\partial L} = H_{\text{У}}\left(b + H_{\text{У}} \cdot \mathrm{ctg}\beta\right)$	$\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial P} = 0{,}5 \cdot H_{\text{К}}^2 \cdot \mathrm{ctg}\gamma_{\text{ср}}$
$\frac{\partial V_T}{\partial \beta} = -\frac{H_{\text{У}}^2 \cdot L}{sin^2\,\beta}$	$\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial \gamma_{\text{ср}}} = -\frac{P \cdot H_{\text{К}}^2}{2 \cdot \sin^2\gamma_{\text{ср}}} - \frac{2 \cdot \pi \cdot H_{\text{К}}^3 \cdot \mathrm{ctg}\gamma_{\text{ср}}}{3 \cdot \sin^2\gamma_{\text{ср}}}$

1.3.3. Определяется абсолютная погрешность расчета разрезной траншеи и карьера по выражениям

$$\Delta V_T = \left|\frac{\partial V_T}{\partial b}\right|\Delta b + \left|\frac{\partial V_T}{\partial H_{\text{У}}}\right|\Delta H_{\text{У}} + \left|\frac{\partial V_T}{\partial L}\right|\Delta L + \left|\frac{\partial V_T}{\partial \beta}\right|\Delta\beta,\ \text{м}^3$$

$$\Delta V_K = \left|\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial S_q}\right|\Delta_{S_g} + \left|\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial H_{\text{К}}}\right|\Delta_{H_{\text{К}}} + \left|\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial P}\right|\Delta_P + \left|\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial \gamma_{\text{ср}}}\right|\Delta_{\gamma_{\text{ср}}},\ \text{м}^3$$

1.3.4. Определяется относительная ошибка вычисления V_T и V_K по формулам:

$$\delta_{V_T} = \frac{\Delta V_T}{V_T} \cdot 100 \text{ , \%}$$

$$\delta_{V_К} = \frac{\Delta V_К}{V_К} \cdot 100 \text{ , \%.}$$

ЗАДАЧА 2: (обратная)

1.3.5. По известной относительной погрешности расчета Определяем абсолютную погрешность расчета объема разрезной траншеи и карьера по формулам:

$$\Delta V_T = \frac{V_T \cdot \delta V_T}{100}, \qquad \Delta V_K = \frac{V_K \cdot \delta V_K}{100}.$$

1.3.6. Определяем абсолютную погрешность исходных данных по формуле

$$\Delta X_i = \frac{\Delta V_T \left(\Delta V_K\right)}{n \cdot \left|\frac{\partial V}{\partial X_i}\right|}$$

где n – число переменных, входящих в функциональную зависимость (в нашем случае n = 4); $\left|\frac{\partial f}{\partial X_i}\right|$ – частные производные функции по переменной X_i (например, для разрезной траншеи X_i – соответствует b, $H_У$, L, β).

1.4. Форма отчетности. По результатам практического занятия представляется отчет, содержащий краткую теорию существа вопроса, таблицу частных производных функций V_T и V_K, а также результаты расчетов по предложенной методике.

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ КАРЬЕРА СРАВНЕНИЕМ КОНТУРНОГО И ГРАНИЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТОВ ВСКРЫШИ

Цель работы: Определение глубины карьера на поперечном разрезе сравнением контурного ($К_К$) и граничного ($К_{ГР}$) коэффициентов вскрыши по условию:

$$К_{ГР} \geq К_К$$

при $К_К = \Delta V / \Delta P$, м^3/м^3

где ΔV ΔP – соответственно приращение объема полезного ископаемого и вскрышных пород при увеличении глубины карьера на $\Delta H_К$, тыс.м^3.

2.1. ***Исходные данные*** оформлены в виде задания на бланке (рис. 2.1), которое включает:

- поперечный разрез месторождения;
- линии погашения бортов карьера;
- дополнительные данные – масштаб чертежа, высота уступа, граничный коэффициент вскрыши принимаются каждым студентом в зависимости от варианта индивидуального задания.

2.2. ***Порядок выполнения работы***

2.2.1. На поперечный разрез наносятся тонкие горизонтальные линии. Расстояние между ними равно высоте уступа (Hy) в масштабе чертежа. Проставляются отметки горизонтов от поверхности до нижней границы поперечного разреза (например: гор.-10; гор. -20; гор. -30; и т. д.).

2.2.2. Назначается исходная глубина горных работ (в пределах 160÷180 м). На поперечном разрезе отстраиваются контуры карьера, соответствующие этой глубине. Углы погашения бортов вычерчиваются параллельно показанным в бланке задания. Ширина дна карьера принимается в пределах 30÷40 м.

2.2.3. Задается величина приращения (ΔH_K) глубины карьера. Рекомендуется принимать:

$$\Delta H_K = \pm Hy$$

2.2.4. По выбранной ΔH_K отыскиваются последующие контуры карьера. Рекомендуется назначать не менее 3-4 вариантов конечной глубины открытой разработки.

2.2.5. Между соседними границами конечных контуров карьера подсчитываются объемы дополнительно вынимаемой руды (ΔP) и вскрыши (ΔV). Для упрощения вычислений криволинейные контакты полезного ископаемого и вмещающих пород следует заменить отрезками прямых. Объемы ΔP и ΔV вычислять по формулам геометрии, как сумму площадей правильных фигур (параллелограммов, трапеций, треугольников).

2.2.6. Результаты вычислений заносятся в табл. 2.1.

Например:

Таблица 2.1

НАТУРНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВСКРЫШИ

НАЧАЛЬНАЯ ГЛУБИНА КАРЬЕРА, М	H_K, М	ΔV, ТЫС.М^3	ΔP, ТЫС.М^3	K_K, М^3/М^3
156	180	2466	834	2,96
	204	900	620	1,45

	228	2107	180	11,71

2.2.7. По данным табл. 2.1. строится график $K_K = f(H_K)$ изменения контурного коэффициента вскрыши с глубиной карьера. Точка пересечения функции $K_K = f(H_K)$ и $K_{ГР}$ = const дает значение экономически целесообразной глубины открытой разработки (рис. 2.1).

2.2.8. Рассчитанные контуры карьера вычерчиваются контрастным цветом (красным, синим, зеленым) на поперечном разрезе.

2.3. Форма отчетности. Отчет о проделанной работе должен содержать порядок определения глубины карьера, таблицу контурных коэффициентов вскрыши (табл. 2.1), график $K_K = f(H_K)$. Бланк задания с выделенными контурами карьера прилагается к отчету.

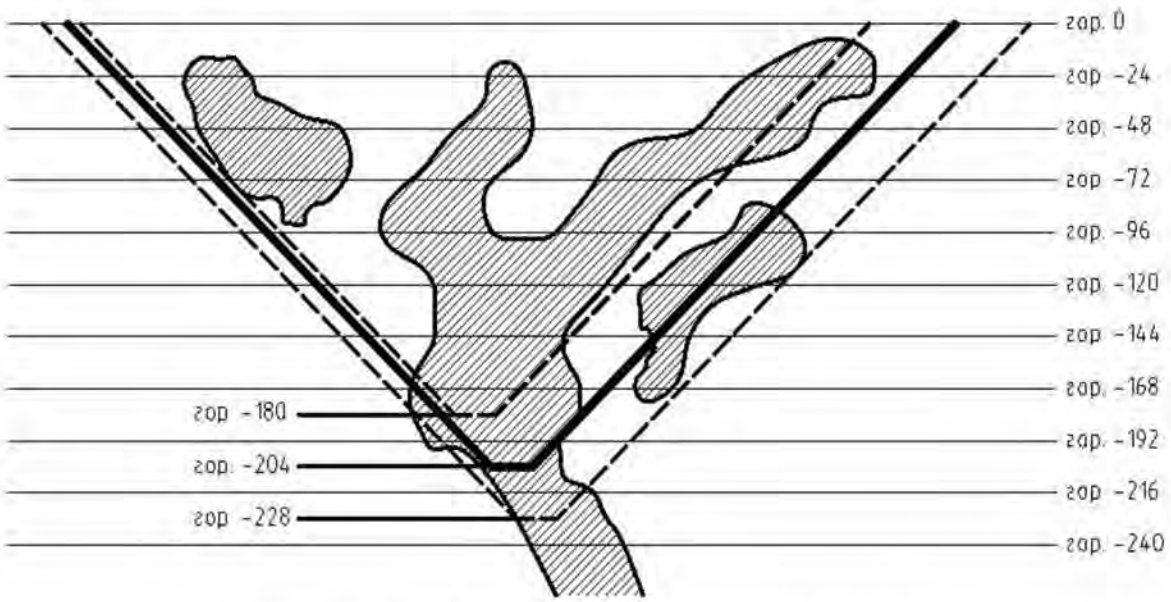


Рис. 2.1. Исходные данные и схема для расчета контурных коэффициентов вскрыши

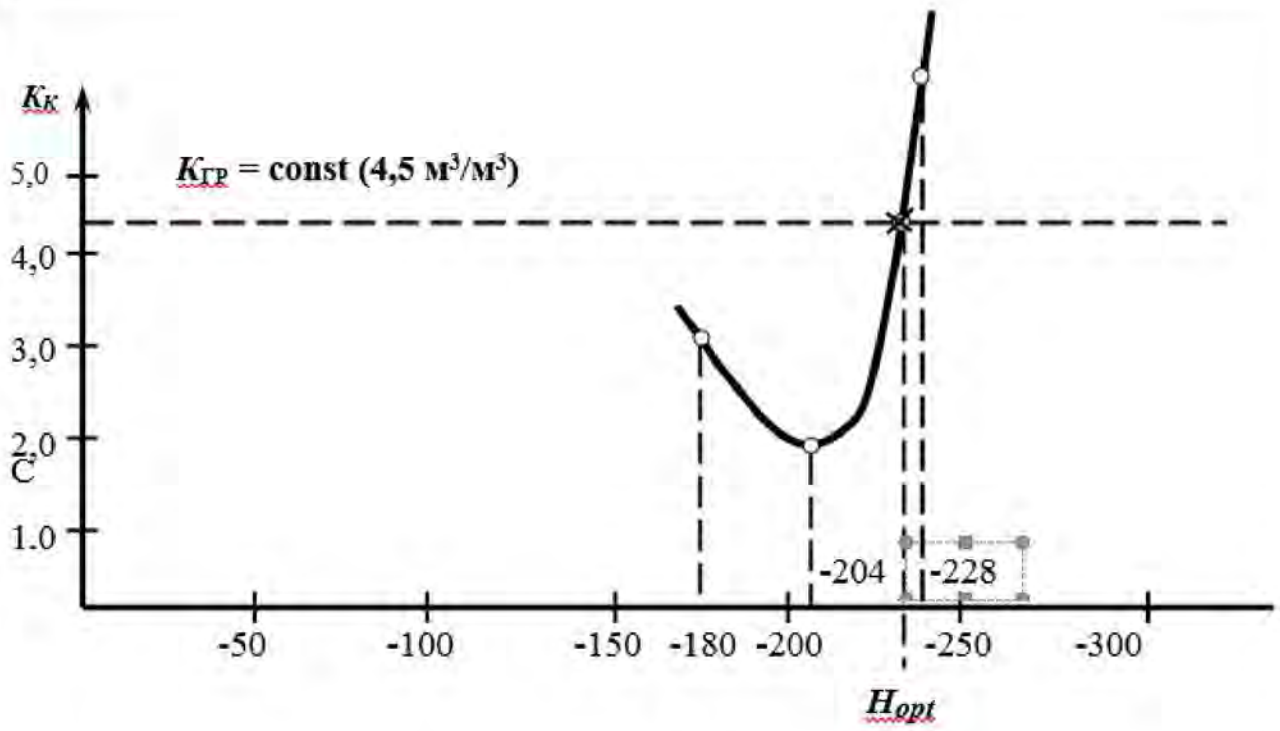


Рис. 2.2. График вида $K_K = f(H_K)$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3
ЛИНЕЙНЫЙ ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Цель работы: Изучение сущности упрощенного линейного графического метода горно-геометрического анализа на поперечных разрезах, разработанного В. С. Хохряковым; исследование режима вскрышных и добычных работ в карьере.

Горно-геометрический анализ предназначен для обоснования элементов системы разработки, очередности и порядка отработки карьерного поля календарного плана разработки месторождения, исследования схемы вскрытия. Горно-геометрический анализ – это метод обоснования режима горных работ карьера.

График горно-геометрического анализа представляет собой зависимость объемов вскрыши (V) и полезного ископаемого (P), извлекаемых из карьера при ведении горных работ с заданными параметрами (высота уступа H_y, угол откоса рабочей зоны φ, направление развития горных работ β и т. д.), от глубины карьера (H_K) при крутом и наклонном залеганиях полезного ископаемого или размеров карьера (L, B) в плане при горизонтальном и пологом их залегании.

Режим горных работ представляется зависимостями вида:

$$\Sigma P,\ \Sigma V = f(H) \text{ или } \Sigma V = f(\Sigma P).$$

3.1. Исходные данные оформлены в видс бланка задания на отдельном листе (рис. 3.1), которое включает:

- поперечный разрез месторождения с нанесенными конечными контурами карьера и направлением понижения горных работ. Стрелками *A, B, C* показаны варианты направления понижения горных работ;
- данные для отстройки линии откосов рабочих бортов карьера: масштаб чертежа, высота уступа, угол откоса рабочего борта, длина карьера по простиранию.

3.2. Порядок выполнения работы

3.2.1. Ознакомившись с заданием, необходимо вычертить на поперечном разрезе карьера заданное направление углубки горных работ. На рис. 3.1. выделено направление "*B*" означающее вскрытие карьерного поля по центру залежи временными съездами.

3.2.2. Отметки горизонтов заносятся в табл. 3.1 объемов горной массы.

3.2.3. На поперечный разрез наносятся положения откосов рабочих бортов карьера для заданного направления развития горных работ при их понижении. Для этого из точек пересечения средней линий каждого уступа с линией понижения горных работ проводятся отрезки прямых до пересечения их с рассчитанным на предыдущем занятии контуром карьера или дневной поверхностью. Наклон отрезков прямых соответствует углу откоса рабочей зоны (φ). На рис. 3.1 отметка дна рабочей зоны на гор. -96 м соответствует точке 1. Отрезки 1-2 и 1-3 характеризуют среднюю линию наклонного слоя вынимаемой горной массы при понижении рабочей зоны карьера с гор. -48 м на гор. -72 м.

3.2.4. Масштабной линейкой производится замер общей длины отрезков, соответствующих ординатам руды и вскрыши в каждом выделенном наклонном слое. На рис. 3.1 ордината руды соответствует сумме длин отрезков 4-5, 1-6, 7-8, а ординаты вскрыши – отрезков 3-5, 4-1, 6-7 и 8-2.

Данные замеров и вычислений заносятся в табл. 3.1.

Примечание: Площади руды и вскрыши в каждом наклонном слое (этапе горных работ) определяются отдельно со стороны левого и правого бортов как площади трапеций.

Например, площадь руды ($S_Р$) и площадь вскрыши ($S_В$) на гор. -96 м можно выразить:

$$S_Р = S_{Р.Л} + S_{Р.П} = (4\text{-}5)h_Л + (1\text{-}6;\ 7\text{-}8)h_П$$
$$S_В = S_{В.Л} + S_{В.П} = (3\text{-}5;\ 4\text{-}1)h_Л + (6\text{-}7;\ 8\text{-}2)h_П$$

$h_Л$, $h_П$ – толщина наклонного слоя по левому и правому рабочим бортам; при углубке на один горизонт;

$S_{Р.Л}$, $S_{Р.П}$ – площадь руды, соответственно по левому и правому рабочим бортам в наклонном слое;

$S_{Р.Л}$, $S_{Р.П}$ – то же по вскрыше.

$$h_Л = H_У \cdot \Delta_Л; \qquad h_П = H_У \cdot \Delta_П$$

Значение $\Delta_Л$ и $\Delta_П$ даны в табл. 3.2.

3.2.5. Результаты измерений заносятся в табл. 3.1 объемов горной массы в строку 1 и 5. Для примера: в табл. 3.1 внесены ординаты руды и вскрыши, соответствующие наклонному слою гор. -72 м. Переход к абсолютным величинам (строки 2 и 7) осуществляются умножением ординат (мм) на заданный масштаб чертежа.

3.2.6. Площади наклонных слоев (строки 3 и 8) получают умножением ординат в строках 2 и 7 на величину дискретного понижения рабочей зоны (в нашем примере – 24 м).

3.2.7. Объемы вскрыши и руды по слоям вычисляются умножением соответствующих слоевых площадей на длину месторождения по простиранию, т. е. числа в сроках 3 и 8 умножаются на заданную длину залежи (L). *Объемы вскрыши в торцах не учитываются, поскольку залежь вытянутая и указанными объемами можно пренебречь.*

3.2.8. Нарастающие объемы руды и вскрыши определяются последовательным суммированием текущих объёмов в каждом наклонном слое. Они характеризуют объемы горных работ, произведенные с начала разработки месторождения до рассматриваемого их положения.

3.2.9. Текущий коэффициент вскрыши вычисляется делением показателей строки 4 на показатели строки 9. Средний с начала разработки коэффициент вскрыши определяется делением в каждой колонке показателей в строке 5 на строку 10.

3.3. Форма отчетности.

По результатам практического занятия представляется заполненная таблица объемов горной массы, коэффициентов вскрыши и бланк исходной информации со всеми необходимыми построениями: (табл. 3.1).

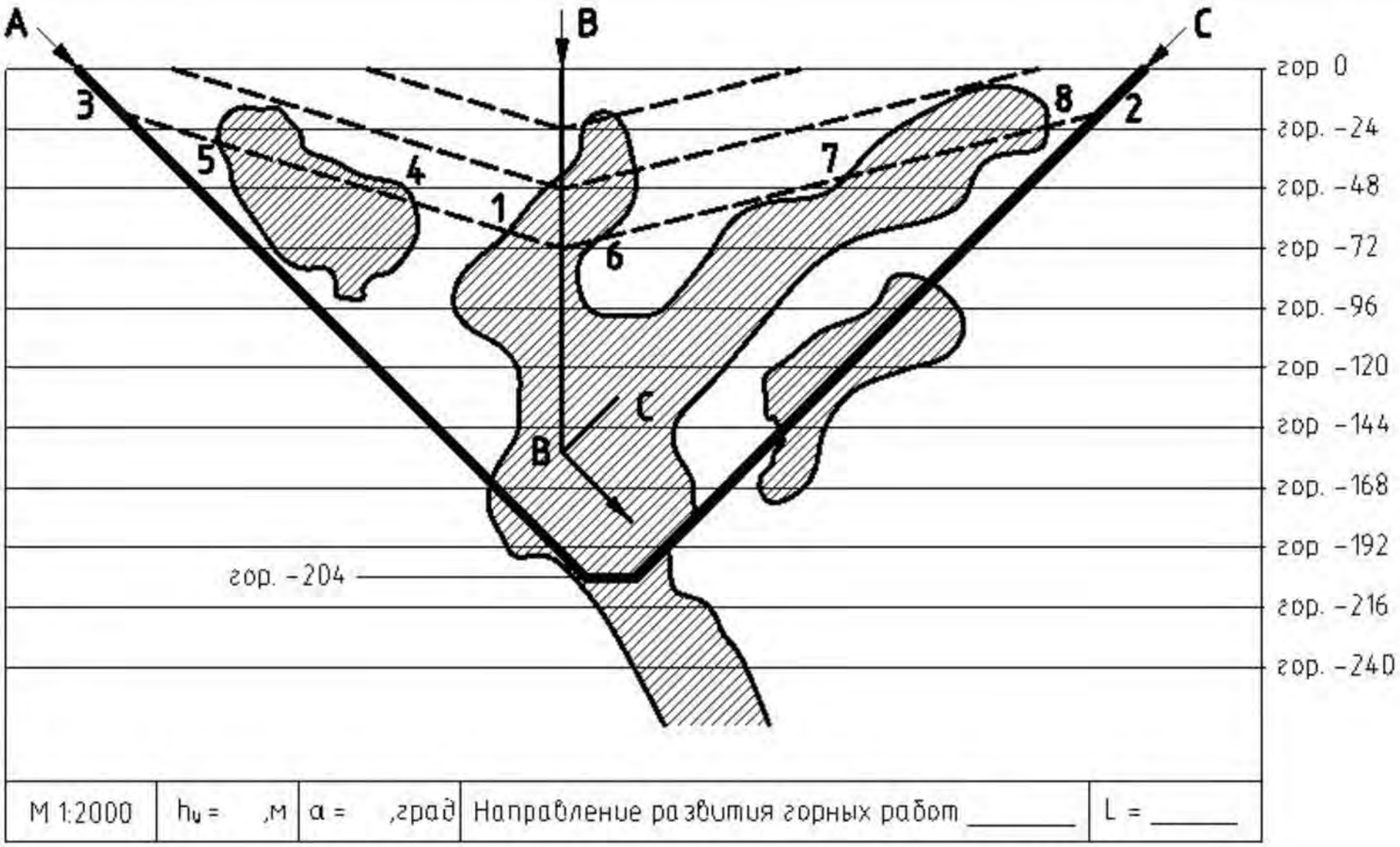


Рис. 3.1. Исходные данные и схема для расчета таблицы режима горных работ

Таблица 3.1

ОБЪЕМЫ ВСКРЫШИ И РУДЫ ПО ЭТАПАМ ПОНИЖЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРЕ

№ П/П	ПОКАЗАТЕЛЬ	ЕД. ИЗМ.	ГЛУБИНА (ОТМЕТКА ГОРИЗОНТА)												
			ВСКРЫША												
1	Ордината	мм													
2	Ордината	м													
3	Площадь	$м^2$													
4	Объем	тыс.·$м^3$													
			РУДА												
5	Ордината	мм													
6	Ордината	м													
7	Площадь	$м^2$													
8	Объем	тыс.·$м^3$													
9	Нарастающий объем вскрыши	тыс.·$м^3$													
10	Нарастающий объем ПИ	тыс.·$м^3$													
11	Текущий коэффициент вскрыши	$м^3/м^3$													
12	Средний коэффициент вскрыши	$м^3/м^3$													

Таблица 3.2

ПОПРАВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

УГОЛ НАКЛОНА ЛИНИИ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ, ГРАД.	ЗНАЧЕНИЕ $l_Л$					ЗНАЧЕНИЕ $l_П$				
	ПРИ УГЛЕ НАКЛОНА РАБОЧЕГО БОРТА, ГРАД.									
	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
90	0,996	0,985	0,966	0,939	0,906	0,996	0,985	0,966	0,940	0,906
80	0,981	0,953	0,921	0,879	0,830	1,011	1,016	1,013	1,001	0,981
70	0,964	0,921	0,872	0,817	0,752	1,025	1,048	1,059	1,064	1,052
60	0,946	0,883	0,816	0,742	0,662	1,047	1,086	1,114	1,137	1,151
50	0,891	0,835	0,745	0,654	0,551	1,069	1,131	1,181	1,203	1,261

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
РАСЧЕТ СКОРОСТИ УГЛУБКИ В КАРЬЕРЕ

Цель работы: Определить скорость углубки в карьере на основе графика $L = = f(T)$ А. И. Арсентьева.

Скорость углубки $У_{Г.}$ (м/год) определяется по формуле:

$$У_{Г.} = \frac{12 H_{У}}{T},$$

где $H_У$ – высота уступа, м,

T – время подготовки одного горизонта, мес.

Теоретические положения

Основой методики расчета являются следующие положения:

- подготовка нового горизонта к эксплуатации длится от начала проходки разрезной траншеи на вышележащем горизонте до начала проходки разрезной траншеи на нижележащем;
- к началу расширения разрезной траншеи необходимо, чтобы на смежном с подготавливаемым вышележащем горизонте была образована рабочая площадка не меньше минимальной ширины, принятой проектом на разработку;
- минимальная длина разрезной траншеи должна быть равной сумме длин экскаваторного блока и участка опережения, обеспечивающего возможность одновременной разноски и дальнейшей проходки разрезной траншеи;
- расчетное время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется с учетом времени совмещения работы экскаваторов, проходящим вскрывающую выработку и ее расширяющим.

4.1. Условные обозначения к работе:

$H_У$ – высота уступа, м;

$L_б$ – длина экскаваторного блока, м;

$L_о$ – допустимое минимальное расстояние между экскаватором, проходящим траншею, и экскаватором, расширяющим ее, м (50-100);

$L_п$, $L_т$ – длина тупикового (петлевого) разворота: для ж.д. путей, м (130-150); для автодорог, м (30-50);

$L_{тр}$ – длина разрезной траншеи, м;

$L_В$ – длина въездной траншеи на горизонт подготовки, м;

φ – угол откоса рабочего борта, град.;

$B_{рп}$ – ширина рабочей площадки, м;

β – угол направления углубки, град.;

α – угол откоса уступа, град.;

$B_{тр}$ – ширина дна разрезной траншеи, м;

$Q_{тр}$ – производительность экскаватора при проходке разрезной траншеи, м^3/мес.;

$Q_э$ – производительность экскаватора при расширении разрезной траншеи, м^3/мес.;

$V_т$ – скорость проходки разрезной траншеи, м/мес.;

$V_о$ – скорость расширения разрезной траншеи, м/мес.;

i – уклон въездной траншеи, в тысячных;

M – число экскаваторов, работающих на расширении разрезной траншеи (не считая траншейных экскаваторов), единиц;

k – количество экскаваторных блоков на горизонте, необходимых для расширения вскрывающей выработки, единиц.

4.2. Порядок выполнения работы

Все графические построения выполняются на миллиметровой бумаге.

В варианты расчетов положены два определяющих признака:

1)способ вскрытия;

2)схема вскрытия.

Примечание: Расчетные схемы приведены в таблице. 4.1 (см.рис. 4.1).Параметры схем приведены в приложении 5.

Таблица 4.1 - Расчетные схемы

Способ вскрытия – вскрывающая выработка	Схема вскрытия (форма трассы):	
	поступательная	тупиковая (петлевая)
Разрезная траншея	Схема А	Схема В

Для построения схем А и В (рис. 4.1 и 4.2) рассчитываются скорости:

- проходки въездной траншеи;
- проходки разрезной траншеи;
- расширения разрезной траншеи.

Объем$V_{тр}$, м^3, время проходки$t_с$, мес. и длина въездной траншеи$L_в$, м, на горизонте определяются:

$$V_{тр} = \frac{H_y^2}{i}\left(\frac{B_{тр}}{2} + \frac{H_y}{3\mathrm{tg}\,\alpha}\right), \quad (4.1)$$

$$t_с = \frac{V_{тр}}{Q_{тр}}, \quad (4.2)$$

$$L_В = \frac{H_у}{i}. \quad (4.3)$$

Скорости проходки разрезной траншеи ($V_т$) и ее расширения ($V_о$), м/мес., определяются по формулам:

$$V_т = \frac{Q_{тр}}{H_у\left(B_{тр} + H_у \cdot \operatorname{ctg}\alpha\right)}, \tag{4.4}$$

$$V_о = \frac{M \cdot Q_э}{H_у^2 \cdot \left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}. \tag{4.5}$$

Округляется до целого в меньшую сторону $\left\lfloor M = \frac{Q_{ТР} \cdot H_у \cdot \left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}{Q_э \cdot \left(B_{ТР} + H_у \cdot \operatorname{ctg}\alpha\right)} \right\rfloor$ (4.6)

Угол откоса рабочего борта(φ) определяется по формуле:

$$\operatorname{arctg}\varphi = H_у / \left(B_{РП} + H_у \operatorname{ctg}\alpha\right). \tag{4.7}$$

Примечание. Максимально возможное число экскаваторов *(M)*на расширении траншеи определяется из условия, что скорость проходки траншеи ($V_т$) должна быть более или равна скорости ее расширения ($V_о$):

$$V_т \geq V_о.$$

4.2.1. Расчеты по схеме А

Обобщенный график$L = f(T)$ организации работ по вскрытию и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншеей и поступательными съездами (рис. 5.1)рассчитывается по временным интервалам.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется суммой временных отрезков, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \tag{4.8}$$

где t_1 – время ввода первого экскаватора на расширении вскрывающей выработки (разрезной траншеи), мес.:

$$t_1 = \frac{L_б + L_о}{V_т}, \tag{4.9}$$

t_2– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину экскаваторного блока, мес.:

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_б\left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}{Q_э}, \tag{4.10}$$

t_3– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину, необходимую для проходки въездной траншеи на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_3 = \frac{L_в + L_п}{V_о}, \tag{4.11}$$

где t_4 – время проходки вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б + (L_в - L_п)}{V_о} - \frac{(k-1)L_б + (L_в - L_п)}{V_t}. \quad (4.12)$$

Количество экскаваторных блоков (k) на горизонте определяется по выражению

Округляется до целого в большую сторону

$$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в + L_п}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \quad (4.13)$$

Примечание. При железнодорожном транспорте вследствие обменно-транспортных операций на одном уступе допускается не более двух экскаваторов, при автомобильном – не более четырех-пяти.

4.2.2. Расчеты по схеме В

На рис. 5.2 показан обобщенный график $L = f(T)$ организации работ при вскрытии и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншей и внутренними тупиковыми съездами, расположенными на нерабочем борту карьера.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \quad (4.14)$$

Из схемы (рис. 5.2) можно найти, что

$$t_1 = \frac{L_б + l_T + L_о}{V_T}, \quad (4.15)$$

где L_T – длина тупикового разъезда при железнодорожном транспорте или же петлевого заезда при автомобильном транспорте, м;

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_Б(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta)}{Q_э}; \quad (4.16)$$

$$t_3 = \frac{L_в}{V_о}; \quad (4.17)$$

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_о} - \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_т}; \quad (4.18)$$

Округляется до целого в большую сторону

$$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \quad (4.19)$$

4.3. Форма отчетности

По результатам занятия представляется отчет, содержащий цель работы,

краткую теорию рассматриваемого вопроса, расчеты, необходимые для построения графика $L = f(T)$, и собственно график подготовки нового горизонта для рассмотренных схем.

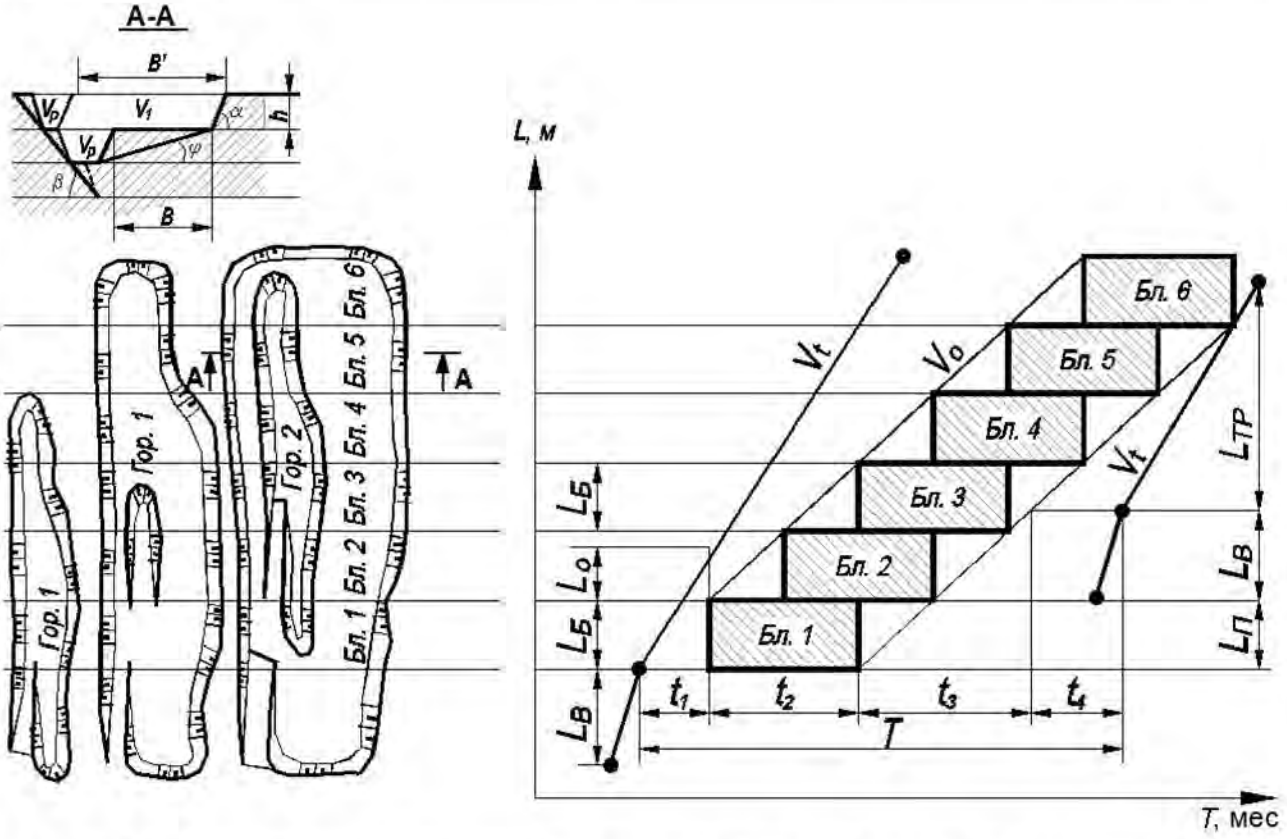


Рис. 4.1. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами поступательной формы трассы
(схема А)

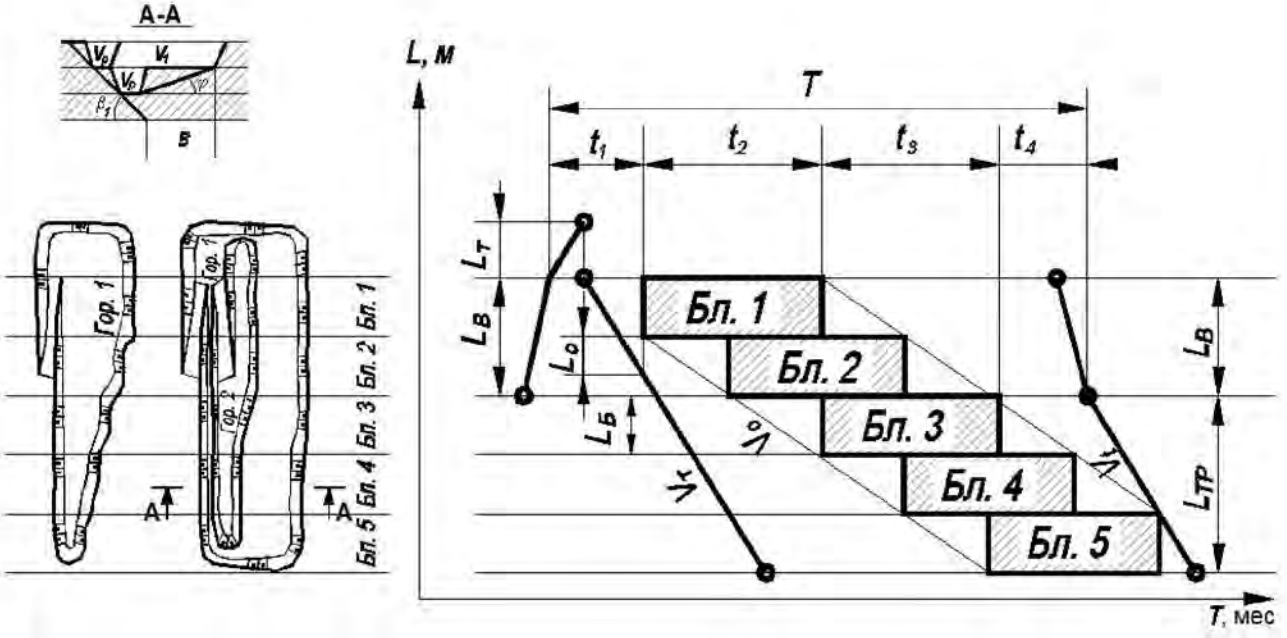


Рис. 4.2. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами тупиковой (петлевой) формы трассы

(схема В)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ КАРЬЕРА

Цель работы: Определить производительность карьера по полезному ископаемому и вскрыше; сроки строительства карьера, ввода его в эксплуатацию.

5.1. Исходные данные – таблицы режима горных работ, рассчитанные на занятиях № 3, 4.

Примечание. Исходные данные и результаты расчетов представляются в виде графиков-номограмм режима горных работ (рис. 5.1).

5.2 Порядок выполнения работы

5.2.1. По данным таблицы режима горных работ строятся графики-номограммы. В левой части графиков-номограмм приводятся результаты горно-геометрического анализа карьера (извлекаемые в процессе разработки карьера объемы полезного ископаемого и вскрышных пород нарастающим итогом по горизонтам отработки с углом откоса рабочей зоны $\gamma = \quad = \gamma_р$), в правой части – разработанные календарные графики добычи полезного ископаемого и выемки пород вскрыши.

5.2.2. На первом этапе осуществляется трансформация верхней части графика $\sum P = f(H)$ – изменения объемов выемки полезного ископаемого *(P)* с глубиной карьера *(H)* в график $\sum P = f(T)$ нарастающих объемов полезного ископаемого *(P)* во времени разработки карьера *(T)*.

Главным регулирующим трансформацию параметром является скорость углубки карьера ($У_Г$), измеряемая в метрах в год.

Для этого в левой части графиков-номограмм (рис. 5.1) по оси абсцисс *H* последовательно откладываются и отмечаются отрезки, соответствующие скорости углубки карьера ($У_Г$), т. е. ежегодному углублению рабочей зоны.

Примечание. Перпендикуляр, проведенный к любой точке графика $\sum P = f(H)$ от оси абсцисс *H* – любой точки, характеризующей текущую глубину разработки, соответствует объему полезного ископаемого, извлекаемому из карьера к этому моменту.

Скорость углубки (УГ) принимается по данным работы №4.

5.2.3. По полученным ординатам добычи полезного ископаемого ($\sum P$), установленным на основании годового понижения горных работ, в правой части графиков (рис. 5.1) строится кривая вида $\sum P = f(T)$. При этом каждая точка графика устанавливает соответствие достигнутой глубины и разработки по оси *H* с годом выемки по оси *T*.

Примечание. Ординаты графика $\sum P = f(T)$ характеризуют накопленные с начала разработки объемы полезного ископаемого и вскрыши к моменту окончания t-го года ведения горных работ. Кривая $\sum P = f(T)$ состоит из отрезков прямых, разница ординат точек которых характеризует объем полезного ископаемого, извлекаемый из карьера за год разработки *t*.

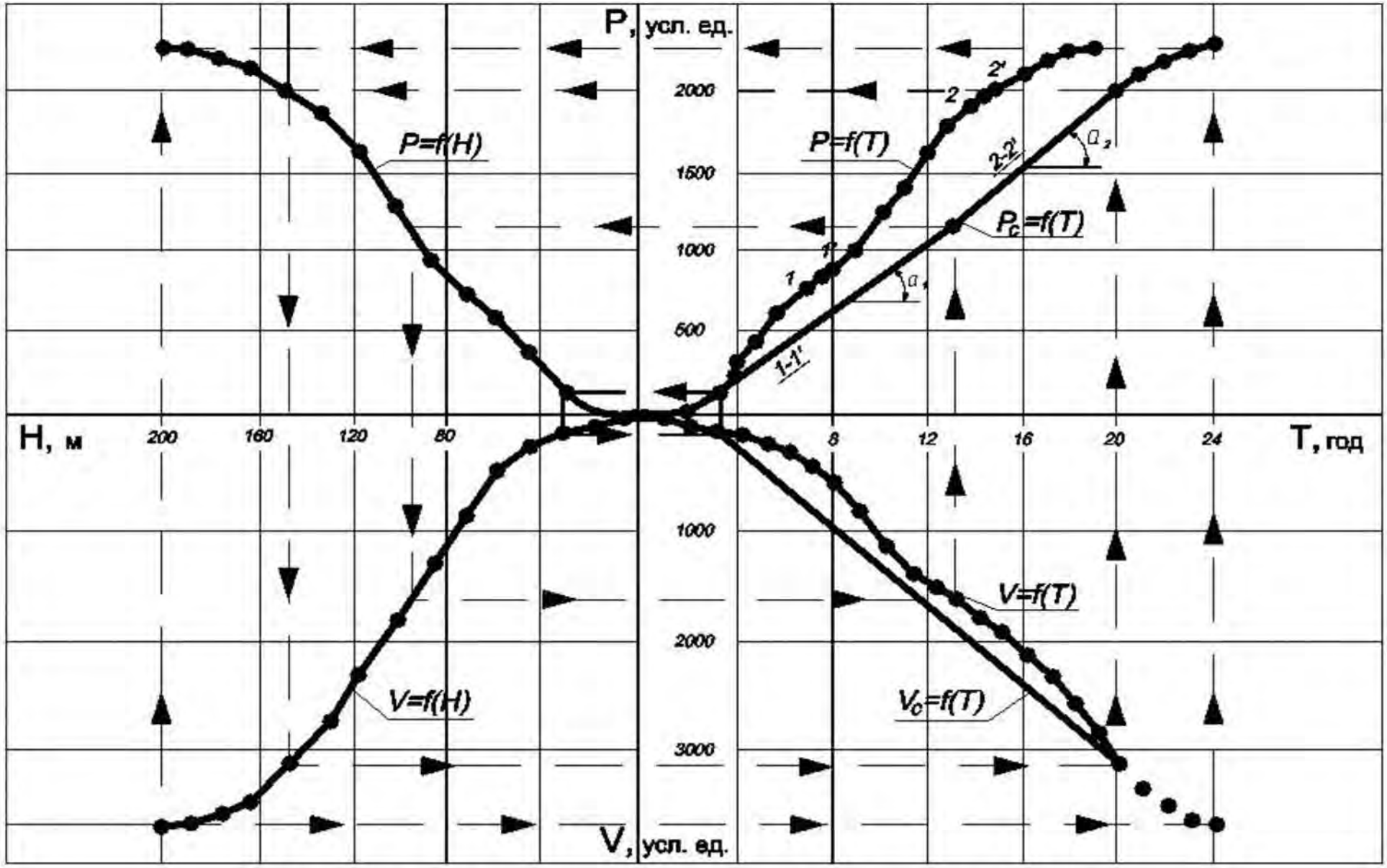


Рис. 5.1. Графики номограммы определения производительности карьера по руде и вскрыше

В результате построений получается неусредненный график, состоящий из отрезков прямых, годовые приращения которых характеризуют производительность карьера в каждый данный год разработки. Участок кривой с наибольшим углом наклона к оси абсцисс T обеспечит производительность карьера по полезному ископаемому не только большую по сравнению с другими, но и максимально достижимую на данном этапе по горнотехническим возможностям.

5.2.4. На втором этапе полученный построениями график – $\sum P = f(T)$ стабилизируется по периодам разработки. Для этого на графике $\sum P = f(T)$ выделяется начальный период разработки (период горно-капитальных работ и развития производительности по руде), характеризующийся отсутствием добычи руды или минимальными значениями добычи по сравнению с последующими годами разработки. Этот период будет характеризовать длительность строительства карьера и выхода его на полную производственную мощность.

5.2.5. В дальнейшем стабилизация производительности по полезному ископаемому на графике-номограмме – осуществляется по отдельным периодам (I_1, T_2, ... T_n), продолжительных которых находится в пределах 7-10 лет, исключая периоды развития мощности и затухания горных работ в карьере.
Стабильная производительность в каждом периоде эксплуатации карьера принимается по **минимальному** ее значению, достигнутому в один из отрезков времени разработки, карьера (один год). Во всех остальных годах разработки производительность снижается до принятого в периоде значения. Соответствующие участки кривой $\sum P_c = f(T)$ в рассматриваемом периоде выполаживаются, скорость углубки карьера уменьшается по сравнению с начально-принятым максимальным значением (рис. 5.1). Делается проверка на длительность каждого выделенного периода разработки карьера со стабильной производительностью по полезному ископаемому в течение не менее чем 7-10 лет.

5.2.6. На основании выделенных расчетных периодов разработки со стабильной производительностью по полезному ископаемому определяется производительность карьера по вскрыше (V), для чего строится график вида $\sum V = f(T)$. При определении производительности карьера по вскрыше, в первую очередь, устанавливается минимальный, нестабилизированный объем выемки вскрышных пород, обеспечивающий выполнение принятых годовых объемов добычи полезного ископаемого (графи $\sum V_{c\,(1.2)} = f(T)$).
Для этого по каждому году разработки по графику $\sum P_c = f(T)$ берется ордината объема полезного ископаемого, извлекаемого из карьера при работе со стабильной производительностью по руде, и через график $\sum P = f(H)$ определяется абсцисса глубины карьера на данный год разработки. Разница между соседними отметками глубины карьера на оси абсцисс дает скорость понижения работ в карьере. По ординатам понижения работ в карьере по графику $\sum V = f(H)$ определяются объемы выемки вскрыши.

Примечание. В период горно-капитальных работ, когда из карьера извлекаются практически только объемы вскрышных пород, т. е. до начала первого периода эксплуатации, скорость понижения горных работ принимается максимальной, равной принятой скорости углубки, и трансформация графика по вскрыше проводится так же, как по руде.

График $\sum V=f(T)$ выемки пород вскрыши строится на основе графика $\sum V = f(H)$ режима вскрышных работ так, производительность карьера по породам вскрыши определяется тангенсом угла наклона участков кривой $\sum V = f(T)$ к оси абсцисс T, как и производительность карьера по руде производительность по вскрыше постоянна по периодам, как это показано на рис. 5.1. Продолжительность периодов усреднения по вскрыше принимается 7-10 (до 12 лет).

Примечание. Календарный график работы карьера по вскрыше выравнивается за счет переноса части объемов на более ранние периоды работы.

Усреднительные прямые проводятся по касательной к точкам графика $\sum V = f(T)$ или как можно ближе к ним, таким образом, чтобы прямые не пересекали кривую $\sum V = f(T)$. В этом случае в карьере гарантируется сохранение рабочих площадок шириной не менее расчетной.

Примечание. Иногда в процессе усреднения необходимо уменьшение производительности по вскрыше в первый эксплуатационный период в связи с требованиями рационального графика режима горных работ. В этом случае усреднительные прямые могут пересекать кривую $\sum V = f(T)$, координаты точек этих пересечений показывают сроки и объемы консервации (расконсервация) объемов вскрыши и периоды работы карьера с новыми параметрами системы разработки.

5.2.7. Определяются сроки строительства, развития и ввода в эксплуатацию производственных мощностей с указанием объемов работ по добыче полезного ископаемого и выемке вскрыши. По нормам технологического проектирования устанавливается пусковая производительность и динамика наращивания мощности карьера (табл. 5.1). На графике $\sum P_C = f(T)$ определяется объем добычи полезного ископаемого по годам освоения мощности, длительность периода освоения мощности и развития ее до проектной величины. Затем на графике $\sum V_C = f(T)$ выделяется срок строительства карьера и определяется объем горно-строительных работ.

Примечание. Пусковая производительность карьера принимается не менее 30 % расчетной производительности по полезному ископаемому при годовом объеме добычи более 20 млн. т и не менее 50 % при годовой производительности 4-20 млн. т. На карьерах с годовым объемом добычи до 4 млн т при вводе карьера в эксплуатацию должна быть освоена его расчетная (100 %) производительность.

При достижении пусковой производительности по полезному ископаемому карьер считается сданным в эксплуатацию.

На графике $\sum P_C = f(T)$ этому моменту соответствует абсцисса точки с приращением ординат равным или большим производительности пускового комплекса по полезному ископаемому.

Примечание. Сроки освоения расчетной производительности карьера после пуска его в эксплуатацию должны быть не более приведенных в табл. 5.1. В случае несоблюдения этого условия

требуется предусмотреть меры по увеличению скорости понижения горных работ в период строительства карьера и освоения его производственной мощности.

Таблица 5.1

СРОКИ ОСВОЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА

ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПУСКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО ПОЛЕЗНОМУ ИСКОПАЕМОМУ, МЛН Т	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ, МЕС.	ОБЪЕМ ДОБЫЧИ В ПРОЦЕНТАХ ОТ ГОДОВОЙ ПРОЕКТ НОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ		
		1-Й ГОД	2-Й ГОД	3-Й ГОД
До 5	9	85	100	-
5-15	15	70	99	100
15-30	18	65*	98	100
Более 30	24	60	90	100

5.2.8. Устанавливается срок службы карьера (с учетом времени наращивания и затухания добычи полезного ископаемого, но без учета периода строительства). Если карьер является единственным в составе горно-обогатительного комбината, срок его разработки принимается после, приведенных выше расчетов, но не меньше нормативного (табл. 5.2).

Таблица 5.2

СРОКИ СЛУЖБЫ КАРЬЕРОВ ПО ОТРАСЛЯМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

СРОК СЛУЖБЫ КАРЬЕРА, ГОДЫ	ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, МЛН Т		
	УГОЛЬНЫЕ КАРЬЕРЫ	КАРЬЕРЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	КАРЬЕРЫ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
5-10	1-2	–	2-5
15-20	–	5-10	5-10
25-30	3-5	10-20	10
35-40	10-12	20	–

5.3. Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчёт, содержащий краткую теорию рассматриваемого вопроса, графики-номограммы режима горных работ с указанием периодов разработки. Результаты расчетов сводятся в табл. 5.3. Вычерчивается календарный график отработки карьера вида $V,Q = F(T)$.

Таблица 5.3

ПЕРИОДЫ РАЗРАБОТКИ КАРЬЕРА

ПЕРИОДЫ РАЗРАБОТКИ	ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРА		ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРИОДА, ЛЕТ
	ПО РУДЕ, ТЫС. $М^3$	ПО ВСКРЫШЕ, ТЫС. $М^3$	
Строительство карьера (на один из годов)			
Освоение производственной мощности (по годам)			
Работа с проектной мощностью: – 1-й период – 2-й период – …			
Затухание горных работ			

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

НОМЕР ВАРИАНТА	МАСШТАБ, М	ВЫСОТА УСТУПА $H_у$, М	УГОЛ ОТКОСА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ φ, ГРАД	НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ	ДЛИНА ЗАЛЕЖИ, L, М	ГРАНИЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ВСКРЫШИ, $К_{ГР}$ $М^3/М^3$
1	1:2000	12	10	В	1100	4,5
2	1:2000	12	10	В	1100	4,5
3	1:2000	12	10	С	1100	4,5
4	1:2000	12	10	А	1200	4,5
5	1:2000	12	10	В	1200	4,5
6	1:2000	12	10	С	1200	5,0
7	1:2000	12	10	А	1300	5,0
8	1:2000	12	10	В	1300	5,0
9	1:2000	12	10	С	1300	6,0
10	1:2000	15	15	С	1100	5,0
11	1:2000	15	15	А	1100	5,0
12	1:2000	15	15	В	1100	5,5
13	1:2000	15	15	С	1200	5,5
14	1:2000	15	15	А	1200	5,5
15	1:2000	15	15	В	1200	5,5
16	1:2000	15	15	С	1300	5,5
17	1:2000	15	15	А	1300	5,5
18	1:2000	15	15	В	1300	5,5
19	1:2000	15	15	В	1100	6,0
20	1:2000	15	10	В	1100	6,0
21	1:2000	15	10	С	1100	6,0
22	1:2000	15	10	А	1200	6,0
23	1:2000	15	10	В	1200	6,0
24	1:2000	15	10	С	1000	6,0
25	1:2000	15	10	А	1300	6,0

Приложение 2

Исходные данные к работе № 4

№ варианта	$H_у$, м	AA, град	B, град	$B_{р.п.}$, м	$L_{тр}$, м	$L_б$, м	$Q_{тр}$, тыс. м^3/год	$Q_э$, тыс. м^3/год	i, доли ед	$B_{тр}$, м	Расчетная схема
1	10	70		45	600	300	500	600	0,080	22	
2	12	75		50	800	400	600	800	0,080	24	
3	15	60	40	60	1000	450	800	1000	0,080	24	А
4	16	65		45	800	350	600	800	0,080	22	
5	12	70		50	900	400	800	1000	0,080	24	
6	15	75		60	1000	450	1000	1200	0,080	24	
7	10	60		45	700	300	500	600	0,080	22	
8	12	65	45	50	800	350	600	800	0,080	24	В
9	15	70		60	900	450	800	1000	0,080	24	
10	10	75		45	700	350	600	800	0,080	22	
11	12	60		50	800	400	800	1000	0,080	24	
12	15	65		60	1000	450	1000	1200	0,080	24	
13	10	70	50	45	700	300	500	600	0,080	22	А
14	12	75		50	900	400	600	800	0,080	24	
15	15	60		60	1000	450	900	1000	0,080	24	
16	10	65		45	800	350	600	800	0,080	22	
17	12	70		50	1000	450	800	1000	0,080	24	
18	15	75	40	60	800	400	1000	1200	0,080	24	В
19	10	60		45	600	300	500	600	0,080	22	
20	12	65		50	700	350	600	800	0,080	24	
21	15	70		60	1000	400	800	1000	0,080	24	
22	10	75	45	45	700	300	600	800	0,080	22	А
23	12	65		50	800	350	800	1000	0,080	24	

Рекомендуемая литература

1. Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. Проектирование карьеров: учебник. – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2009. – 694 с., илл.
2. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2010. - 700 с.
3. Хохряков В.С. Проектирование карьеров: учеб. для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 383 с.: илл.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: учебник. Изд. 8-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 552 с. (Классика инженерной мысли: горное дело)
5. Корнилков С.В., Беляев В.Л. Проектирование карьеров: учеб-метод пособ. по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Проектирование карьеров» для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы» (ОГР) направления 130400 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 31 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа № 1 «Точность расчетов при проектировании»	5
Практическая работа № 2 «Расчет параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте «Определение глубины карьера сравнением контурного и граничного коэффициентов вскрыши»	7
Практическая работа № 3 «Линейный графический метод горно-геометрического анализа»	10
Практическая работа № 4 «Расчет скорости углубки в карьере»	15
Практическая работа № 5 «Проектирование производственной мощности карьера»	20
Приложение 1	25
Приложение 2	26
Рекомендуемая литература	27

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность – ***21.05.04 Горное дело***

Специализация № 3 – ***Открытые горные работы***

Форма обучения: очная, заочная

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Автор: Лель Ю. И., профессор, д. т. н.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 2

1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов 2

2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 3

3. Контрольные работы 6

3.1. Контрольная работа № 1 «Расчет отвальных работ при использовании на отвале шагающих экскаваторов (драглайнов)»..... 7

3.2. Контрольная работа № 2 «Расчет плановых объемов горных работ по процессам» 8

Рекомендуемая литература 10

Введение

Самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Открытые горные работы».

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Взаимодействие процессов открытых горных работ» объем учебной нагрузки студента составляет 108 часов или 3 зачетных единицы. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы обучения – 44 часа, заочной – 88 часов.

По курсу «Взаимодействие процессов открытых горных работ» обязательная самостоятельная работа студентов осуществляется в следующих направлениях: освоение материалов по отдельным темам, входящим в рабочую программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий; выполнение и защита контрольных работ. Данное учебное пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоение отдельных тем дисциплины и выполнение контрольных работ. Контрольные вопросы и задания предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Взаимодействие процессов открытых горных работ». Она содержит названия 8 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 учебниках по курсу [1,2]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре разработки месторождений открытым способом имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. 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 учебникам [1, 2] 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

Темы 1-2. Технологические основы отвальных работ. Технология отвалообразования при автомобильном, железнодорожном и конвейерном транспорте.

Основные параметры отвалов, выбор месторасположения отвалов. Расчет приемной способности отвальных тупиков, параметров отвальных работ и производительности отвального оборудования.

Основные понятия термины и значение отвалообразования в общем комплексе открытых горных работ. Параметры отвалов и процесса отвалообразования. Способы отвалообразования и их оценка. Приемная способность отвального тупика. Выбор места под отвалы и сооружение первоначальных отвальных насыпей.

Технология и организация работ при автомобильном транспорте и бульдозерном отвалообразовании. Методика расчета бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте. Технология отвалообразования при железнодорожном транспорте. Характеристика оборудования и организация работ при плужном отвалообразовании. Оборудование, применяемое при экскаваторном отвалообразовании, и требования, предъявляемые к нему. Расчет параметров экскаваторных отвалов. Отвалообразование с помощью драглайнов. Технологические схемы отвалообразования драглайнами и расчет их параметров. Технология отвалообразования при конвейерном транспорте. Расчет параметров отвалов при использовании полноповоротных, неполноповоротных и неповоротных отвалообразователей. Технико-экономические показатели и область применения различных способов отвалообразования. Рекультивация отвалов. Основные правила безопасности при производстве отвальных работ. Направления совершенствования отвальных работ [1-4].

Дополнительная литература [7,8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие факторы оказывают влияние на выбор способа отвалообразования?
2. Назовите достоинства, недостатки и область применения отвалообразования мехлопатами при железнодорожном транспорте.
3. Какими рабочими параметрами экскаватора определяется ширина отвальной заходки при отвалообразовании мехлопатами?
4. Назовите основные правила конструирования многоярусных отвалов.
5. Как увеличить приемную способность отвальной заходки?
6. Назовите основные факторы, определяющие устойчивость отвалов.
7. Суть, достоинства и недостатки плужного отвалообразования.
8. Достоинства и недостатки бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.
9. Порядок развития бульдозерных отвалов по высоте и в плане (дать схемы).
10. Факторы, определяющие выбор бульдозера на отвале.
11. Виды и назначение участков на бульдозерном автомобильном отвале (показать на схеме).
12. Параметры безопасной установки автосамосвала на бульдозерном отвале при разгрузке.
13. Принцип расчета высот подъярусов при отвалообразовании мехлопатой.
14. Суть коэффициента «заваленности» при бульдозерном отвалообразовании. Его значения. На что он влияет?
15. Выведите формулу приемной способности экскаваторного отвального тупика по транспортным условиям при железнодорожном транспорте.
16. Развитие в плане плужных отвалов? Абзетцерных? (Дать схемы).
17. Направления совершенствования отвальных работ.
18. Параметры забоя мехлопаты при отвалообразовании (дать схему в разрезе, взаимосвязь параметров).
19. Нарисовать схему отвалообразования драглайнов с нижней отсыпкой отвального уступа.

20. Область применения отвалообразования драглайнами с верхней отсыпкой отвального уступа.
21. Выберите параметры отвального тупика (экскаваторное отвалообразование) и рассчитайте приемную способность отвальной заходки: ЭКГ-5А, породы скальные, $R_ч$ = 9,0 м, $R_р$ = 9,5 м.
22. Факторы, определяющие выбор месторасположения отвалов.

Тема 3-4. Структуры механизации. Параметрическая взаимосвязь процессов. экономическая взаимосвязь процессов. Общие принципы организации производственных процессов.

Общие понятия о структурах комплексной механизации открытых разработок. Структура механизации и принципы её комплексности. Классификации структур механизации. Порядок проектирования структуры комплексной механизации. Параметрическая взаимосвязь процессов открытых горных работ. Долгосрочные и текущие параметры технологических процессов.

Принципы экономической организации параметров процессов. Оптимальные текущие и долгосрочные параметры процессов. Общие принципы организации процессов (ритмичность, максимальное использование мощностей оборудования, независимость протекания процессов, экономичность). Определение коэффициентов неравномерности работы карьерного оборудования. Рациональные комплекты оборудования структур механизации [1-4].

Дополнительная литература [7,8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое структура механизации (СМ)?
2. Назовите важнейшие принципы комплексности СМ.
3. В чем принципиальное отличие СМ первого класса от второго? Третьего от четвертого?
4. Приведите примеры СМ разных классов.
5. Назовите главные факторы, определяющие выбор: моделей выемочной машины, бурового станка, вида транспорта.
6. Докажите наличие параметрической взаимосвязи между процессами: БВР и экскавации, экскавации и транспорта.
7. Сформулируйте суть экономической взаимосвязи процессов. Покажите ее на примере.
8. Назовите тенденции изменения экономических показателей процессов при увеличении: диаметра скважин, вместимости ковша экскаватора, грузоподъемности автомашин.
9. Объясните, почему рационально увеличение оптимального среднего куска в трудновзрываемых породах? Для крупных экскаваторов?
10. Как изменяется удельный расход ВВ от $d_{ср}$? Взрываемости пород?
11. Почему рационально увеличивать диаметр скважин в крепких породах? При увеличении емкости ковша экскаватора?
12. Назовите оптимальную СМ 1В класса при объеме работ 10 млн. м^3 в год, мощности вскрыши 18 м и залежи 12 м.
13. Выберите оптимальную СМ 2А класса при объеме работ 15 млн. м^3 в год, мощности вскрыши 25 м и залежи 10 м.
14. Выберите оптимальные модели экскаватора и бурстанка в СМ 4В класса в породах IV класса, объеме работ 12 млн. м^3 в год.
15. Выберите оптимальную грузоподъемность автомашины при грузообороте 15 млн. т, расстоянии откатки 5 км.

Тема 5-7. Организация основных производственных процессов. Производительность комплексов карьерного оборудования.

Общие принципы организации процессов. Организация буровых работ. организационные особенности выемочно-транспортных работ при железнодорожном и автомобильном транспорте. Производительность комплексов.

Порядок обуривания экскаваторных блоков. Схемы передвижения станков в блоке. Определение оптимального объема взрывного блока. Варианты взрывных работ по периодичности и объему взрывного блока. Особенности ведения взрывных работ на узких и нормальных рабочих площадках. Организация совместной работы экскаваторов и буровых станков. Технико-экономические показатели взрывных работ.

Организация выемочно-погрузочных работ при железнодорожном транспорте. Зависимость производительности экскаватора от схемы путевого развития на уступах. Выбор рациональной схемы путевого развития. Порядок отработки смежных заходок при железнодорожном транспорте. Схемы переукладки железнодорожных путей при экскавации развалов. Зависимость производительности экскаваторов и поездов от их количества в карьере.

Организация выемочно-транспортных работ при автомобильном транспорте. Методические основы формирования экскаваторно-автомобильных комплексов. Вероятностные методы расчета необходимого числа автосамосвалов в комплексе. Эксплуатация экскаваторно-автомобильных комплексов по закрытому и открытому циклам. Общая организация работы автотранспорта в карьере. Производительность и технико-экономические показатели работы экскаваторно-автомобильных и экскаваторно-железнодорожных комплексов.

Влияние на производительность карьерного оборудования срока эксплуатации машин и глубины разработки. Производительность элементарного грузопотока. Интегральная производительность грузопотоков в карьере. Зависимость производительности комплекса от числа элементарных грузопотоков. Коэффициенты согласованности работы системы [1, 2, 4].

Дополнительная литература [7,8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Нарисуйте схемы передвижения бурстанков при разных сетках скважин.
2. Когда рационально закреплять бурстанки за экскаваторами?
3. Отметьте плюсы и минусы взрывания больших по объему блоков.
4. От каких факторов зависит объем взрывблока?
5. Назовите рациональную периодичность массовых взрывов.
6. Назовите размер оптимальных переходящих резервов обуренной массы. Взорванной массы.
7. Когда применяют каскадное взрывание?
8. Выделите основные факторы управления производительностью экскаватора при ж.-д. транспорте. При автотранспорте.
9. Почему с увеличением дальности откатки число загружаемых в автомашину ковшей увеличивается?
10. Как изменяется коэффициент использования экскаваторов с увеличением числа автомашин в потоке? Дальности откатки?
11. Что такое мощность грузопотока? Комплекса?
12. Почему и как изменяется мощность комплекса с увеличением числа элементарных грузопотоков?
13. Как влияет глубина карьера и срок эксплуатации машин (экскаваторов, станков и т.д.) на их производительность?

Тема 8. Планирование объемов работ по процессам.

Общие положения планирования объемов. Принципы и порядок планирования объемов работ по процессам. Общие положения планирования объемов. Этапы, расчетные зависимости. Выделение рабочих зон в выемочной панели. Планирование ремонтов оборудования. Технологический график работ и признаки его рациональности [1-4].

Дополнительная литература [7,8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как определяются месячные объемы работ: экскавации? Взрывания? Бурения?
2. Постройте зоны работ на уступе: при V = 100 тыс. м^3; $\vec{В}_{i-1}$= 50 тыс. м^3; $\vec{Б}_{i-1}$ = 20 тыс. м^3; B_1 = 120 тыс. м^3; $Б_1$ = 100 тыс. м^3.
3. Определите наработку на текущий ремонт эксмкаватораЭКГ-15 в породах группы В, группы Г.
4. Для случая задачи 3 определите вид ремонта экскаватора, имеющего общую наработку к расчетному месяцу 9.0 млн. м^3.
5. Назовите принципы рациональности технологического графика работ.
6. Когда рационально проводить ремонты оборудования? Переукладку путей?
7. Рассчитать объем буровых работ на уступе при V_i = 120 тыс. м^3; V_{i+1} = 120 тыс. м^3; $\vec{Б}_{i-1}$ = 60 тыс. м^3; $\vec{В}_{i-1}$ = 40 тыс. м^3; $В_1$ = 150 тыс. м^3. Показать зоны на уступе.
8. Выделите на уступе расчетные зоны работ при: $\vec{Б}_{i-1}$ = 0; $\vec{В}_{i-1}$ = 100 тыс. м^3; V_i = 120 тыс. м^3; $В_i$ = 1×80 тыс. м^3; $Б_1$ = 120 тыс. м^3. Транспорт железнодорожный, развал убирается в две заходки.
9. Постройте зоны работ, если объемы (тыс. м^3): V_i = 120; $В_i$ = 100 ; $Б_i$ = 130 ; $\vec{В}_{i-1}$ = 60; $\vec{Б}_{i-1}$ = 60; V_{i+1} = 100.
10. При условиях $В_i$ = 120 тыс. м^3; V_{i+1} = 150 тыс. м^3; $\vec{Б}_{i-1}$ = 60 тыс. м^3 – принят на месяц объем буровых работ $Б_i$ = 100 тыс. м^3. Правильно ли?

3. Контрольные работы

Общий порядок выполнения и оформления контрольных работ.

1. Контрольные работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса и изучения дополнительной литературы.

2. Перед выполнением контрольной работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Контрольные работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения контрольной работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты контрольной работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за контрольную работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по контрольным работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика контрольных работ, наименование студенческой группы,

полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

3.1. Контрольная работа № 1 «Расчет отвальных работ при использовании на отвале шагающих экскаваторов (драглайнов)»

Цель работы: освоить методику расчета параметров экскаваторного отвалообразования с помощью шагающих экскаваторов с нижней отсыпкой отвальной заходки и с последовательной отсыпкой нижнего и верхнего ярусов.

Задачи работы:

- определение высоты верхнего яруса (при работе с верхней и нижней отсыпкой);
- определение ширины отвальной заходки;
- определение приемуой способности отвала;
- расчет числа отвальных тупиков и протяженности фронта отвалообразования.

Исходные условия:

В соответствии с вариантом задаются (табл. 1):

Таблица 1

Исходные данные к контрольной работе № 1 «Расчет отвальных работ при использовании на отвале шагающих экскаваторов (драглайнов)»

№ задания	γ, т/м^3	$H_о$, м	Модель экскаватора	$V_{см}$, м^3/смену	Модель думпкара	$n_в$	$L_т$, км	$L_{оп}$, км
1	1,7	20	ЭШ-11.75	10	6ВС-60	6	2,0	2,5
2	2,1	25	ЭШ-20.90	12	ВС-85	7	1,5	0,6
3	2,0	30	ЭШ-15.100	14	ВС-85	8	1,8	0,8
4	2,1	35	ЭШ-25-90	16	2ВС-105	9	2,0	1,0
5	1,6	40	ЭШ-20.100	18	2ВС-105	9	1,0	0,6
6	1,9	32	ЭШ-15.110	20	ВС-145	10	1,2	0,8
7	1,7	30	ЭШ-40.100	21	ВС-145	10	1,5	0,9
8	2,0	38	ЭШ-30.110	28	ВС-170	6	2,0	1,0
9	1,65	25	ЭШ-25.120	16	ВС-170	7	1,6	0,5
10	2,1	35	ЭШ-65.100	20	ВС-145	8	1,0	0,6
11	1,7	45	ЭШ-40.130	19	ВС-145	6	1,0	1,0
12	1,8	41	ЭШ-100.100	25	2ВС-105	7	2,1	1,2
13	1,8	43	ЭШ-100.125	23	2ВС-105	6	1,5	0,6
14	1,9	22	ЭШ-11.75	8	6ВС-60	7	1,6	0,8
15	2,0	25	ЭШ-20.90	10	6ВС-60	7	1,7	0,9
16	2,1	30	ЭШ-15.100	12	ВС-85	7	1,2	1,0
17	1,6	31	ЭШ-25.90	14	ВС-85	8	1,5	1,2
18	1,8	37	ЭШ-20.100	16	2ВС-105	8	2,0	1,0
19	1,7	40	ЭШ-15.110	12	2ВС-105	9	2,5	0,9
20	1,9	41	ЭШ-40.100	14	ВС-145	9	2,4	0,8
21	1,8	43	ЭШ-30.110	16	ВС-145	6	1,2	0,7
22	2,0	44	ЭШ-25.120	18	ВС-170	6	1,3	0,8
23	2,0	42	ЭШ-65.100	20	ВС-170	6	1,4	0,9
24	2,1	43	ЭШ-40.130	28	ВС-170	7	1,5	1,0
25	1,6	45	ЭШ-100.100	24	ВС-170	7	1,6	1,2

- модель экскаватора;
- высота нижнего яруса $H_о$, м;
- схема отвалообразования; тип складируемых пород и плотность пород в целике γ, т/м^3;
- сменный объем отвальных работ $V_{см}$, тыс. м^3/ смену;
- модель думпкара;
- число вагонов в поезде $n_в$;

– длина отвального тупика $L_т$, км;

– расстояние от отвала до обменного пункта $L_{оп}$, км.

Дополнительные условия:

– четные варианты – схема с последовательной отсыпкой нижнего и верхнего ярусов, нечетные – схема с нижней отсыпкой отвального уступа;

– четные варианты – мягкие связные (глинистые) породы, нечетные – мягкие несвязные (песчаные) породы.

Порядок выполнения работы

1. При схеме с верхней и нижней отсыпкой (четные варианты) рассчитывается высота верхнего яруса по методике, изложенной в [3, с. 96]. Рабочие параметры экскаваторов принимаются по [3, с. 132, табл. 20].

2. Определяется ширина отвальной заходки (как при нижней, так и при одновременно нижней и верхней отсыпке) по методике, изложенной в [3, с. 97].

3. Определяется приемная способность отвального тупика (W, млн. м^3) по формуле (1.14) [6].

4. Определяется сменная производительность отвального тупика по производительности отвального экскаватора и по транспортным условиям [6, формулы (1.15) – (1.24)]. Сменная производительность драглайна определяется по методике, изложенной в [5, формулы (3.10) – (3.15)].

5. Рассчитывается число отвальных тупиков и протяженность фронта отвалообразования [6, формулы (1.24) – (1.29)].

6. Составляется паспорт отвалообразования. Пример паспорта отвалообразования представлен в [3, рис. 2, с. 97]. Паспорт составляется в стандартном масштабе с указанием числовых значений определяющих параметров. Недостающие данные для составления паспорта (угол откоса яруса для различных пород, коэффициенты разрыхления и т.п.) взять из [6, табл. 1.3].

7. Форма отчетности.

По результатам контрольной работы представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом А4 или А3.

3.2. Контрольная работа № 2 «Расчет плановых объемов горных работ по процессам».

Цель работы: освоить методику планирования горных работ по процессам.

Задачи работы:

– рассчитать переходящие объемы горной массы на следующий месяц за планируемым;

– определить номинальные объемы работ;

– определить число взрывов в панели за месяц;

– определить расчетные объемы работ по процессам;

– установить фактические переходящие резервы;

– выделить расчетные зоны на уступе.

Исходные условия:

В соответствии с вариантом задаются (табл. 2):

– объем выемочных работ (примерный) на планируемый месяц V_i, тыс. м^3;

– объем выемочных работ (примерный) на месяц, следующий за планируемым V_{i+1}, тыс. м^3;
– перешедшие объемы резервов обуренной горной массы $\vec{Б}_{i-1}$, тыс. м^3;
– перешедшие объемы резервов взорванной горной массы $\vec{В}_{i-1}$, тыс. м^3;
– оптимальный объем взрывного блока $V_{в}^{опт}$, тыс. м^3.

Порядок выполнения работы

1. Определяются переходящие объемы обуренной и взорванной горной массы на следующий месяц за планируемым [4, формулы (3.5), (3.6)].

2. Определяется номинальные объемы погрузочных, взрывных и буровых работ [4, формулы (3.1) – (3.4)].

3. Определяется число взрывов в панели за месяц [4, с. 86].

4. Определяются расчетные объемы погрузочных, взрывных и буровых работ [4, с. 84].

5. Устанавливаются фактические переходящие резервы обуренной и взорванной горной массы [4, с. 87].

6. Выделяются расчетные зоны на уступе [4, с. 87, рис. 3.2].

Таблица 1

Исходные данные к контрольной работе № 2
«Расчет отвальных работ при использовании на отвале шагающих экскаваторов (драглайнов)»

№ задания	Месячный объем выемочных работ, тыс. м^3		Переходящие резервы, тыс. м^3		Оптимальный объем взрывного блока $V_{в}^{опт}$, тыс. м^3
	V_i	V_{i+1}	$\vec{Б}_{i-1}$	$\vec{В}_{i-1}$	
1	500	400	100	200	100-150
2	100	120	120	0	60-80
3	120	130	0	100	80-110
4	300	310	150	120	120-160
5	80	100	40	60	80-120
6	60	80	50	30	60-80
7	75	90	0	40	40-60
8	175	180	120	80	100-120
9	65	70	70	0	70-95
10	75	60	30	40	30-50
11	120	110	60	50	70-90
12	135	140	70	80	60-80
13	145	130	55	0	50-70
14	160	150	85	90	100-140
15	250	210	80	110	150-170
16	210	190	120	140	1250-1690
17	190	185	0	100	90-120
18	225	210	90	0	100-140
19	425	400	150	140	100-140
20	325	300	210	180	150-190
21	165	150	85	95	95-115
22	175	160	0	100	85-110
23	185	195	0	120	115-135
24	220	210	110	0	120-160
25	235	250	150	140	140-180

7. Форма отчетности.

По результатам контрольной работы представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется схемой расчетных зон горных работ на уступе с указанием вида и объема работ в каждой зоне.

Рекомендуемая литература

1. Ржевский, В. В. Открытые горные работы. Производственные процессы : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых" / В. В. Ржевский. - Изд. 8-е. - Москва: ЛЕНАНД, 2016. - 512 с.

2. Репин, Н. Я. Перемещение и складировании е горных пород: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горные работы" направления подготовки "Горное дело" / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. - Изд. 2-е, стер. - Москва: Горная книга, 2016. - 221 с.: рис., табл., фот. - (Процессы открытых горных работ; № 9).

3. Репин, Н. Я. Практикум по дисциплине "Процессы открытых горных работ": учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горны работы" направления подготовки "Горное дело" / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. - [2-е изд., стер.]. - Москва: Горная книга, 2018. - 156 с.: рис., табл. - (Процессы открытых горных работ; № 7).

4. Сорокин Л.А. Взаимодействие процессов на карьерах. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 96 с.

5. Процессы открытых горных работ. Выемочно-погрузочные работы: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, Д. А. Шлохин, И. А. Глебов; под ред. Ю. И. Леля; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 53 с.

6. Взаимодействие процессов открытых горных работ: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, И. А. Глебов; под ред. Ю. И. Леля; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 42 с.

7. Томаков П. И. Структуры комплексной механизации карьеров с техникой цикличного действия. – М.: Недра, 1976. – 232 с.

8. Русский И. И. Отвальное хозяйство карьеров. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1971. – 240 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Екатеринбург

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

УДК 622.221
П84

Р е ц е н з е н т: *Н. В. Мартынов*, канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом УГГУ

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень источников.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Взаимодействие процессов открытых горных работ» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

УДК 622.221

© Уральский государственный горный университет, 2019
© Лель Ю. И., Стенин Ю. В., Глебов И. А., 2019

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Выемочно-погрузочные работы» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Взаимодействие процессов открытых горных работ» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии отвалообразования и организации производственных процессов, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров отвалообразования в карьерах;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональной организации технологических процессов в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ,

наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Практическая работа № 1

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭКСКАВАТОРНЫХ ОТВАЛОВ

Цель работы: освоить методику расчета параметров экскаваторного отвалообразования при железнодорожном транспорте.

Задачи работы:

1. Выбор модели отвального экскаватора.
2. Расчет параметров отвального яруса.
3. Определение приемной способности отвала.
4. Расчет числа отвальных тупиков и протяженности фронтов отвалообразования.
5. Составление паспорта экскаваторного отвалообразования.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 270-285; 2, с. 192-210] изучить основные технологические параметры экскаваторных отвалов, схемы отвалообразования и методику расчета производительности отвального оборудования.

Исходные условия

В соответствии с вариантом (табл. 1.1) задаются:

- тип складируемых пород (скальные, песчаные, глинистые);
- плотность пород в целике γ, т/м^3;
- сменный объем отвальных работ $V_{см}$, тыс. м^3/смену;
- модель думпкара;
- число вагонов в поезде $n_в$;
- длина отвального тупика $L_т$, км;
- расстояние от отвала до обменного пункта $L_{оп}$, км.

Порядок выполнения работы

1. Выбирается модель отвального экскаватора (табл. 1.2).

Выбор модели экскаватора производится на основе принципов комплексности механизации согласно рекомендациям по рациональным сочетаниям и количественным соотношениям погрузочного, транспортного и отвального оборудования в комплексах [4, 6, 7].

1. В соответствии с типом складируемых пород принимаются (табл. 1.3):
   - высота отвального яруса $H_о$, м;
   - угол откоса отвального яруса $\alpha_о$, град.;
   - коэффициент разрыхления свежеотсыпанных пород в отвале $k_р$;
   - остаточный коэффициент разрыхления пород в отвале $k_{р.о}$;
   - угол откоса борта приямка $\beta_п$, град.

2. В соответствии с расчетной схемой (рис. 1.1) определяется:

2.1. Коэффициент уплотнения (усадки) пород в отвале ($k_у$)

$$k_у = \frac{k_р - k_{р.о}}{k_{р.о}} \qquad (1.1)$$

где $k_р$ – коэффициент разрыхления свежеотсыпанных пород;

$k_{р.о}$ – остаточный коэффициент разрыхления.

Таблица 1.1

Исходные данные к практической работе № 1

«РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭКСКАВАТОРНЫХ ОТВАЛОВ»

№ задания	Складируемые породы		$V_{см}$, тыс. м^3/смену	Модель думпкара	Число вагонов в поезде $n_в$	$L_т$, км	$L_{оп}$, км
	тип	γ, т/м^3					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Скальные	2,5	4,0	6ВС-60	6	2,0	0,5
2	То же	2,6	6,0	ВС-85	7	1,5	0,6
3	«	2,7	8,0	ВС-85	8	1,8	0,8
4	«	2,8	10,0	2ВС-105	9	2,0	1,0
5	«	2,9	12,0	ВС-145	9	1,0	0,6
6	«	2,5	14,0	ВС-145	10	1,2	0,8
7	«	2,6	16,0	ВС-170	10	1,5	0,9
8	«	2,7	4,0	6ВС-60	6	2,0	1,0
9	«	2,8	6,0	ВС-85	7	1,6	0,5
10	«	2,9	8,0	2ВС-105	8	1,0	0,6
11	Мягкие несвязные (песчаные)	1,6	4,0	2ВС-105	6	1,0	1,0
12	То же	1,7	4,5	6ВС-60	7	2,1	1,2
13	«	1,8	5,0	ВС-85	6	1,5	0,6
14	«	1,6	6,0	ВС-85	7	1,6	0,8
15	«	1,7	7,0	2ВС-105	7	1,7	0,9
16	«	1,8	8,0	2ВС-105	7	1,2	1,0
17	«	1,6	8,5	ВС-145	8	1,5	1,2
18	«	1,7	9,0	ВС-145	8	2,0	1,0
19	«	1,8	10,0	ВС-145	9	2,5	0,9
20	«	1,8	12,0	ВС-145	9	2,4	0,8
21	Мягкие связные (глинистые)	2,0	4,0	2ВС-105	6	1,2	0,6
22	То же	2,1	5,0	2ВС-105	6	1,3	0,7
23	«	1,9	6,0	2ВС-105	6	1,4	0,8
24	«	2,0	7,0	2ВС-105	7	1,5	0,9
25	«	2,1	8,0	2ВС-105	7	1,6	1,0
26	«	1,9	9,0	2ВС-105	7	1,7	1,1
27	«	2,0	10,0	ВС-145	8	1,8	1,2

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
28	Мягкие связные (глинистые)	2,1	11,0	ВС-145	8	1,9	1,3
29	То же	1,9	12,0	ВС-145	8	2,0	1,4
30	«	2,0	12,5	ВС-170	8	2,1	1,5

3.1. Высота слоя уплотнения (Δh, м)

$$\Delta h = k_{\text{у}} H_{\text{о}}, \qquad (1.2)$$

где $H_{\text{о}}$ – высота отвального яруса, м.

Таблица 1.2

Параметры карьерных экскаваторов

Параметр	Модель экскаватора			
	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-10	ЭКГ-12,5
Вместимость ковша E, м^3	5,2	8,0	10,0	12,5
Максимальный радиус черпания $R_{\text{ч max}}$, м	14,5	18,4	18,4	22,5
Максимальный радиус разгрузки $R_{\text{р max}}$, м	12,3	16,3	16,3	19,9
Максимальная высота разгрузки $H_{\text{р max}}$, м	6,7	9,2	8,6	10,0
Высота разгрузки при максимальном радиусе разгрузки $H_{\text{р}}$, м	4,26	5,7	5,7	7,6
Ширина хода $B_{\text{х}}$, м.....	5,2	6,98	6,98	9,4
Длина хода $L_{\text{х}}$, м.....	6,1	8,2	8,2	13,0

Таблица 1.3

Рекомендуемые параметры экскаваторного отвалообразования [2]

Тип складируемых пород	Высота яруса $H_{\text{о}}$, м	Угол откоса яруса α, град.	Угол откоса приямка β, град.	Коэффициент разрыхления	
				свежеотсыпанных пород $k_{\text{р}}$	остаточный $k_{\text{р.о}}$
Скальные	30-40	40-45	55-60	1,35-1,40	1,08-1,15
Песчаные.....	25-30	30-35	40-45	1,10-1,15	1,01-1,015
Глинистые	15-20	35-40	45-50	1,30-1,35	1,06-1,07

3.2. Высота верхнего подъяруса ($H_{\text{в}}$, м)

Высота верхнего подъяруса должна удовлетворять условиям

$$\begin{cases} H_{\text{в}} \le H_{\text{р}} - \Delta h; \\ H_{\text{в}} \le \dfrac{R_{\text{р. max}} - 0{,}5L_{\text{х}} - \Delta h \operatorname{ctg} \alpha_{\text{о}} - 0{,}6}{\operatorname{ctg} \alpha_{\text{о}}} \end{cases}, \qquad (1.3)$$

где $H_р$ – высота разгрузки при максимальном радиусе разгрузки, м; $R_{р.\ max}$ – максимальный радиус разгрузки, м; $L_х$ – длина хода экскаватора, м; $\alpha_о$ – угол откоса отвального яруса, град.

Выбирается наименьшее значение $H_в$, полученное из формул (1.3). Если $H_в$ принимает отрицательные значения, уменьшается высота отвального яруса $H_о$ и пересчитывается высота слоя уплотнения Δh.

3.4. Высота нижнего подъяруса ($H_н$, м)

$$H_н = H_о - H_в . \tag{1.4}$$

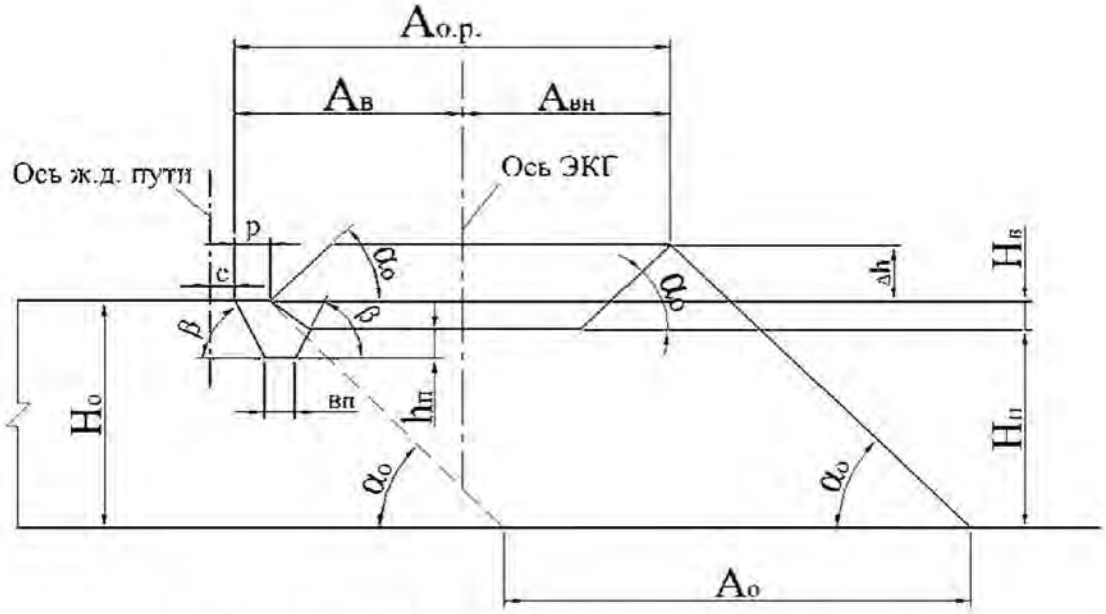


Рис. 1.1. Схема к расчету параметров отвального яруса

$H_о$ – высота отвального яруса; $H_н$ – высота нижнего подъяруса; $H_в$ – высота верхнего подъяруса; Δh – высота слоя уплотнения; $\alpha_о$ – угол откоса отвального яруса; $h_п$ – глубина приямка; $b_п$ – ширина приямка по дну; β – угол откоса борта приямка; $A_{о.р}$ – расчетная ширина отвальной заходки; $A_в$ – ширина внутренней части отвальной заходки; $A_{в.н}$ – ширина внешней части отвальной заходки; $A_о$ – фактическая ширина отвальной заходки; C – расстояние от оси железнодорожного пути до верхней бровки приямка; P – дальность разгрузки породы на уровне рельсового пути

4. Определяется ширина отвальной заходки.

4.1. Расчетная ширина отвальной заходки ($A_{о.р}$)

$$A_{о.р} = A_в + A_{в.н}, \tag{1.5}$$

где $A_в$ – ширина внутренней части отвальной заходки, м; $A_{в.н}$ – ширина внешней части отвальной заходки, м.

$$A_в = \sqrt{R_ч^2 - \left(\frac{l_п}{2}\right)^2}, \tag{1.6}$$

$$A_{в.н} = R_р , \tag{1.7}$$

где $R_р$ – радиус разгрузки, м; принимается $R_р \approx (0{,}85 \div 0{,}90)\ R_{р\ max}$; $R_{р\ max}$ – максимальный радиус разгрузки экскаватора, м; $R_ч$ – радиус черпания, м; принимается $R_ч \approx (0{,}85 \div 0{,}90)\ R_{ч\ max}$; $R_{ч\ max}$ – максимальный радиус черпания экскаватора, м; $l_п$ – длина приямка, м.

Таким образом

$$A_{\text{о.р}} = \sqrt{R_{\text{ч}}^2 - \left(\frac{l_{\text{п}}}{2}\right)^2} + R_{\text{р}}. \quad (1.8)$$

Размеры приямка принимаются из условия, что одновременно в приямок разгружается один вагон [3].

$$l_{\text{п}} = (1{,}5...2{,}0)\, l_{\text{в}}, \quad (1.9)$$

где $l_{\text{в}}$ – длина вагона, м (табл. 1.4).

Глубина приямка ($h_{\text{п}}$, м)

$$h_{\text{п}} \le h_{\text{к max}}, \quad (1.10)$$

где $h_{\text{к max}}$ – максимальная глубина копания экскаватора, м.

Принимается $h_{\text{п}}$ = 1,5 м для ЭКГ-5А, $h_{\text{к}}$ = 1,8÷2,0 м для ЭКГ-8И, ЭКГ-10 и ЭКГ-12,5.

Ширина приямка по дну $b_{\text{п}}$ = 3÷4 м.

Расстояние от оси железнодорожного пути до верхней бровки приямка C = 1,6÷2,0 м.

Дальность разгрузки породы на уровне рельсового пути P = 1,5÷2,0 м.

Ширина внутренней части отвальной заходки должна удовлетворять условию

$$A_{\text{в}} \ge H_{\text{в}} \operatorname{ctg} \beta + 2h_{\text{п}} \operatorname{ctg} \beta + b_{\text{п}} + B_{\text{х}}/2 + 0{,}6. \quad (1.11)$$

Если условие не выполняется, то применяется более мощный экскаватор или сокращается длина приямка. Минимальная длина приямка должна удовлетворять условию

$$l_{\text{п}} \ge 1{,}2\, l_{\text{в}}. \quad (1.12)$$

Фактическая ширина отвальной заходки ($A_{\text{о}}$, м)

$$A_{\text{о}} = A_{\text{о.р}} + \Delta h \operatorname{ctg} \alpha_{\text{о}} - P. \quad (1.13)$$

Таблица 1.4

Параметры думпкаров

Параметр	Модель думпкара				
	6ВС-60	ВС-85	2ВС-105	ВС-145	ВС-170
Грузоподъемность $Q_{\text{в}}$, т ……	60	85	105	145	170
Вместимость кузова $V_{\text{в}}$, м^3…	26,2	38	50	68	75
Длина вагона $l_{\text{в}}$, м……	11,8	12,2	14,9	17,63	16,95

5. Определяется приемная способность отвального тупика ($W_{\text{т}}$, млн. м^3)

$$W_{\text{т}} = \frac{10^{-6} L_{\text{т}} A_{\text{о}} H_{\text{о}}}{k_{\text{р.о}}}, \quad (1.14)$$

где $L_{\text{т}}$ – длина отвального тупика, м; $A_{\text{о}}$ – фактическая ширина отвальной заходки, м; $H_{\text{о}}$ – высота отвального яруса, м.

6. Рассчитывается сменная производительность отвального тупика.

Сменная производительность отвального тупика определяется:

6.1. производительностью отвального экскаватора ($П_э$, м^3/смену)

$$П_э = Q_т\, T_{см}\, k_и\,, \tag{1.15}$$

где $Q_т$ – техническая производительность экскаватора на отвале, м^3/ч (табл. 1.5); $T_{см}$ – продолжительность смены, ч ($T_{см}$ = 8 ч); $k_и$ – коэффициент использования сменного времени экскаватора ($k_и \approx 0{,}80$).

Таблица 1.5

Техническая производительность экскаваторов при работе на отвале ($Q_т$, м^3/ч)

Категория пород по трудности экскавации	Модель экскаватора			
	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-10	ЭКГ-12,5
IV (скальные).....	365	495	600	715
II (песчаные и глинистые)...	530	720	875	1035

6.2. Приемной способностью отвального тупика по транспортным условиям ($П_т$, м^3/смену)

$$П_т = N_п\, Q_п\,, \tag{1.16}$$

где $N_п$ – количество поездов, которые могут разгрузиться в тупике в течение смены, шт.; $Q_п$ – объем породы в поезде, м^3.

$$Q_п = \frac{n_в Q_в}{\gamma}\,, \tag{1.17}$$

где $n_в$ – число думпкаров в поезде, шт.; $Q_в$ – грузоподъемность думпкара, т; γ – плотность пород в целике, м^3.

$$N_п = \frac{T_{см} k_и}{T_о}\,, \tag{1.18}$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; ($T_{см}$ = 8 ч); $k_и$ – коэффициент использования сменного времени ($k_и \approx 0{,}8$); $T_о$ – время обмена составов, ч.

Время обмена составов (рис. 1.2) рассчитывает по формуле

$$T_о = T_д^г + T_р + T_д^п + \tau, \tag{1.19}$$

где $T_д^г$ – время движения груженого состава от забоя экскаватора до обменного пункта, ч; $T_д^п$ – время движения порожнего состава от обменного пункта до забоя отвального экскаватора, ч; $T_р$ – продолжительность разгрузки состава, ч; τ – время на связь при обмене составов, ч ($\tau \approx 0{,}2$ ч) при телефонной или радиосвязи).

$$T_д^г = T_д^п = \frac{L}{v_{ср}} = \frac{L_{о.п} + 0{,}5L_т}{v_{ср}}, \tag{1.20}$$

где L – среднее расстояние транспортирования от отвального экскаватора до обменного пункта, км; $v_{ср} \approx v_г \approx v_п$ – средняя скорость движения состава на отвале, км/ч ($v_{ср} \approx 15$ км/ч); $v_г$, $v_п$ – соответственно скорость движения груженого и порожнего состава на отвале, км/ч.

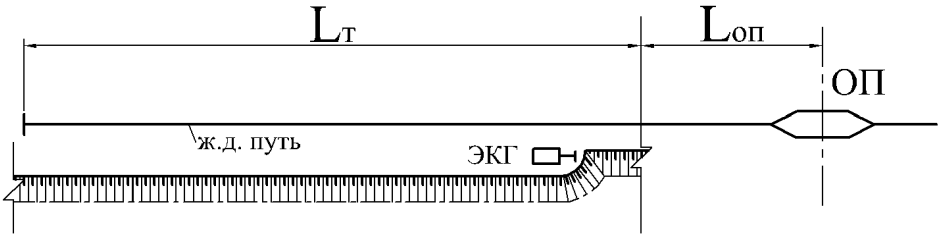


Рис. 1.2. Схема к расчету времени обмена составов на отвале:
$L_т$ – длина отвального тупика; $L_{о.п}$ – расстояние от отвала до обменного пункта;
ОП – обменный пункт

Продолжительность разгрузки состава ($T_р$, ч)

$$T_р = \frac{t_р n_в}{60}, \quad (1.21)$$

где $t_р$ – продолжительность разгрузки одного думпкара, мин ($t_р \approx 1{,}5$ мин).

7. Определяется длительность экскавации породы, перевозимой одним составом ($T_э$, ч)

$$T_э = \frac{Q_п}{Q_т}, \quad (1.22)$$

где $Q_п$ – объем породы в составе, м^3; $Q_т$ – техническая производительность экскаватора на отвале, м^3/ч.

8. Устанавливаем условие, по которому определяется сменная

Если $T_э \geq T_о$, то сменная производительность отвального тупика ($П_о$) определяется производительностью экскаватора

$$П_о = П_э. \quad (1.23)$$

Если $T_э \leq T_о$, то сменная производительность отвального тупика определяется приемной способностью тупика по транспортным условиям ($П_т$)

$$П_о = П_т. \quad (1.24)$$

9. Рассчитывается число отвальных тупиков и протяженность фронта отвалообразования.

9.1. Число рабочих тупиков ($N_р$)

$$N_р = \frac{V_{см}}{П_о}, \quad (1.25)$$

где $V_{см}$ – сменный объем отвальных работ, тыс. м^3/смену; $П_о$ – сменная производительность отвального тупика, тыс. м^3/смену. $N_р$ округляется до целого в большую сторону.

9.2. Число резервных тупиков ($N_{рез}$)

$$N_{рез} \approx (0{,}2 \div 0{,}4)\, N_р. \quad (1.26)$$

9.3. Полное число отвальных тупиков ($N_т$)

$$N_т = N_р + N_{рез}. \quad (1.27)$$

9.4. Протяженность активного фронта отвальных работ ($L_{ф.а}$, км)

$$L_{ф.а} = L_т N_р. \quad (1.28)$$

9.5. Общая протяженность фронта отвальных работ ($L_{ф.о}$, км)

$$L_{ф.о} = L_т N_т. \quad (1.29)$$

10. Составляется паспорт экскаваторного отвалообразования.

Пример паспорта экскаваторного отвалообразования представлен на рис. 1.3. Паспорт составляется в стандартном масштабе с указанием числовых значений определяющих параметров.

11. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты, а также расчетные схемы (см. рис. 1.1, 1.2).

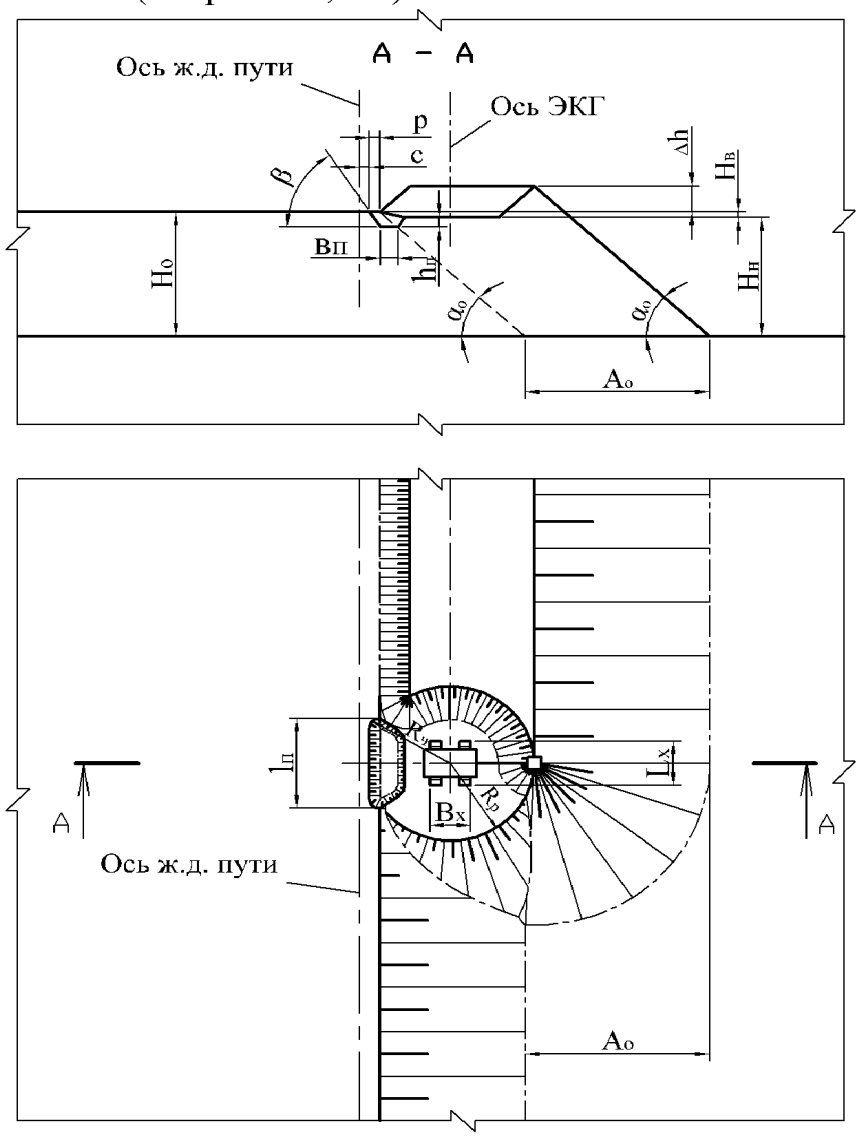


Рис. 1.3. Паспорт экскаваторного отвалообразования

Графическая часть представляется одним листом формата А4 или А3 и включает:

1. Паспорт экскаваторного отвалообразования (план и разрез). В паспорте указываются числовые значения определяющих параметров (см. рис. 1.3).

Таблицу, включающую технологические параметры отвалообразования (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Технологические параметры экскаваторного отвалообразования

Параметр	Значение
Модель экскаватора	
Максимальный радиус разгрузки $R_{р\,max}$, м	
Максимальный радиус черпания $R_{ч\,max}$, м	
Высота разгрузки при максимальном радиусе разгрузки $H_р$, м	
Тип складируемых пород	
Плотность пород в массиве γ, т/м^3	
Коэффициент разрыхления свежеотсыпанных пород $k_р$	
Остаточный коэффициент разрыхления $k_{р.о}$	
Коэффициент уплотнения пород в отвале $k_у$	
Расчетная ширина отвальной заходки $A_{о.р}$, м	
Фактическая ширина отвальной заходки $A_о$, м	
Высота отвального яруса $H_о$, м	
Высота слоя уплотнения Δh, м	
Высота верхнего подъяруса $H_в$, м	
Высота нижнего подъяруса $H_н$, м	
Длина приямка $l_п$, м	
Угол откоса отвального яруса $\alpha_о$, град.	
Угол откоса борта приямка β, град.	
Модель думпкара	
Длина отвального тупика $L_т$, км	
Расстояние от отвала до обменного пункта $L_{о.п}$, км	
Объем породы в поезде $Q_п$, м^3	
Приемная способность отвального тупика $W_т$, млн. м^3	
Производительность отвального тупика $П_о$, м^3/смену	
Полное число отвальных тупиков $N_т$	
Протяженность активного фронта отвальных работ $L_{ф.а}$, км	
Общая протяженность фронта отвальных работ $L_{ф.о}$, км	

Практическая работа № 2

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БУЛЬДОЗЕРНОГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Цель работы: освоить методику расчета параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

Задачи работы:

1. Выбор высоты отвального яруса и отвала.
2. Расчет площади отвала.
3. Расчет параметров отвальных забоев и фронтов отвалообразования.
4. Определение объема бульдозерных работ.
5. Выбор модели бульдозера, расчет производительности и парка бульдозеров.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 323-326; 2, с. 183-192] изучить основные технологические параметры экскаваторных отвалов, схемы отвалообразования и методику расчета производительности отвального оборудования.

Исходные условия

В соответствии с вариантом (табл. 2.1) задаются:

- тип складируемых пород (скальные, песчаные, глинистые);
- объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования $V_о$, млн. м^3
- годовая производительность карьера по вскрыше $П_в$, млн. м^3/год;
- модель автосамосвала;
- рабочий угол откоса отвального яруса α, град.;
- устойчивый угол откоса отвального яруса $\alpha_у$, град.;
- плотность пород в целике γ, т/м^3 (табл. 2.2);
- коэффициент разрыхления свежеотсыпанных пород в отвале $k_р$, (см. табл. 2.2);
- остаточный коэффициент разрыхления пород в отвале $k_{р.о}$, (см. табл. 2.2).

Порядок выполнения работы

1. Выбирается высота отвального яруса, количество ярусов и рассчитывается высота отвала.

Выбор высоты отвального яруса ($H_о$, м) производится исходя из типа складируемых пород (см. табл. 2.2). Количество отвальных ярусов ($n_я$) назначается самостоятельно исходя из условия, что общая высота отвала должна быть, как правило, не более 120-150 м.

Общая высота отвала ($H'_о$)

$$H'_о = H_о n_я , \qquad (2.1)$$

где $H_о$ – высота отвального яруса, м; $n_я$ – число ярусов.

Таблица 2.1

Исходные данные к практической работе № 2
«Расчет параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»

№ задания	Тип складируемых пород	Объем пород в отвале $V_о$, млн. м^3	Производительность карьера по вскрыше $П_{в}$, млн. м^3/год	Модель автосамосвала	Угол откоса отвального яруса	
					рабочий $\alpha_р$ град.	устойчивый $\alpha_у$, град.
1	Скальные	160	8,0	БелАЗ-7548	40	38
2	То же	180	9,0	БелАЗ-7548	45	42
3	«	200	10,0	БелАЗ-7549	44	42
4	«	220	11,0	БелАЗ-7549	43	41
5	«	120	5,0	БелАЗ-7540	41	38
6	«	140	6,0	БелАЗ-7548	39	37
7	«	185	7,5	БелАЗ-7548	40	37
8	«	260	12,5	БелАЗ-7549	41	38
9	«	170	8,5	БелАЗ-7549	42	39
10	«	210	9,5	БелАЗ-7549	43	39
11	Глинистые	250	13,0	БелАЗ-7512	36	32
12	То же	280	13,5	БелАЗ-7512	36	31
13	«	300	14,0	БелАЗ-7512	38	35
14	«	320	14,5	БелАЗ-7512	38	34
15	«	195	9,0	БелАЗ-7549	34	30
16	«	100	5,0	БелАЗ-7540	35	31
17	«	150	7,5	БелАЗ-7548	40	36
18	«	200	9,4	БелАЗ-7549	40	35
19	«	210	8,3	БелАЗ-7549	36	32
20	«	240	12,7	БелАЗ-7512	38	34
21	Песчаные	120	4,5	БелАЗ-7540	35	30
22	То же	150	6,0	БелАЗ-7540	34	32
23	«	225	7,5	БелАЗ-7548	33	30
24	«	325	14,0	БелАЗ-7512	32	29
25	«	315	12,0	БелАЗ-7512	35	32
26	«	160	5,5	БелАЗ-7540	34	31
27	«	155	6,5	БелАЗ-7540	35	29
28	«	250	9,0	БелАЗ-7548	36	30
29	«	320	10,0	БелАЗ-7549	35	31
30	«	345	11,0	БелАЗ-7549	32	29

2. Рассчитывается площадь отвала ($S_о$, га):

$$S_о = \frac{V_о k_{р.о} 10^{-4}}{H_о \, n_я \, \eta_о}, \qquad (2.2)$$

где V_o – объем пород в отвале, м^3; $k_{р.о}$ – остаточный коэффициент разрыхления пород в отвале; H_o – высота отвального яруса, м; $n_я$ – количество ярусов; η_o – коэффициент использования площади отвала (ярусности). η_o принимается для одноярусных отвалов – 0,8÷0,9; для двухъярусных – 0,6÷0,7; для трехъярусных и более – 0,5.

Таблица 2.2

Рекомендуемые параметры бульдозерного отвалообразования [1]

Тип складируемых пород	Плотность пород γ, т/м^3	Высота отвального яруса H_o, м	Коэффициент разрыхления	
			свежеотсыпанных пород $k_р$	остаточный $k_{р.о}$
Скальные ……..	2,5-3,0	30-35	1,35-1,40	1,08-1,15
Песчаные……..	1,6-1,8	15-20	1,10-1,15	1,01-1,015
Глинистые ……	1,9-2,0	10-15	1,30-1,35	1,06-1,07

3. Рассчитывается количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_а$, шт.)

$$N_а = \frac{П_в^ч k_н}{Q_п}, \quad (2.3)$$

где $П_в^ч$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч; $k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н$ =1,1÷1,2); $Q_п$ – объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала, м^3.

Часовая производительность карьера по вскрыше ($П_в^ч$, м^3/ч)

$$П_в^ч = \frac{П_в}{T_г n_{см} T_{см} k_и}, \quad (2.4)$$

где $П_в$ – годовая производительность карьера по вскрыше, м^3/год; $T_г$ – число рабочих дней карьера в году ($T_г$ = 350 дней); $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках ($n_{см}$ = 3); $k_и$ – коэффициент использования сменного времени ($k_и$ = 0,75÷0,80).

Объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала ($Q_п$, м^3)

$$Q_п = \frac{q_а}{\gamma}, \quad (2.5)$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосамосвала, т (табл. 2.3); γ – плотность пород в целике, т/м^3.

Должно выполняется условие

$$Q_п \le \frac{V_а}{k_р}, \quad (2.6)$$

где $V_а$ – вместимость кузова автосамосвала «с шапкой», м^3 (см. табл. 2.3); $k_р$ – коэффициент разрыхления породы в кузове автосамосвала. Принимается равным коэффициенту разрыхления свежеотсыпанных пород в отвале (см. табл. 2.2).

Таблица 2.3

Параметры карьерных автосамосвалов

Параметры	Модель автосамосвала			
	БелАЗ-7540	БелАЗ-7548	БелАЗ-7549	БелАЗ-7512
Грузоподъемность q_a, т	30	42	80	120
Вместимость кузова «с шапкой» V_a, м^3.....	18,0	26,0	46,0	59,0
Минимальный радиус поворота R_{min}, м.....	8,7	10,2	11,0	13,0
Диаметр колеса $D_к$, м.....	1,55	1,90	2,61	2,97
Длина базы автосамосвала B, м	3,55	4,20	4,55	5,30
Минимальное расстояние между бровкой отвала и осью заднего колеса, при котором $k_{зав} = 0$, a_o, м	1,6	1,8	2,2	2,5
Средняя продолжительность разгрузки $t_р$, мин.	0,67	0,78	1,00	1,17
Ширина транспортных берм при двухполосном движении $B_т$, м....	16,0-19,0	17,8-20,0	24,0-26,7	26,3-29,5

Если условие (2.6) не выполняется, то принимается

$$Q_п = \frac{V_a}{k_р}. \qquad (2.7)$$

4. Определяется количество одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале (N_o, шт.)

$$N_o = N_a \frac{t_р + t_{м.р}}{60}, \qquad (2.8)$$

где N_a – количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа, шт.; $t_р$ – продолжительность разгрузки автосамосвала, мин. (см. табл. 2.3); $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций при установке на разгрузку, мин.;

$$t_{м.р} \approx 0{,}063\, R_{min}, \qquad (2.9)$$

где R_{min} – минимальный конструктивный радиус поворота автосамосвала, м (см. табл. 2.3).

Количество одновременно разгружающихся автосамосвалов (N_o) округляется до целого в большую сторону.

5. Определяется длина участка разгрузки ($L_р$, м)

$$L_р = N_o\, l_п, \qquad (2.10)$$

где N_o – количество одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале, шт.; $l_п$ – ширина полосы по рабочему фронту отвала, занимаемая одним автосамосвалом при маневрировании, м. 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.

6. Определяется общая длина отвального фронта (L_o, м).

Отвальный фронт состоит из трех участков: разгрузки ($L_р$), планировки ($L_п$) и резервного ($L_{рез}$).

По мере заполнения участка разгрузки и выравнивания участка планировки последний начинается 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

$$L_р = L_п = L_{рез}, \quad (2.11)$$

где $L_п$ – длина участка планировки, м;

$L_{рез}$ – длина резервного участка, м.

Общая длина отвального фронта

$$L_о = 3\,L_р. \quad (2.12)$$

7. Определяется сменный объем бульдозерных работ ($Q_б$, м^3/смену)

$$Q_б = П_в^{см} k_н k_{зав}, \quad (2.13)$$

где $П_в^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м^3/смену; $k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н$ =1,1÷1,2); $k_{зав}$ – средний коэффициент «заваленности» отвала.

Сменная производительность карьера по вскрыше ($П_в^{см}$,м^3/смену)

$$П_в^{см} = П_в^{ч} T_{см} k_и, \quad (2.14)$$

где $П_в^{и}$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч (см. п. 3); $T_{см}$ – продолжительность смены, ч ($T_{см}$ = 8 ч); $k_и$ – коэффициент использования сменного времени ($k_и$ = 0,75÷0,80).

Средний коэффициент «заваленности» определяется по эмпирической формуле

$$k_{зав} \approx (A - a_о)^n\, 0{,}1\ , \quad (2.15)$$

где A – фактическое расстояние между бровкой отвала и осью заднего колеса автосамосвала при разгрузке, м; $a_о$ – минимальное расстояние между бровкой отвала и осью заднего колеса автосамосвала, при котором $k_{зав}$ = 0, м; n – коэффициент, характеризующий скорость роста $k_{зав}$ в зависимости от модели автосамосвала. Для автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью 30-80 т n = 2, для автосамосвалов 120-240 т n = 1,5.

$$A \approx Б + {}^3\!/_4\, D_к, \quad (2.16)$$

где $Б$ – ширина бермы безопасности (призмы возможного обрушении), м; $D_к$ – диаметр колеса автосамосвала, м.

$$Б = H_о\,(\mathrm{ctg}\,\alpha_у - \mathrm{ctg}\,\alpha), \quad (2.17)$$

где $H_о$ – высота отвального яруса, м; α – рабочий угол откоса отвального яруса, град.; $\alpha_у$ – устойчивый угол откоса отвального яруса, град.

Если расчетное значение по формуле (2.15) $k_{зав} > 1$, то принимается $k_{зав}$ = 1,0.

Согласно «Единым правилам безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом» площадки бульдозерных отвалов должны иметь по всему фронту разгрузки поперечный уклон не менее 3°,

направленный от бровки откоса в глубину отвала на длину базы автосамосвала. По всему фронту в зоне разгрузки должен быть сформирован предохранительный вал высотой не менее 0,5 диаметра колеса автосамосвала. Вертикальная ось, проведенная через вершину предохранительного вала, должна располагаться вне призмы обрушения (рис. 2.1).

8. Выбирается модель бульдозера исходя из грузоподъемности автосамосвала и сменного объема бульдозерных работ (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Параметры бульдозеров, применяемых на открытых горных работах

Параметры	Модель бульдозера			
	ДЗ-171.1	ДЗ-25	ДЗ-118	ДЗ-60ХЛ
Базовый трактор	Т-170	Т-180Г	ДЭТ-250	Т-330
Мощность двигателя $N_д$, кВт.....	125	132	243	250
Длина отвала $l_о$, м.....	3,22	4,43	4,31	5,48
Высота отвала $h_о$, м.....	1,15	1,20	1,55	1,42
Максимальное заглубление $h_{загл}$, м	0,465	0,30	0,55	0,79
Объем грунта в призме волочения $V_{пв}$, ^{3}	$\leq 4{,}0$	$\leq 4{,}5$	$\leq 7{,}5$	$\leq 8{,}0$
Скорость перемещения породы $v_п$, м/сек ...	0,88	0,70	0,82	0,92
Скорость холостого хода $v_х$, м/сек	1,33	1,20	1,95	1,60

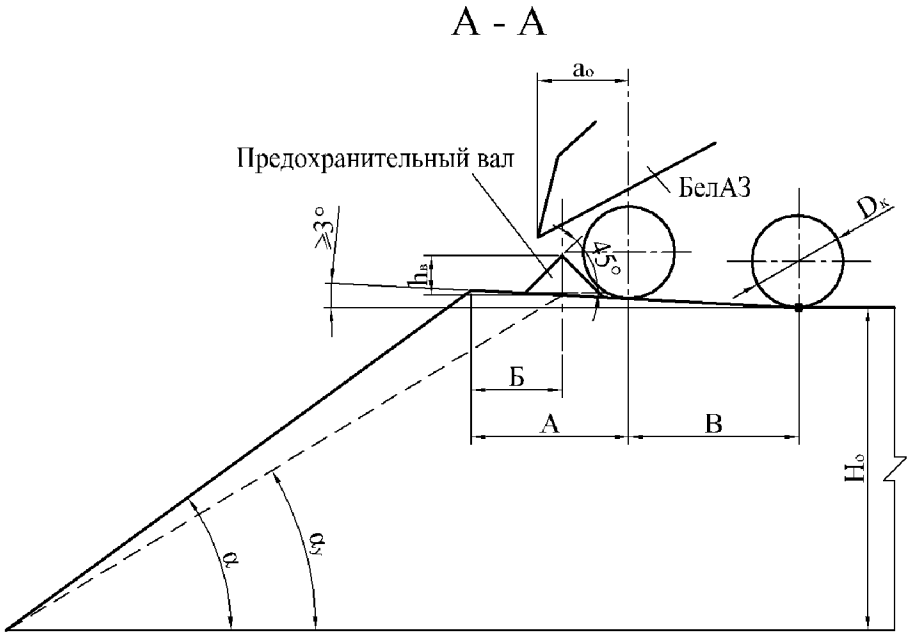


Рис. 1. Паспорт разгрузки автосамосвалов на отвале:

$H_о$ – высота отвального яруса; α – рабочий угол откоса отвального яруса; $\alpha_у$ – устойчивый угол откоса отвального яруса; $h_в$ – высота предохранительного вала ($h_в \geq ½ D_к$); $D_к$ – диаметр колеса автосамосвала; B – длина базы автосамосвала; $Б$ – ширина бермы безопасности (призмы возможного обрушения); $a_о$ – минимальное расстояние между верхней бровкой отвального яруса и осью заднего колеса автосамосвала, при котором коэффициент «заваленности» равен нулю ($k_{зав} = 0$); A – фактическое расстояние между верхней бровкой отвального яруса и осью заднего колеса автосамосвала при разгрузке

9. Рассчитывается сменная производительность бульдозера ($П_б$, м^3/смену) [5]

$$П_б = 60\frac{T_{см}V_{п.в}k_п k_у k_и}{T_ц k_р}, \quad (2.18)$$

где $V_{п.в}$ – объем призмы волочения, м^3; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч ($T_{см}$ = 8 ч); $T_ц$ – продолжительность рабочего цикла бульдозера, мин; $k_п$ – коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировании; $k_у$ – коэффициент, учитывающий влияние уклона на производительность бульдозера; $k_и$ – коэффициент использования сменного времени бульдозера ($k_и$ = 0,75÷0,80); $k_р$ – коэффициент разрыхления породы (см. табл. 2.2).

Объем призмы волочения ($V_{пв}$, м^3) рассчитывается по формуле

$$V_{п.в} = 0,5h_o^2 l_o \operatorname{ctg}\beta, \quad (2.19)$$

где l_o – длина отвала бульдозера, м (табл. 2.4); h_o – высота отвала бульдозера, м; β – угол развала породы в призме волочения, град. Принимается:

- для скальных пород β = 42÷45°;
- для глинистых пород β = 37÷40°;
- для песчаных пород β = 35÷37°.

Продолжительность рабочего цикла бульдозера ($T_ц$, мин) рассчитывается по формуле

$$T_ц = \left(\frac{L_п}{v_п} + \frac{L_п}{v_х} + t_п\right)\frac{1}{60}, \quad (2.20)$$

где $L_п$ – расстояние перемещения породы бульдозером, м; $v_п$ – скорость перемещения породы бульдозером, м/с; $v_х$ – скорость холостого хода бульдозера, м/с (скорости $v_п$ и $v_х$ для различных моделей бульдозеров приведены в табл. 4); $t_п$ – время на переключение скоростей и опускание лемеха бульдозера, с (для всех моделей бульдозеров $t_п \approx 9$ с).

Среднее расстояние перемещения породы бульдозером ($L_п$, м) определяется по формуле

$$L_п \approx Б + 0,5D_к, \quad (2.21)$$

где $Б$ – ширина бермы безопасности, м; $D_к$ – диаметр колеса автосамосвала, м.

Коэффициент, учитывающий потери породы при транспортировании бульдозером ($k_п$), рассчитывается по формуле

$$k_п \approx 1 - 0,005L_п, \quad (2.22)$$

где $L_п$ – расстояние перемещения породы бульдозером, м.

Коэффициент, учитывающий влияние уклона на производительность бульдозера ($k_у$), для уклона $i = 3°$ принимается $k_у \approx 0,8$.

10. Определяется рабочий парк бульдозеров ($N_б$, шт.)

$$N_б = \frac{Q_б}{П_б}k_{пл}, \quad (2.23)$$

где $Q_б$ – сменный объем бульдозерных работ, м^3/смену; $П_б$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену; $k_{пл}$ – коэффициент, учитывающий работу бульдозеров по разравниванию поверхности отвала и формированию предохранительного вала ($k_п \approx 1,2$).

11. Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{б.и}$, шт.)

$$N_{б.и} \approx 1{,}4\ N_б. \qquad (2.24)$$

12. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом формата А3 и включает:

1. Паспорт разгрузки автосамосвалов на отвале. В паспорте указываются числовые значения определяющих параметров (см. рис. 2.1). Паспорт выполняется в стандартном масштабе.

2. План бульдозерного отвала (рис. 2.2). План выполняется в стандартном масштабе при отсыпке одного яруса с указанием числовых значений определяющих параметров.

3. Таблицу, включающую технологические параметры отвалообразования (табл. 2.5).

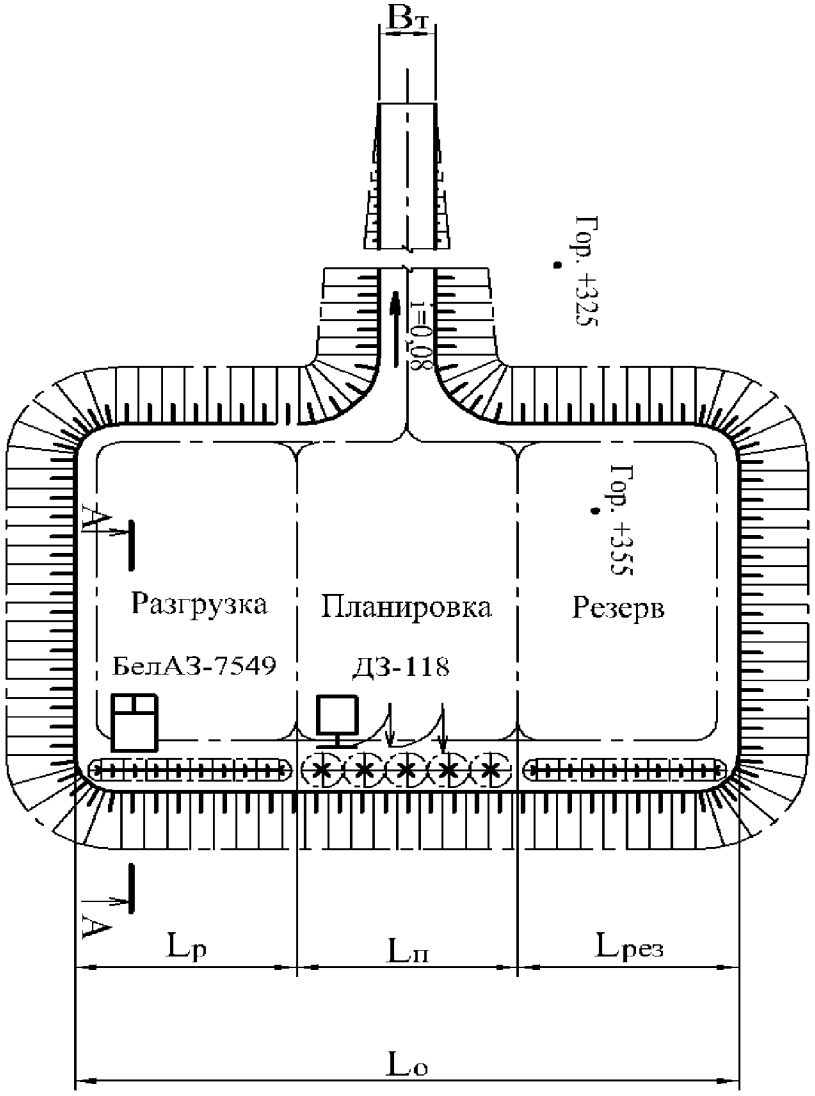


Рис. 2.2. План бульдозерного отвала:
$L_р$ – длина участка разгрузки; $L_п$ – длина участка планировки; $L_{рез}$ – длина резервного участка; $L_о$ – общая длина отвального фронта; $B_т$ – ширина транспортной бермы; i – величина уклона автодороги

Таблица 2.5

Технологические параметры бульдозерного отвалообразования

Параметр	Значение
Тип складируемых пород	
Плотность пород в массиве γ, т/м^3	
Объем пород в отвале $V_о$, млн. м^3	
Производительность карьера по вскрыше $П_в$, млн. м^3/год	
Угол откоса отвального яруса, град.: рабочий α	
устойчивый $\alpha_у$	
Высота отвального яруса $H_о$, м	
Число ярусов $n_я$, м	
Общая высота отвала $H'_о$, м	
Площадь отвала $S_о$, га	
Модель автосамосвала	
Модель бульдозера	
Длина участка разгрузки $L_р$, м	
Общая длина отвального фронта $L_о$, м	
Высота предохранительного вала $h_в$, м	
База автосамосвала B, м	
Ширина бермы безопасности $Б$, м	
Фактическое расстояние между бровкой отвала и осью заднего колеса при разгрузке A,м	
Коэффициент заваленности $k_{зав}$	
Сменный объем бульдозерных работ $Q_б$, м^3/смену	
Производительность бульдозера $П_б$, м^3/смену	
Рабочий парк бульдозеров $N_б$, шт.	
Инвентарный парк бульдозеров $N_{б.и}$, шт.	

Практическая работа № 3
ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НА УСТУПЕ

Цель работы: освоить методику планирования объемов горных работ по процессам в течение месяца.

Задачи работы:

1. Расчет переходящих объемов горной массы на месяц, следующий за планируемым.
2. Расчет номинальных объемов работ по процессам.
3. Определение оптимального объема взрывного блока и числа взрывов в панели за месяц.
4. Определение расчетных объемов работ по процессам.
5. Установление фактических переходящих резервов.
6. Выделение расчетных зон на уступе и оценка выполненности плана буровых и выемочных работ.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [4, с. 84-94] изучить принципы и порядок планирования объемов работ по процессам, расчетные зависимости, этапы планирования, выделение рабочих зон в выемочной панели.

Исходные условия

Общие условия:

- Уральский регион;
- число смен в сутки $n_{см} = 3$;
- предусмотрен планово-технический ремонт в течение месяца:
  - экскаватора длительностью 9 смен;
  - бурстанка – 12 смен.

В соответствии с вариантом (табл. 3.1) задаются:

- модель экскаватора;
- вид карьерного транспорта;
- сменная производительность экскаватора $A_э$, м^3/смену;
- сменная производительность бурстанка $A_б$, м^3/смену;
- плановые объемы выемочных работ, тыс. м^3/мес:
  - на планируемый месяц V_i;
  - на последующий месяц V_{i+1};
- перешедшие объемы резервов обуренной горной массы $\vec{B}_{i-1}$, тыс. м^3;
- перешедшие объемы резервов взорванной горной массы $\vec{B}_{i-1}$, тыс. м^3.

Порядок выполнения работы

1. Определяются переходящие объемы обуренной ($\vec{B}_{i+1}$, тыс. м^3) и взорванной ($\vec{B}_{i+1}$, тыс. м^3) на следующий месяц

$$\vec{B}_{i+1} \approx (0{,}3 \div 0{,}7)\, V_{i+1}\,, \qquad (3.1)$$

$$\vec{B}_{i+1} \approx (0{,}5 \div 0{,}7)\, V_{i+1}\,, \qquad (3.2)$$

где V_{i+1} – плановые объемы выемочных работ на месяц, следующий на планируемый месяц, тыс. м^3.

Таблица 3.1

Исходные данные к практической работе № 3
«Планирование процессов на уступе»

№ варианта	Вид транспорта	Экскаватор	Производительность, м^3/смену		Объем месячный, тыс. м^3		Переходящие резервы, тыс. м^3	
			экскаватора, $A_э$	бурового станка, $A_б$	на i-й (V_i)	на (i+1)-й (V_{i+1})	обуренной $\vec{Б}_{i-1}$	взорванной $\vec{В}_{i-1}$
1	Автомобильный	ЭКГ-5А	1800	2500	90	100	0	50
2					100	100	60	0
3					180	140	40	120
4					70	120	30	30
5		ЭКГ-8И	2500	4000	120	150	50	40
6					200	120	10	80
7					60	160	60	20
8					170	120	100	20
9		ЭКГ-12,5	3500	4500	150	100	60	40
10					120	80	40	100
11					60	100	20	20
12					100	80	60	20
13	железнодорожный	ЭКГ-5А	1700	2600	120	80	60	60
14					140	60	40	50
15					160	120	50	20
16					80	100	30	30
17		ЭКГ-8И	2300	3600	200	160	80	40
18					160	200	30	100
19					150	150	120	0
20					240	200	100	120
21		ЭКГ-12,5	3200	4000	200	180	80	100
22					280	240	60	40
23					250	200	50	100
24					160	200	60	60
25		ЭКГ-15	4000	4000	300	320	100	120
26					320	300	150	100
27					360	300	80	140
28					380	350	120	60

2. Определяются номинальные объемы (тыс. м^3) погрузочных, взрывных и буровых работ на планируемый месяц:

погрузочных $Э_i^н = V_i$; (3.3)

взрывных $B_i^н = V_i - \vec{B}_{i-1} + \vec{B}_{i+1}$; (3.4)

буровых $Б_i^н \approx B_i^н - \vec{Б}_{i-1} + \vec{Б}_{i+1}$. (3.5)

3. Определяется оптимальный объем взрывного блока $V_в^{опт}$, тыс. м^3:

$$V_{\text{в}}^{\text{опт}} \approx (5 \div 7) E\, A_{\text{э}}\, k_{\text{тр}}\, k_{\text{к}}\,, \qquad (3.6)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3; $A_{\text{э}}$ – сменная производительность экскаватора, м^3/смену; $k_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий вид транспорта ($k_{\text{тр}}$ =1,0 для автотранспорта, $k_{\text{тр}}$ =1,2÷1,4 для железнодорожного транспорта); $k_{\text{к}}$ – коэффициент, учитывающий климатические условия ($k_{\text{к}}$ =1,0 для Урала).

4. Принимается расчетный объем взрывного блока ($V_{\text{в}}^{\text{р}}$, тыс. м^3), который должен находиться в диапазоне значений оптимального взрывного блока.

5. Принимается число взрывов в панели за месяц $n_{\text{в}}$ и определяется расчетный объем взрывных работ на планируемый месяц B_i, тыс. м^3

$$B_i = n_{\text{в}} V_{\text{в}}^{\text{р}}\,. \qquad (3.7)$$

Число взрывов $n_{\text{в}}$ и расчетный объем B_i принимается с условием, чтобы он максимально близок к номинальному объему взрывных работ $B_i^{\text{н}}$.

6. Определяются расчетные объемы погрузочных ($Э_i$, тыс. м^3) и буровых ($Б_i$, тыс. м^3) работ

$$Э_i^{\text{н}} = V_i\,, \qquad (3.8)$$

$$Б_i = B_i - \vec{Б}_{i-1} + \vec{Б}_{i+1}\,. \qquad (3.9)$$

7. На схеме выделяются зоны и устанавливаются фактические переходящие объемы обуренной ($\vec{Б}_{i+1}$) и взорванной ($\vec{B}_i$) горной массы.

8. Определяется длительность погрузочных ($T_{\text{э}}$, смен) и буровых ($T_{\text{б}}$, смен) работ:

$$T_{\text{э}} = Э_i / A_{\text{э}}\,, \qquad (3.10)$$

$$T_{\text{б}} = Б_i / A_{\text{б}}\,. \qquad (3.11)$$

9. Определяется фактическое количество рабочих смен в месяце экскаватора ($N_{\text{э}}$, смен) и бурового станка ($N_{\text{б}}$, смен)

$$N_{\text{э}} = n_{\text{дн}} n_{\text{см}} - N_{\text{р}}^{\text{э}}\,, \qquad (3.12)$$

$$N_{\text{б}} = n_{\text{дн}} n_{\text{см}} - N_{\text{р}}^{\text{б}}\,, \qquad (3.13)$$

где $n_{\text{см}}$ – количество смен работы в сутки ($n_{\text{см}}$ = 3); $n_{\text{дн}}$ – количество рабочих дней в месяце ($n_{\text{дн}}$ = 28÷30); $N_{\text{р}}^{\text{э}}$ – продолжительность нахождения экскаватора в планово-техническом ремонте в течение месяца, смен ($N_{\text{р}}^{\text{э}}$ = 9 смен); $N_{\text{р}}^{\text{э}}$ – продолжительность нахождения бурового станка в планово-техническом ремонте в течение месяца ($N_{\text{р}}^{\text{э}}$ = 12 смен).

10. Определяется возможная производительность экскаватора ($V_{\text{э}}$, м^3/мес) и бурового станка ($V_{\text{б}}$, м^3/мес):

$$V_{\text{э}} = A_{\text{э}} N_{\text{э}}\,, \qquad (3.14)$$

$$V_{\text{б}} = A_{\text{ст}} N_{\text{б}}\,. \qquad (3.15)$$

11. Определяется возможность выполнения плана буровых и выемочных работ:

$V_э \geq Э_i$ – план выемочных работ выполним,

$V_э \geq Б_i$ – план буровых работ выполним.

12. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Расчетные показатели планирования сводятся в таблицу (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Расчетные результаты планирования

Показатель	Результат расчета
Переходящие объемы горной массы на следующий месяц, тыс. м: обуренной $\vec{Б}_{i+1}$ взорванной $\vec{В}_{i+1}$	
Номинальные объемы работ, тыс. м^3: погрузочных $Э_i^н$ взрывных $В_i^н$ буровых $Б_i^н$	
Объем взрывного блока, тыс. м^3: оптимальный $V_в^{опт}$ расчетный принятый $V_в^р$	
Число взрывов в панели за месяц $n_в$	
Расчетные объемы, тыс. м^3: погрузочных $Э_i$ взрывных $В_i$ буровых $Б_i$	
Фактические переходящие резервы, тыс. м^3: обуренной горной массы $\vec{Б}_{i+1}$ взорванной горной массы $\vec{В}_{i+1}$	
Объем работ по зонам, тыс. м^3: 1 $Э_1$ 2 $В_2$ $Э_2$ 3 $Б_3$ $В_3$ $Э_3$ 4 $Б_4$ $В_4$ 5 $Б_5$	
Длительность работ, машино-смен: погрузочных $Т_э$ буровых $Т_э$	
Возможная производительность, тыс. м^3/мес: экскаватора $V_э$ бурстанка $V_б$	

Графическая часть представляется схемой рабочих зон на уступе, где указываются номер зоны, объемы и виды работ [4, с. 87, рис. 3.2].

Рекомендуемая литература

1. Ржевский, В. В. Открытые горные работы. Производственные процессы : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых" / В. В. Ржевский. - Изд. 8-е. - Москва: ЛЕНАНД, 2016. - 512 с.

2. Репин, Н. Я. Перемещение и складировании е горных пород: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горные работы" направления подготовки "Горное дело" / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. - Изд. 2-е, стер. - Москва: Горная книга, 2016. - 221 с.: рис., табл., фот. - (Процессы открытых горных работ; № 9).

3. Репин, Н. Я. Практикум по дисциплине "Процессы открытых горных работ": учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горны работы" направления подготовки "Горное дело" / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. - [2-е изд., стер.]. - Москва: Горная книга, 2018. - 156 с.: рис., табл. - (Процессы открытых горных работ; № 7).

4. Сорокин Л.А. Взаимодействие процессов на карьерах. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 96 с.

5. Процессы открытых горных работ. Выемочно-погрузочные работы: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, Д. А. Шлохин, И. А. Глебов; под ред. Ю. И. Леля; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 53 с.

6. Томаков П. И. Структуры комплексной механизации карьеров с техникой циклического действия. – М.: Недра, 1976. – 232 с.

7. Русский И. И. Отвальное хозяйство карьеров. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1971. – 240 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

Практическая работа № 1 «Расчет параметров экскаваторных отвалов» 4

Практическая работа № 2 «Расчет параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»..... 13

Практическая работа № 3 «Планирование процессов на уступе» 22

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

С. В. Исаков, О. В. Мусихина, А. Л. Костин

ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Геомеханика»
для студентов специальности
21.05.04 – «Горное дело»
специализации «Открытые горные работы»

Екатеринбург
2018

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

С. В. Исаков, О. В. Мусихина, А. Л. Костин

ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Геомеханика»
для студентов специальности
21.05.04 – «Горное дело»
специализации «Открытые горные работы»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

И 85

Р е ц е н з е н т: Лель Ю. И., профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой разработки месторождений открытым способом УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом (протокол № 305 от 12 февраля 2016 г.) и рекомендовано к изданию в УГГУ.

Исаков С. В., Мусихина О. В., Костин А. Л.

ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Геомеханика» для студентов специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Открытые горные работы». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 29 с.

Учебно-методическое пособие включает методики выполнения лабораторных работ, варианты заданий и справочные сведения для расчетов параметров уступов и бортов карьера.

Учебно-методическое пособие может быть использовано в курсовом и дипломном проектировании.

© Уральский государственный горный университет, 2018
© Исаков С. В., Мусихина О. В., Костин А. Л. , 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 4

1. Средневзвешенные расчетные данные..... 5

2. Построение поверхности скольжения..... 13

3. Расчет удерживающих и сдвигающих сил..... 16

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.... 23

ПРИЛОЖЕНИЯ..... 24

Приложение 1 – Исходные данные для самостоятельных занятий.....
Ошибка! Закладка не определена.

Приложение 2 – Определение центра тяжести.....
Ошибка! Закладка не определена.

ВВЕДЕНИЕ

Горные инженеры должны владеть основами метода расчетов устойчивости бортов карьеров, так как эта проблема имеет огромное экономическое значение помимо безопасности работ. Уменьшение угла погашения борта карьера даже на 1 градус влечет значительное увеличение объемов вскрыши. С другой стороны, увеличение угла может привести к обвалам, оползням, нарушению ритма работы карьера, к экономическому ущербу.

Институт ВНИМИ разработал методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров [1]. Методика предлагает двенадцать типовых расчетных схем, в том числе некоторые схемы включают по два, четыре варианта условий залегания пород. Выбор схемы расчета зависит от формы поверхности скольжения, метода сложения поверхностных и объемных сил, криволинейности бортов в разрезе и плане.

В данной работе используется методика для определения максимально допустимой высоты вертикального откоса и ширины призмы обрушения при благоприятном залегании поверхностей ослабления: пласты падают в сторону массива, горизонтальны, вертикальны или падают в сторону выемки под углом, меньшим угла внутреннего трения по контактам слоев $\rho_к$.

В более сложных условиях следует применять методики, в которых учитываются горнотехнические факторы: например, угол откоса α, глубина H, направления простирания пластов относительно падения β, дополнительные нагрузки от оборудования, дополнительные нагрузки от сейсмических воздействий взрывов, криволинейность бортов.

Проверка устойчивости производится в следующем порядке:

1. Определение средневзвешенных расчетных данных.
2. Построение поверхности скольжения на профиле откоса борта.
3. Построение эпюры удерживающих и сдвигающих сил.
4. Определение расчетного коэффициента запаса устойчивости и сравнение его с нормативным.

Исходные данные

Исходными данными для лабораторной работы являются результаты лабораторной работы «Определение оптимальных параметров конструкции нерабочего борта карьера» [2].

По согласованию с преподавателем или при использовании данного методического пособия в самоподготовке студентов можно использовать данные из «Приложение 1».

1. Средневзвешенные расчетные данные

Расчетные величины при горизонтальном расположении слоев определяются как средневзвешенные.

⚠ *Во всех дальнейших расчетах следует использовать* ***расчетные*** *значения характеристик горных пород.*

1.1. Усредненный удельный вес ($\psi_{ср}$):

$$\psi_{ср} = \frac{\psi_1 \cdot m_1 + \psi_2 \cdot m_2 + \psi_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3}, \text{ кН/м}^3, \qquad (1.1)$$

где m_1, m_2 и m_3 – мощности слоя покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород, м;

ψ_1, ψ_2 и ψ_3 – удельный вес соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород, кН/м^3.

1.2. Средневзвешенный коэффициент сцепления ($k_{ср}$):

$$k_{ср} = \frac{k_1 \cdot l_1 + k_2 \cdot l_2 + k_3 \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3}, \text{ МПа}, \qquad (1.2)$$

где l_1, l_2 и l_3 – длины участков линии скольжения соответственно в покрывающих, выветрелых и невыветрелых породах, м;

k_1, k_2 и k_3 – коэффициенты сцепления в монолите соответственно в покрывающих, выветрелых и невыветрелых породах, МПа.

Для того чтобы определить значения l_1, l_2 и l_3 необходимо построить упрощенную схему линии скольжения. Дугу линии скольжения проводят следующим образом (Рис. 1.1):

а) Строим упрощенную схему борта карьера высотой $H_б$ и углом откоса $\varphi_б^к$ (Рис. 1.1, а);

б) От верхней бровки откоса (точка В) по верхней площадке отмеряем расстояние равное $0{,}25 \cdot H_б$ (рис. 1.1, б).

в) Из точки С проводим луч под углом сдвига наиболее прочных пород Θ_0 к вертикали. Из точки А проводим луч под углом Θ_0 к откосу АВ (рис. 1.1, в).

$$\Theta_0 = 45° - \frac{\rho_3}{2}, \qquad (1.3)$$

где ρ_3 – угол внутреннего трения пород нижнего слоя, в данном случае - невыветрелых пород.

г) Из точек А и С строим перпендикуляры к лучам. Точку пересечения перпендикуляров обозначим О (рис. 1.1, г).

д). Из точки А до пересечения с верхней площадкой строим дугу с центром в точке О и радиусом ОА (рис. 1.1, д).

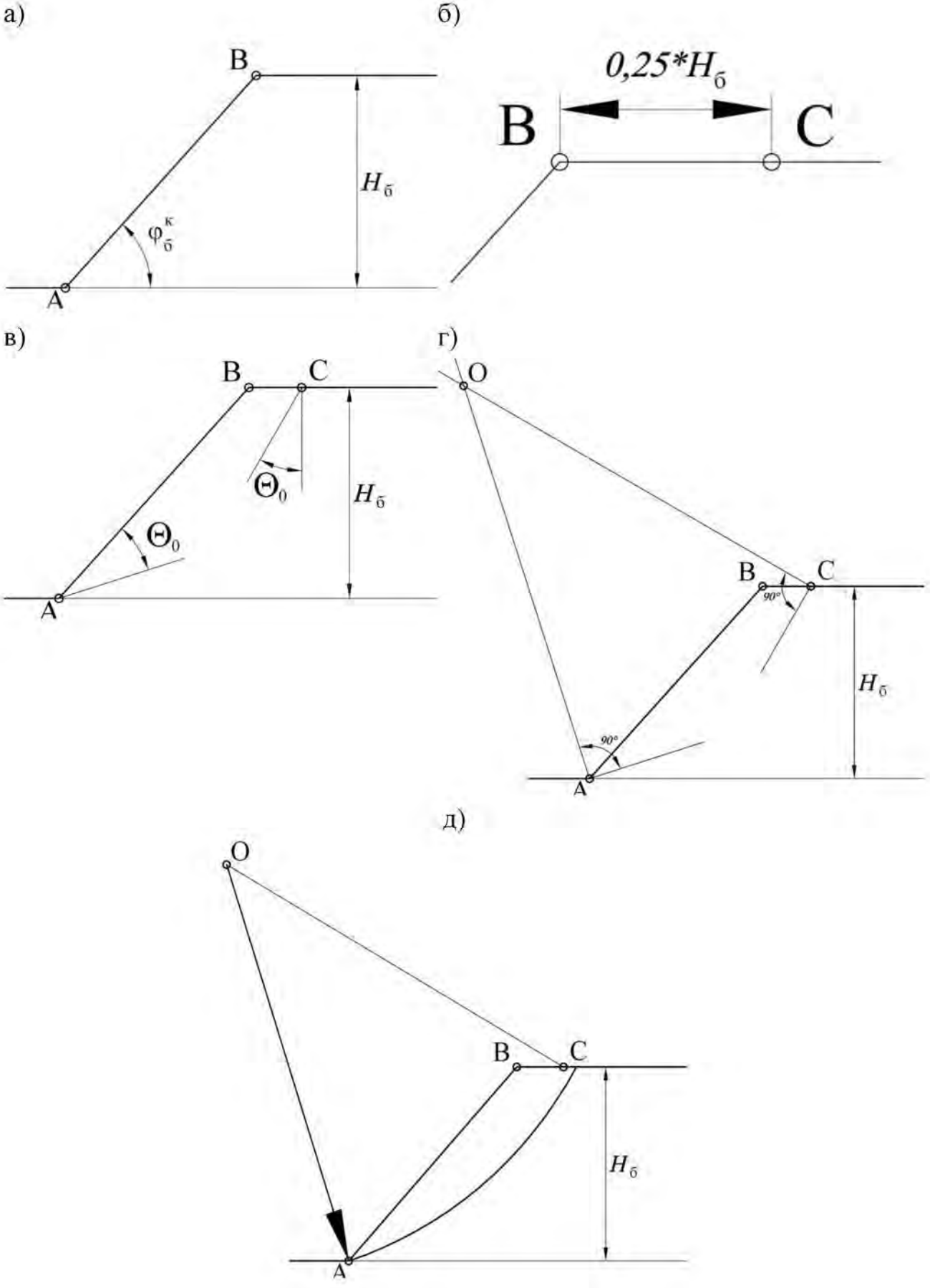


Рис. 1.1. Порядок построения упрощенной схемы линии скольжения

На получившейся схеме измеряем величины l_1, l_2 и l_3 (Рис. 1.2).

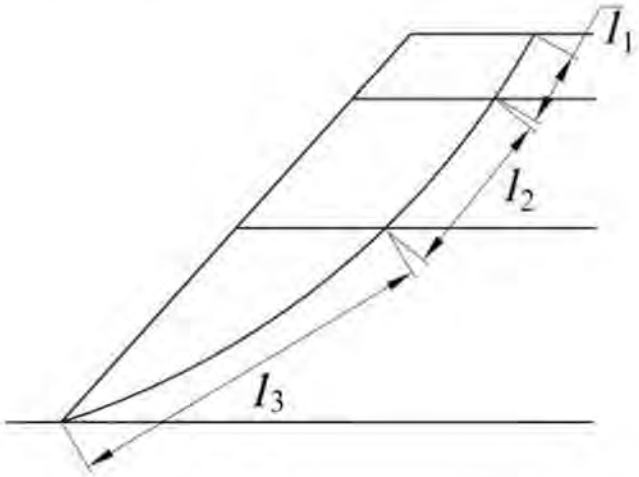


Рис. 1.2. Порядок построения упрощенной схемы линии скольжения

1.3. Усредненный угол внутреннего трения ($\rho_{ср}$):

$$\rho_{ср} = \text{arctg}\frac{\text{tg}\,\rho_1 \cdot l_1 \cdot \sigma_1 + \text{tg}\,\rho_2 \cdot l_2 \cdot \sigma_2 + \text{tg}\,\rho_3 \cdot l_3 \cdot \sigma_3}{l_1 \cdot \sigma_1 + l_2 \cdot \sigma_2 + l_3 \cdot \sigma_3}, \qquad (1.4)$$

где σ_1, σ_2 и σ_3 – нормальные напряжения, действующие на участках соответственно l_1, l_2 и l_3, Па. Их значения вычисляются по формуле (1.5);

ρ_1, ρ_2 и ρ_3 – углы внутреннего трения соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород.

1.3.1. Для определения величин σ_1, σ_2 и σ_3 производятся дополнительные построения (рис. 1.3):

а) Из концов отрезков l_1, l_2 и l_3 восстанавливаем вертикальные линии, которые делят призму ABD на блоки (рис. 1.3, а).

б) Для каждого блока находим центр тяжести (см. Приложение 2) и проецируем его на линию скольжения (рис. 1.3, б).

в) Проводим лучи из центра дуги (точка О) через полученные точки. Они является направлением действия нормальных сил σ_1, σ_2 и σ_3(рис. 1.3, в).

г) Определим углы β_1, β_2 и β_3соответственно между направлениями σ_1, σ_2 и σ_3 и вертикалью (рис. 1.3, г).

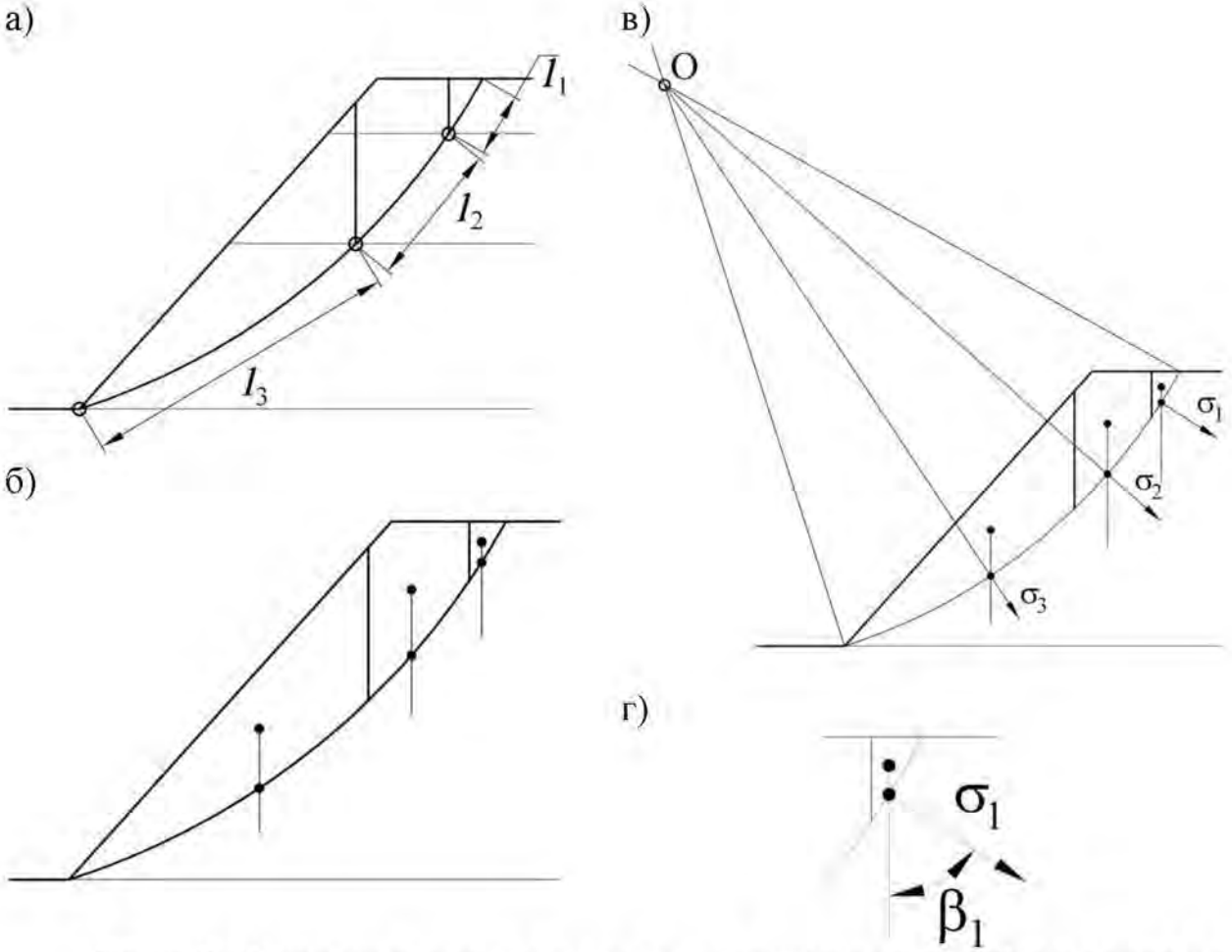


Рис. 1.3. Схема определения нормальных напряжений, действующих на расчетных участках

Величины σ_1, σ_2 и σ_3 определим по формуле:

$$\sigma_i = \psi_i^{\text{блока}} \cdot h_i \cdot \cos^2 \beta_i, \text{ Па}, \quad (1.5)$$

где $\psi_i^{\text{блока}}$ – средняя плотность *i*-го вертикального блока, кг/м^3. Вычисляется по формуле (1.6);

h_i – высота *i* блока, м (см. рис. 1.4).

1.3.2. Средний удельный вес вертикального *i*-го блока ($\psi_i^{\text{блока}}$):

$$\psi_i^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_i^1 + \psi_2 \cdot S_i^2 + \psi_3 \cdot S_i^3}{S_i^1 + S_i^2 + S_i^3}, \quad (1.6)$$

где S_i^1, S_i^2 и S_i^3 – площадь соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород в вертикальном блоке *i*, м^2 (см. рис. 1.5);

ψ_1, ψ_2 и ψ_3 – удельный вес соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород, Н/м^3.

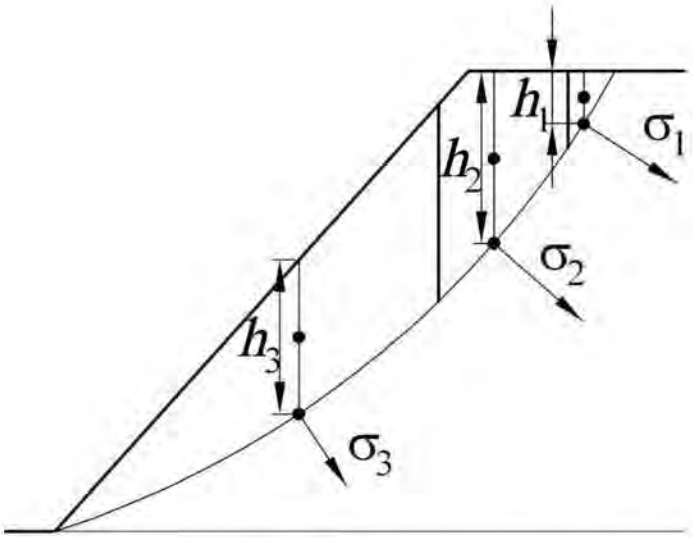
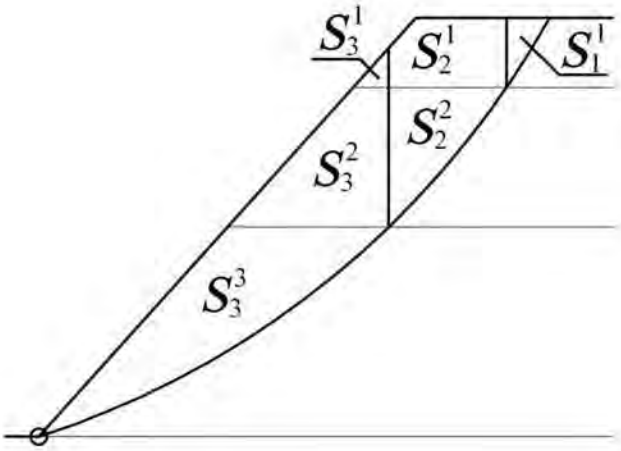


Рис. 1.4. Схема определения значений высоты блоков



Блок 1

$$\psi_1^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_1^1}{S_1^1}$$

Блок 2

$$\psi_2^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_2^1 + \psi_2 \cdot S_2^2}{S_2^1 + S_2^2}$$

Блок 3

$$\psi_3^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_3^1 + \psi_2 \cdot S_3^2 + \psi_3 \cdot S_3^3}{S_3^1 + S_3^2 + S_3^3}$$

Рис. 1.5. Пример определения значений средних удельных весов вертикальных блоков

Определим средневзвешенные величины:

1.1. Средневзвешенный удельный вес ($\psi_{ср}$):

$$\psi_{ср} = \frac{\psi_1 \cdot m_1 + \psi_2 \cdot m_2 + \psi_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3} =$$

$$= \frac{25{,}0 \cdot 16 + 26{,}5 \cdot 24 + 27{,}2 \cdot 32}{16 + 24 + 32} = \frac{399{,}84 + 636{,}00 + 870{,}40}{72} = 26{,}5, \frac{кН}{м^3}.$$

1.2. Средневзвешенный коэффициент сцепления:

Для того, чтобы определить длины участков линии скольжения в покрывающих, выветрелых и невыветрелых породах, строим упрощенную схему линии скольжения (Рис. 1.6).

На получившейся схеме измеряем величины l_1 = 14,21, l_2 = 31,4 и l_3 = 70,11.

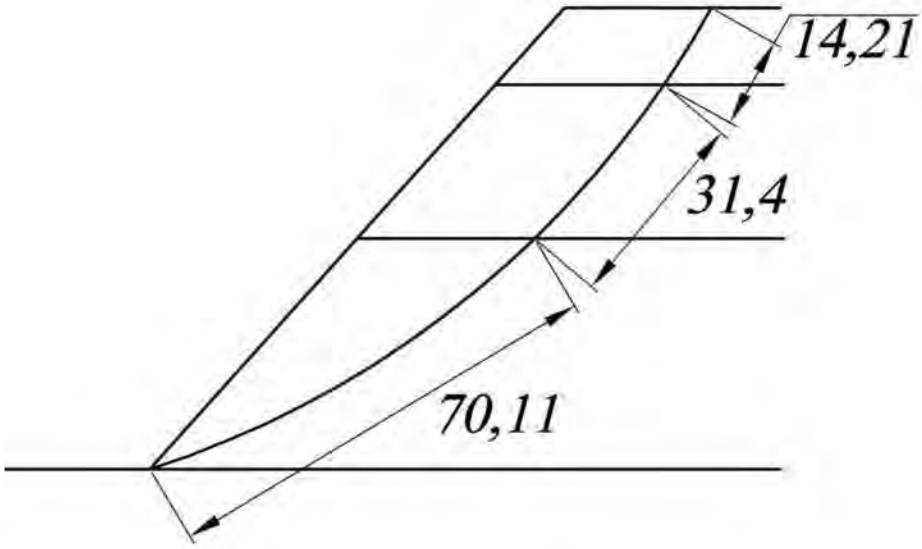


Рис. 1.6. Пример определения длин участков линии скольжения в различных типах пород

Вычисляем средневзвешенный коэффициент сцепления:

$$k_{ср} = \frac{k_1 \cdot l_1 + k_2 \cdot l_2 + k_3 \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3} =$$

$$= \frac{4{,}17 \cdot 14{,}21 + 58{,}92 \cdot 31{,}4 + 81{,}67 \cdot 70{,}11}{14{,}21 + 31{,}4 + 70{,}11} =$$

$$= \frac{59{,}26 + 1850{,}09 + 5725{,}88}{115{,}72} = \frac{7635{,}23}{115{,}72} = 65{,}9, \text{ кПа.}$$

1.3. Средневзвешенный угол внутреннего трения ($\rho_{ср}$):

Для определения величин нормальных напряжений на участках производим дополнительные построения (Рис. 1.7):

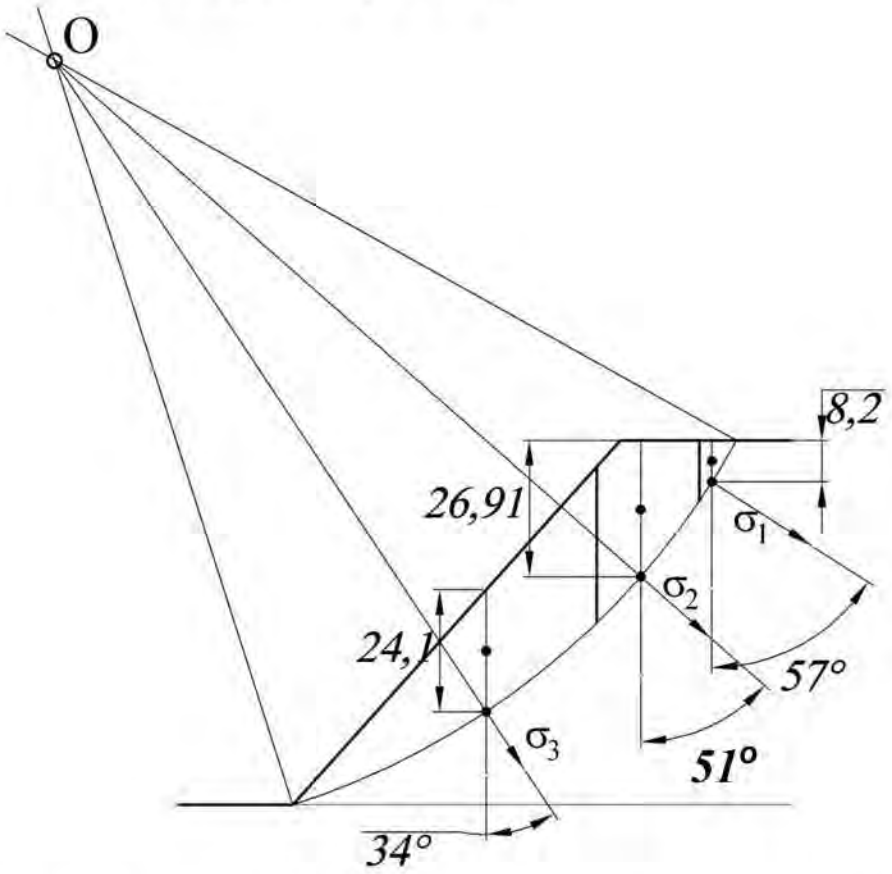


Рис. 1.7. Пример определения величин нормальных напряжений

Площади, занимаемые соответственно покрывающими, выветрелыми и невыветрелыми породами в первом, втором и третьем вертикальных блоках указаны на рис. 1.8.

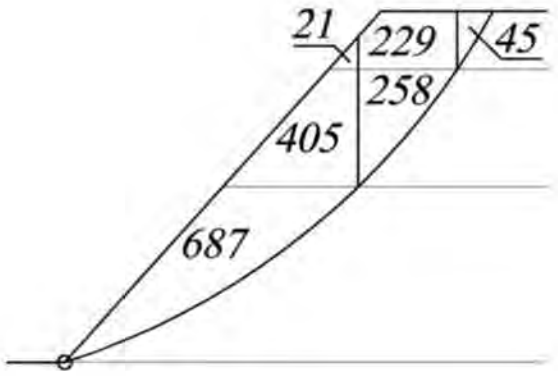


Рис. 1.8. Пример определения площадей, занимаемых соответственно покрывающими, выветрелыми и невыветрелыми породами, распределенных по вертикальным блокам

Средняя плотность каждого вертикального блока равна:

Блок №1

$$\psi_1^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_1^1}{S_1^1} = \frac{25{,}0 \cdot 45}{45} = 25{,}0, \text{ кН.}$$

Блок №2

$$\psi_2^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_2^1 + \psi_2 \cdot S_2^2}{S_2^1 + S_2^2} =$$

$$= \frac{25{,}0 \cdot 229 + 26{,}5 \cdot 258}{229 + 258} = \frac{5725{,}00 + 6837{,}00}{487} = 25{,}8, \text{ кН.}$$

Блок №3

$$\psi_3^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_3^1 + \psi_2 \cdot S_3^2 + \psi_3 \cdot S_3^3}{S_3^1 + S_3^2 + S_3^3} =$$

$$= \frac{25{,}0 \cdot 21 + 26{,}5 \cdot 405 + 27{,}2 \cdot 687}{21 + 405 + 687} = \frac{525 + 10732{,}5 + 18686{,}40}{1113} = 26{,}9, \text{ кН.}$$

Углы β_1, β_2 и β_3 равны соответственно 51°, 49° и 34° (см. рис. 1.7).

Высота первого блока – $h_1 = 8{,}2$ м; второго – $h_2 = 26{,}91$ м; третьего – $h_3 = 24{,}1$ м (см. рис. 1.7).

Определим величины σ_1, σ_2 и σ_3:

$$\sigma_1 = \psi_1^{\text{блока}} \cdot h_1 \cdot \cos^2 \beta_1 = 25{,}0 \cdot 8{,}2 \cdot \cos^2 51° = 81{,}19, \text{ кПа;}$$

$$\sigma_2 = \psi_2^{\text{блока}} \cdot h_2 \cdot \cos^2 \beta_2 = 25{,}8 \cdot 26{,}9 \cdot \cos^2 49° = 298{,}72, \text{ кПа;}$$

$$\sigma_3 = \psi_3^{\text{блока}} \cdot h_3 \cdot \cos^2 \beta_3 = 26{,}9 \cdot 24{,}1 \cdot \cos^2 34° = 445{,}57, \text{ кПа.}$$

Средневзвешенный угол внутреннего трения равен:

$$\rho_{\text{ср}} = \text{arctg} \frac{\text{tg}\,\rho_1 \cdot l_1 \cdot \sigma_1 + \text{tg}\,\rho_2 \cdot l_2 \cdot \sigma_2 + \text{tg}\,\rho_3 \cdot l_3 \cdot \sigma_3}{l_1 \cdot \sigma_1 + l_2 \cdot \sigma_2 + l_3 \cdot \sigma_3} =$$

$$= \text{arctg} \frac{\text{tg}\,29° \cdot 14{,}1 \cdot 81{,}19 + \text{tg}\,33° \cdot 31{,}4 \cdot 298{,}72 + \text{tg}\,35° \cdot 70{,}11 \cdot 445{,}57}{14{,}1 \cdot 81{,}19 + 31{,}4 \cdot 298{,}72 + 70{,}11 \cdot 445{,}57} =$$

$$= \text{arctg} \frac{634{,}56 + 6091{,}32 + 21873{,}72}{1144{,}78 + 9379{,}81 + 31238{,}91} = \text{arctg} \frac{2859960{,}21}{4176349{,}97} = \text{arctg}0{,}685 = 34{,}4°.$$

2. Построение поверхности скольжения

Предварительно рассчитывается высота щели вертикального отрыва (H_{90}) и ширина призмы возможного обрушения (a).

2.1. Высота щели вертикального отрыва:

$$H_{90} = \frac{2k_{ср} \cdot \operatorname{ctg}\left(45° - \rho_{ср}/2\right)}{\psi_{ср}}, \text{ м}, \qquad (2.1)$$

где $\psi_{ср}$ – средневзвешенный удельный вес, кН;

$k_{ср}$ – средний расчетный коэффициент сцепления пород, МПа;

$\rho_р$ – расчетное значение угла внутреннего трения, градусы.

2.2. Ширина призмы возможного обрушения:

$$2a = \frac{2H_б\left(1 - \operatorname{ctg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\left(\left(\alpha + \rho_р\right)/2\right)\right) - 2H_{90}}{\operatorname{ctg}\left(45 - \rho_р/2\right) + \operatorname{tg}\left(\left(\alpha + \rho_р\right)/2\right)}, \text{ м}, \qquad (2.2)$$

где $H_б$ – высота борта карьера, м;

α – результирующий угол откоса борта;

ρ – угол внутреннего трения пород, градусы;

H_{90} – глубина щели вертикального отрыва, м.

Построение наиболее вероятной линии скольжения производится в следующем порядке:

а) От верхней бровки (точка В) верхнего уступа карьера (рис. 2.1, а) откладывается величина призмы обрушения (a = ВС);

б) Из точек В и С вертикально откладываются высоты (H_{90}) – точки В' и С' (рис. 2.1, б);

в) Из точек В' и С' проводятся линии под углом $\Theta_1 = 45° + \rho_{ср}/2$ к горизонту (рис. 2.1, в); точку на пересечении этих линий обозначим буквой D.

г) Из точки D восстанавливается перпендикуляр к отрезку С’D до взаимного пересечения в точке О с перпендикуляром, восстановленным из точки А к направлению AN составляющему с откосом угол $\Theta_0 = 45° - \rho_{ср}/2$ (рис. 2.1, г);

д) Радиусом R = ОА = OD проводится дуга окружности AD с центром в точке О, и линия ADC’C является искомой поверхностью скольжения (рис. 2.1, д).

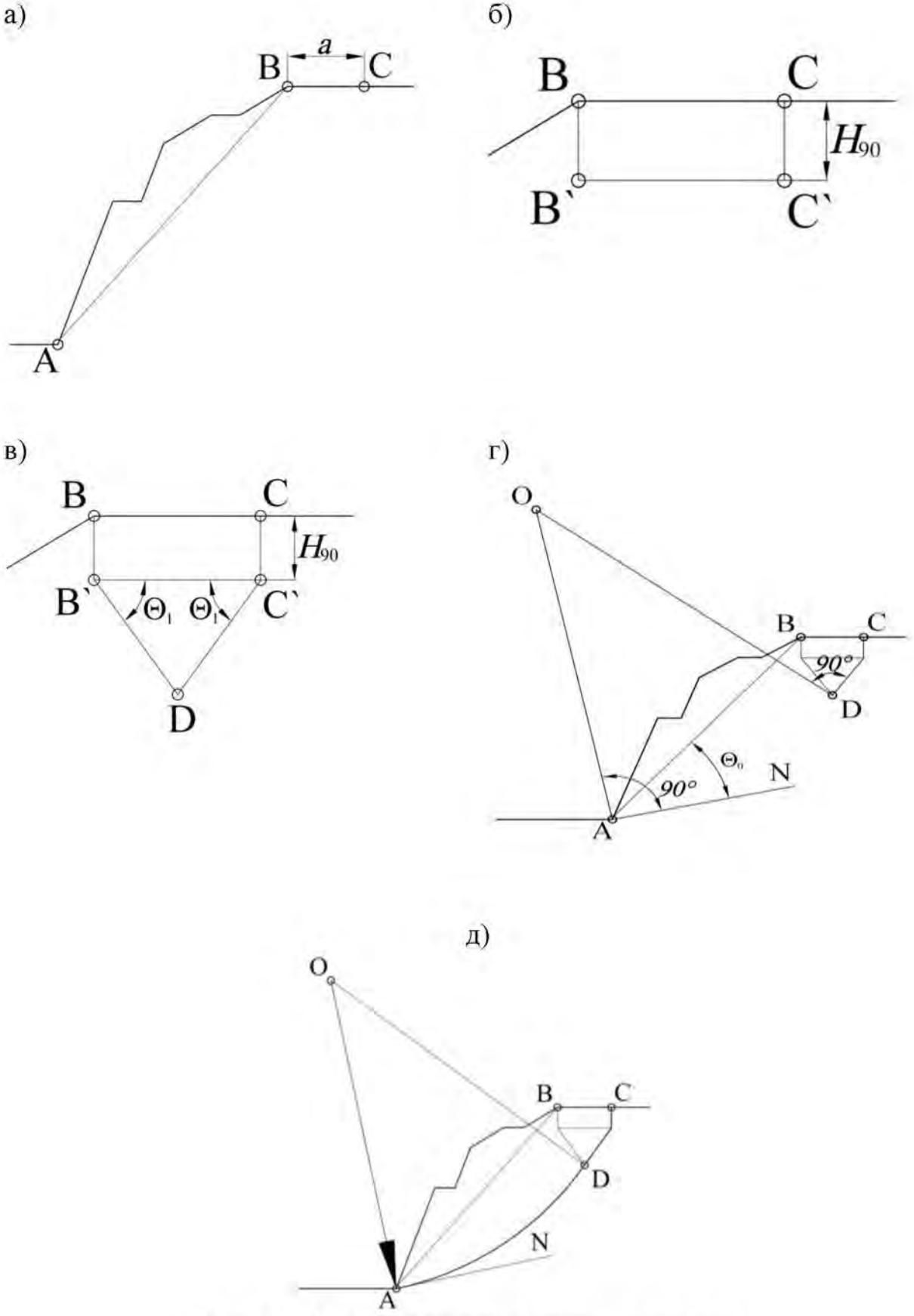


Рис. 2.1. Схема построения линии скольжения

ПРИМЕР 2

Высота щели вертикального отрыва:

$$H_{90} = \frac{2k_{ср} \cdot \operatorname{ctg}\left(45° - \frac{\rho_{ср}}{2}\right)}{\gamma_{ср}} = \frac{2 \cdot 65{,}9 \cdot \operatorname{ctg}\left(45° - \frac{34{,}4}{2}\right)}{26{,}5} = \frac{2 \cdot 65{,}9 \cdot \operatorname{ctg}27{,}8°}{26{,}5} = 9{,}43, \text{ м.}$$

Ширина призмы возможного обрушения:

$$2a = \frac{2H_б\left(1 - \operatorname{ctg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha+\rho}{2}\right)\right) - 2H_{90}}{\operatorname{ctg}\left(45 - \frac{\rho}{2}\right) + \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha+\rho}{2}\right)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 72\left(1 - \operatorname{ctg}48° \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{48° + 34{,}4°}{2}\right)\right) - 2 \cdot 9{,}43}{\operatorname{ctg}\left(45 - \frac{34{,}4°}{2}\right) + \operatorname{tg}\left(\frac{48° + 34{,}4°}{2}\right)} =$$

$$= \frac{144 \cdot (1 - \operatorname{ctg}48° \cdot \operatorname{tg}41{,}2°) - 18{,}86}{\operatorname{ctg}27{,}8° + \operatorname{tg}41{,}2°} = \frac{11{,}61}{2{,}77} = 4{,}19, \text{ м.}$$

Строим наиболее вероятную линию скольжения (Рис. 2.2):

⚠ *Возможны иные варианты построения линии скольжения, которые зависят от геометрических параметров откоса и свойств пород. Например, могут отсутствовать прямолинейный участок и верхняя горизонтальная площадка призмы скольжения [3]*

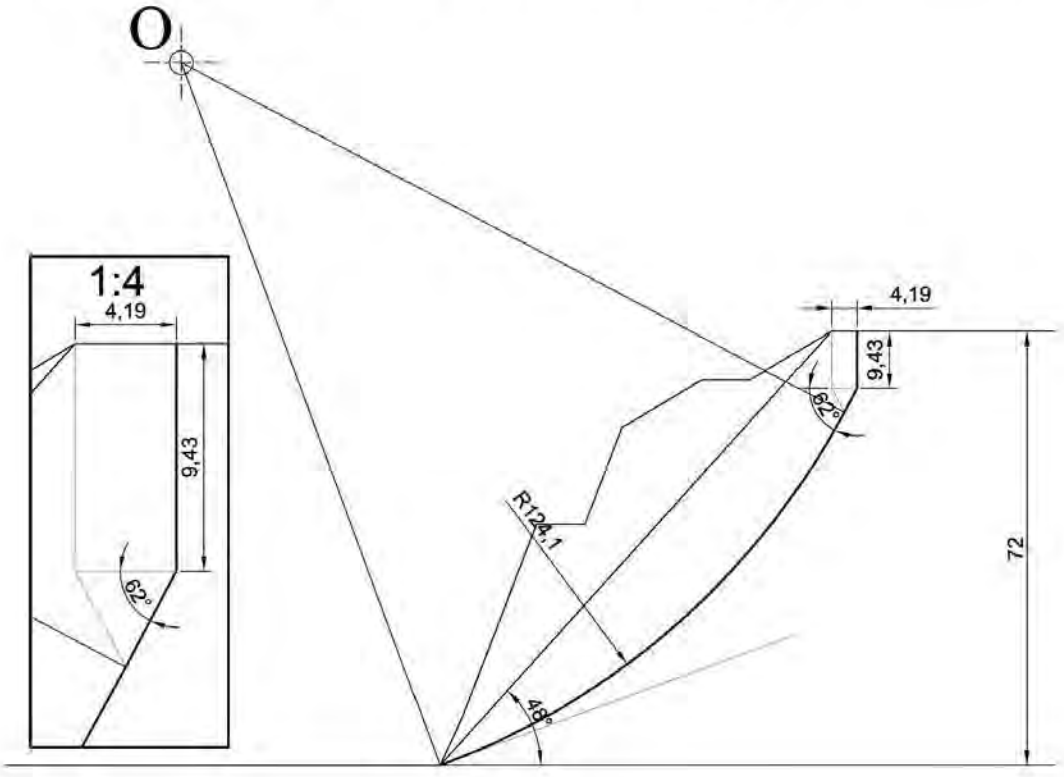


Рис. 2.2. Пример построения линии скольжения

3. Расчет удерживающих и сдвигающих сил

3.1. Горная масса выше поверхности скольжения (призма обрушения) разбивается на ряд вертикальных блоков (Рис. 3.1). Причем, чем больше блоков, тем точнее будут расчеты. Для данного учебного расчета достаточно разбить призму скольжения на 6-8 блоков (Рис. 3.2).

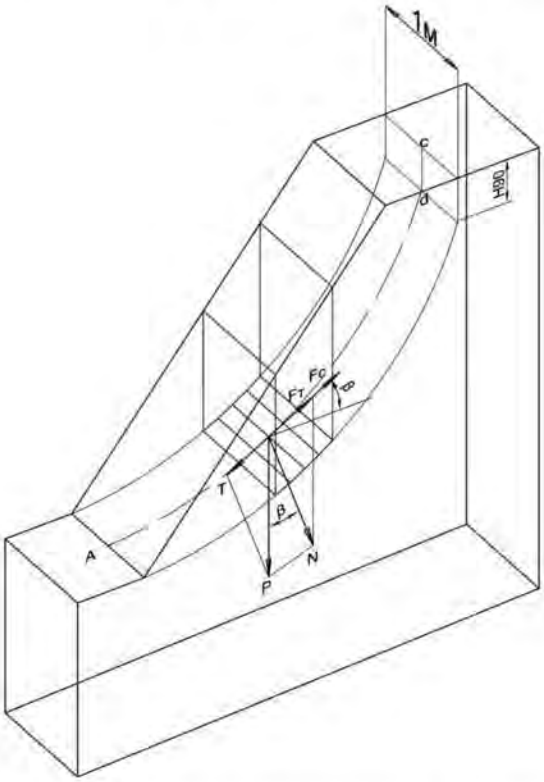


Рис. 3.1. Силы, действующие в блок

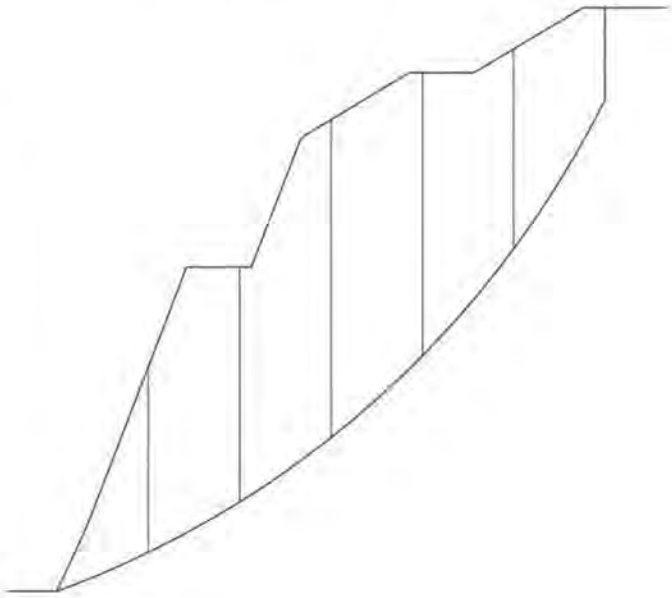


Рис. 3.2. Разбивка массива на блоки

Желательно соблюдать правило: в основании одного блока должна находиться порода одного типа [4].

Необходимые для расчета данные получают замером их на чертеже.

3.2. Вес горной массы в блоке j (P_j), действующий на поверхность скольжения (Рис.3.3), можно представить, как:

$$P_j = S_j \cdot \psi_{ср}, \text{ кН}, \qquad (3.1)$$

где S_j – площадь вертикального блока на сечении (рис. 3.4) м^2;

$\psi_{ср}$ – средневзвешенный удельный вес, кН/м^3.

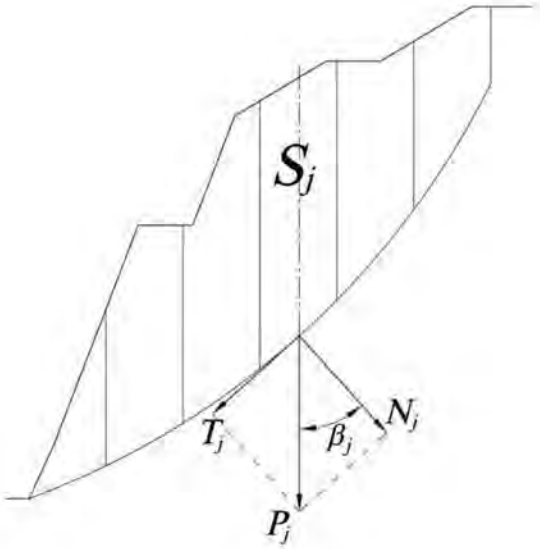


Рис. 3.3

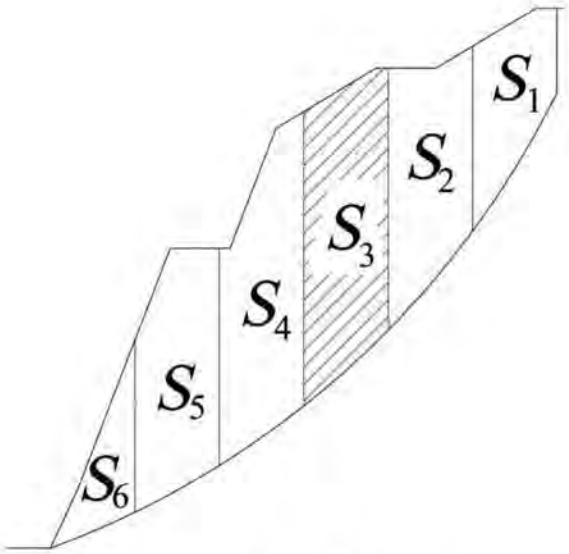


Рис. 3.4

3.3. По каждому блоку j определяется касательная (T_j) и нормальная (N_j), составляющие вектора силы тяжести P_j (Рис.3.4):

Для этого в каждом блоке (j) измеряется угол (β_i) между векторами P и N. Значения сдвигающей и удерживающей сил вычисляются соответственно по формулам (3.2) и (3.3).

$$N_j = P_j \cdot \cos\left(\beta_j\right), \text{ кН}, \tag{3.2}$$

$$T_j = P_j \cdot \sin\left(\beta_j\right), \text{ кН}, \tag{3.3}$$

где P_j – вес горной массы в блоке j, кН;

β_j – угол между векторами P и N, градусы.

Полученные значения записываем в таблицу 3.1.

3.4. Определяем значения удерживающих сил в каждом блоке.

Сила трения ($F_j^{\text{тр}}$):

$$F_j^{\text{тр}} = N_j \cdot \text{tg}\left(\rho_{\text{ср}}\right), \text{ кН}, \tag{3.4}$$

где N_j – нормальная составляющая силы тяжести, кН;

$\rho_{\text{ср}}$ – усредненный угол внутреннего трения, градусы.

Полученные значения записываем в таблицу 3.1.

Сила сцепления ($F_j^{\text{сц}}$):

$$F_j^{\text{сц}} = k_j \cdot l_j, \text{ кН}, \tag{3.5}$$

где k_j – сцепление в блоке j, кПа (1000 кПа = 1 МПа);

l_j – длина основания блока, м.

⚠ *Сцепление в блоке принимается равным сцеплению в том типе пород, в которых находится основание блока (см. пример 3)*

Полученные значения записываем в таблицу 3.1.

3.5. По данным таблицы 3.1 вычисляем суммы удерживающих и сдвигающих сил по всей линии скольжения.

3.6. Вычисляем значение коэффициента запаса устойчивости:

$$\eta_p = \frac{\sum F_j^{тр} + \sum F_j^{сц}}{\sum T_j}, \qquad (3.6)$$

3.7. Делаем вывод:

Еслирассчитанный коэффициент запаса устойчивости больше или равен единице, то это означает, что борт устойчив.

Если меньше, то возможно обрушение борта. В этом случае необходимо принять меры по выхолаживанию или укреплению борта.

Таблица 3.1 Расчет сил по линии скольжения

№ блока (j)	Площадь блока j,(S_j), м^2	Угол наклона (β_j), град.	Сила тяжести в блоке P_j, кН	Нормальная сила (N_j), кН	Касательная сила (T_j),кН	Сила трения ($F_j^{тр}$), кН	Сцепление в блоке j (k_j), кПа	Длина основания блока(l_j), м	Сила сцепления ($F_j^{сц}$), кН
1									
2									
3									
4									
5									
6									
…									
n									
$\sum_{сил}$					$\sum_{j=1}^{n} T_j$	$\sum_{j=1}^{n} F_j^{тр}$			$\sum_{j=1}^{n} F_j^{сц}$

ПРИМЕР 3

Разбиваем призму обрушения на семь вертикальных блоков. Первый сверху блок опирается на покрывающие породы, второй и третий на выветрелые, а последующие на свежие скальные породы (Рис. 3.5).

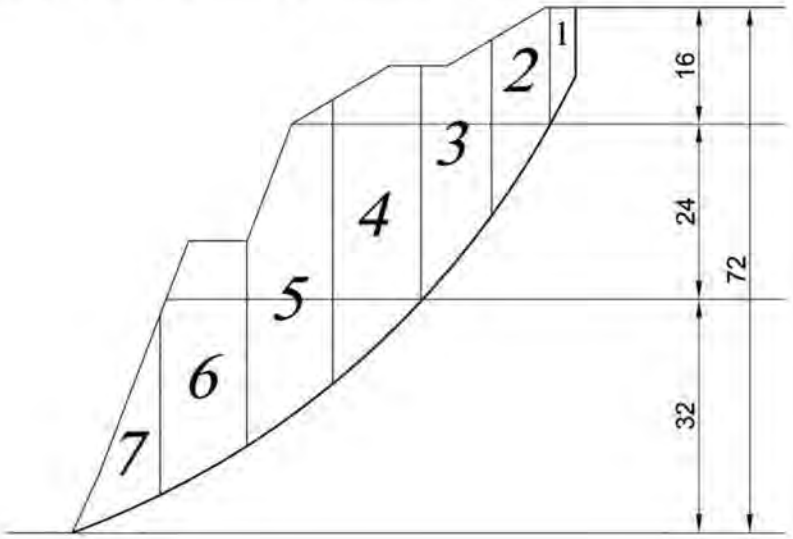


Рис. 3.5. Расчет удерживающих и сдвигающих сил

По чертежу определяем площадь каждого блока. Результаты измерений записываем в таблицу 3.2.

Вычисляем вес горной массы в каждом блоке по формуле:

$$P_j = S_j \cdot \psi_{ср}, \text{ кН},$$

где S_j – площадь вертикального блока на сечении, м^2;

$\psi_{ср}$ – усредненный удельный вес, кН/м^3.

Результаты вычислений записываем в таблицу 3.2.

Из точки О (см. п. 1.2.) проводим лучи через середину основания каждого из блоков (Рис. 3.6, а). Направление этих лучей соответствует направлению нормальной составляющий вектора силы тяжести (см. рис. 3.3).

Из середины основания каждого блока проводим вниз вертикальную линию (Рис.3.6, б). Направление этих лучей соответствует направлению вектора силы тяжести (см. рис. 3.4).

Измеряем угол между направлениями нормальной составляющей и вектором силы тяжести (рис. 3.6, в). Результаты измерений заносим в таблицу 3.2.

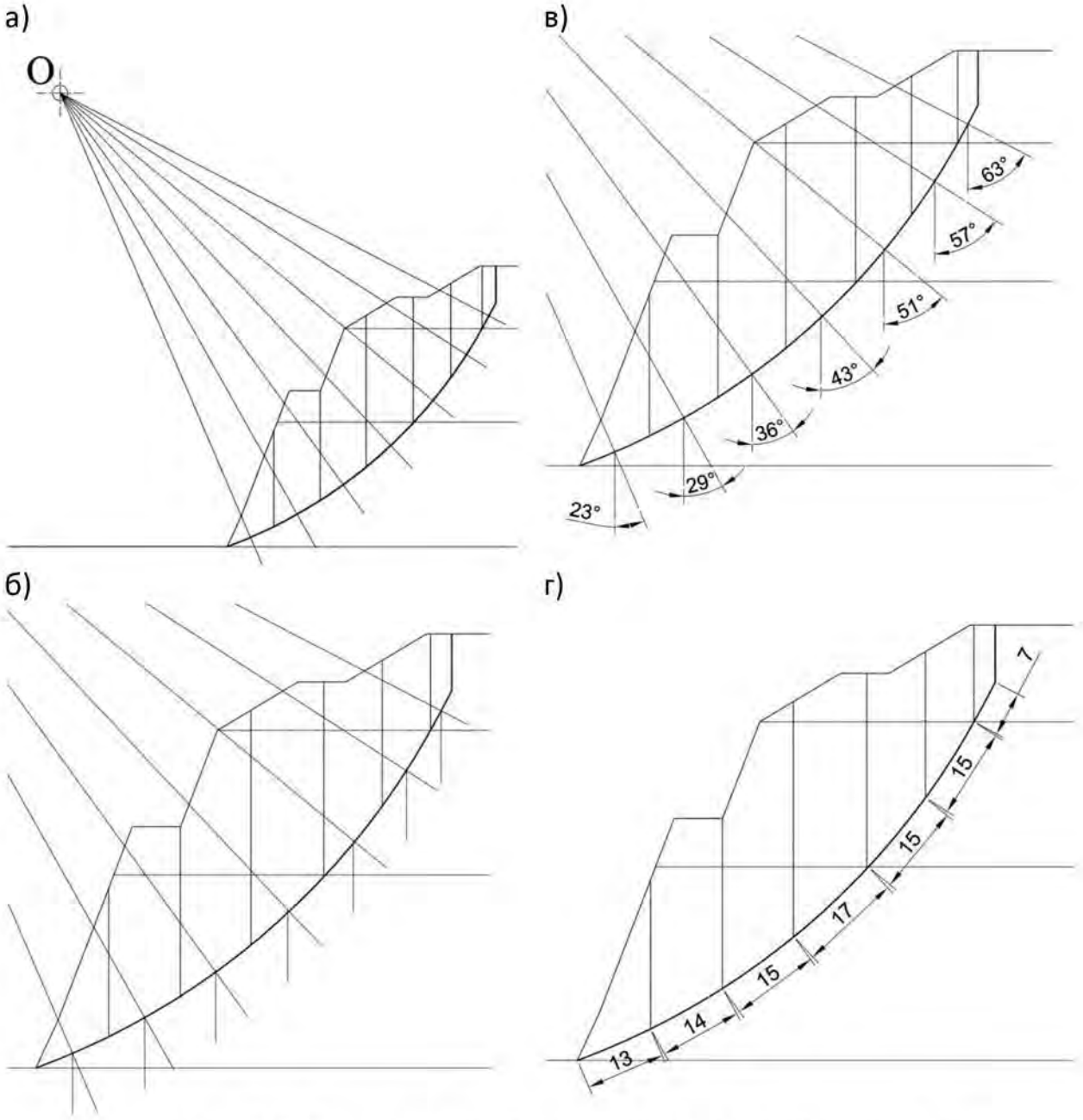


Рис. 3.6. Определение сдвигающих и удерживающих сил

Для каждого блока вычисляем значение нормальной составляющей вектора силы тяжести (N_j) по формуле:

$$N_j = P_j \cdot \cos\left(\beta_j\right), \text{ кН},$$

где P_j – вес горной массы в блоке j, кН;

β_j – угол между векторами P_j, и N_j, градусы.

Результаты расчетов заносим в таблицу 3.2.

Для каждого блока вычисляем значение касательной составляющей вектора силы тяжести (T_j) по формуле:

$$T_j = P_j \cdot \sin\left(\beta_j\right), \text{ кН.}$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 3.2.

Значение силы трения ($F_j^{тр}$) вычисляем по формуле:

$$F_j^{тр} = N_j \cdot \text{tg}\left(\rho_{ср}\right), \text{ кН,}$$

где N_j – нормальная составляющая силы тяжести, кН;

$\rho_{ср}$ – усредненный угол внутреннего трения, градусы.

Полученные значения записываем в таблицу 3.2.

Заносим в таблицу 3.2 значение сцепления для каждого блока:

для первого блока (покрывающие породы) – 4,2 кПа;

для блоков 2 и 3 (выветрелые породы) – 58,9 кПа;

для блоков с 4 по 7 (свежие породы) – 81,7 кПа.

На чертеже измеряем длины основания каждого блока (рис.3.6, г). Полученные значения записываем в таблицу 3.2.

Вычисляем значение силы сцепления ($F_j^{сц}$) по формуле:

$$F_j^{сц} = k_j \cdot l_j \text{ , кН,}$$

где k_j – сцепление в блоке j, кПа;

l_j – длина основания блока, м.

Полученные значения записываем в таблицу 3.2.

Вычисляем суммы удерживающих и сдвигающих сил по всей линии скольжения (см. таблицу 3.2)

Таблица 3.2. Пример расчета сил по линии скольжения

№ блока (j)	Площадь блока j,(S_j), м^2	Угол наклона (β_j), град.	Сила тяжести в блоке P_j, кН	Нормальная сила (N_j), кН	Касательная сила(T_j),кН	Сила трения ($F_j^{тр}$), кН	Сцепление в блоке j (k_j), кПа	Длина основания блока(l_j), м	Сила сцепления ($F_j^{сц}$), кН
1	45	63	1192,5	541,4	1062,5	370,7	4,2	7,0	29,2
2	162	57	4293,0	2338,1	3600,4	1601,0	58,9	15,0	883,8
3	265	51	7022,5	4419,4	5457,5	3026,0	58,9	15,0	883,8
4	439	43	11633,5	8508,2	7934,0	5825,7	81,7	17,0	1388,4
5	427	36	11315,5	9154,4	6651,1	6268,2	81,7	15,0	1225,1
6	354	29	9381,0	8204,8	4548,0	5617,9	81,7	14,0	1143,4
7	141	23	3736,5	3439,5	1460,0	2355,1	81,7	13,0	1061,7
$\sum$сил					30713,5	25064,6			6615,4

Вычисляем значение коэффициента запаса устойчивости.

$$\eta_р = \frac{\sum F_j^{тр} + \sum F_j^{сц}}{\sum T_j} = \frac{25064{,}6 + 6615{,}4}{30713{,}5} = \frac{31680{,}0}{30713{,}5} = 1{,}03.$$

ВЫВОД:

Так как, в данном случае, рассчитанный коэффициент запаса устойчивости больше единицы, можно утверждать, что борт устойчив.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. - Л: ВНИМИ, 1972, -166 с.
2. С. В. Исаков, О. В. Мусихина, Р. С. Ганиев. Методические указания по определению оптимальных параметров конструкции нерабочего борта карьера. г. Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2014 г.–27 с.

3.б.

4. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. - М: Недра, 1975, -279 с.
5. Черчинцева Т.С. Методические указания к выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Основы геомеханики» для студентов специальности 090500. – Магнитогорск: МГТУ, 2004,-43с.
6. Шелест А.Т., Беляев В.Л. Геомеханика: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 2001,-186 с.
7. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. - М.: МГТУ, 2003 г.
9. Обоснование параметров устойчивых откосов борта карьера и его уступов /Методические указания/ - Магнитогорск МГТУ, 2003, -12с.
10. Фисенко Г.Л. Руководство по определению оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов Л. -1962.
11. Зотеев О. В., Осинцев В.А. Геомеханика. Учеб. пособие. -Екатеринбург: УГГГА, 1997.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Физико-механические свойства горных пород

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
I. Крепкие породы						
Изверженные ($K > 300$ кГ/см^2)						
Гранитоиды	2,62		–	425	36,5	–
Кварцевые порфиры	2,56	2,64	0,36	395	37,0	0,40
Сиениты	2,76		0,39	560	32,0	0,50
Гранодиориты	2,63	2,78	0,39	560	32,0	0,50
Порфириты	3,02		0,50	365	33,0	0,45
Габбро-диориты	2,70			373	35,5	
Габбро	3,11			300	36,0	
Габбро-диабазы	2,86			353	32,0	0,80
Диабазы	2,95			460	30,0	
Перидотиты	2,80			323	36,0	0,70
Пироксениты	3,23			350	35,5	
Метаморфические и осадочные ($K > 200$ кГ/см^2)						
Кварциты	2,64	2,84	0,50	350-700	36,0	0,5-0,7
Джеспилиты	3,43			360	36,0	0,40
Роговики	2,58			305	35,0	0,40
Роговики гидрогематитовые	3,17			300	32,0	0,40
Сланцы кремнисто-глинистые	2,82		0,24	380	33,5	0,30
Сланцы кварцево-хлорито-серицитовые	2,73			210	33,0	0,30
Филлиты, туффиты	2,87			300	28,0	0,40
Серпентиниты	2,7-3,1		0,40	230-300	35,0	0,6-1,0
Скарны	2,75		0,28	587	31,0	0,4-0,5
Кварцевые песчаники	2,50	2,65	2,50	250	35,0	0,5-1,5
Известняки	2,70	2,77	0,14	220	33	0,3-1,0

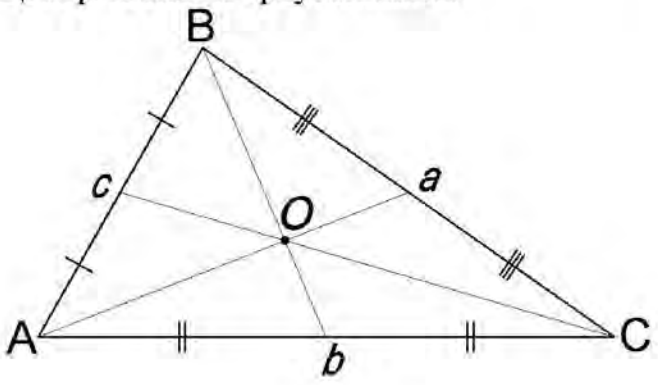
Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
II. Породы средней прочности						
Изверженные слабовыветрелые (K > 300 кГ/см^2)						
Гранитоиды	2,56			220	36,5	0,3-0,5
Кварцевые порфиры	2,50	2,64	0,20	227	34	0,3-0,5
Сиениты, сиенито-диориты, диориты	2,50	2,66	1,00	205	32	0,3-0,5
Гранодиориты, гранодиорит-порфиры	2,57	2,75	1,05	285	36,5	0,50
Порфириты	3,00			260	37,0	
Габбро-диориты	3,00			210	36,0	
Габбро	2,83			275	35,0	
Габбро-диабазы	2,98			260	36,5	
Диабазы	2,75			200-260	36-37	
Спилиты				240	36	0,70
Изверженные выветрелые (K = 20-200 кГ/см^2)						
Сиенито-диориты				120	32	
Кератофиры				165	33	
Гранодиорит-порфиры	2,40	2,74	0,90	180	36	,03-0,5
Порфириты				170	31	
Габбро-диориты	2,66			180	36	
Диабазы				70	34	
Метаморфические (K = 20-200 кГ/см^2)						
Кварциты	2,61	2,78	0,40	156	34	0,5-0,7
Кварциты каолинизированные	2,24	2,59	0,94	48	30	0,2-0,3
Сланцы песчано-глинистые	2,78			180	37	0,40
Сланцы хлорито-кварцевые и хлоритовые	2,86			140	35	0,30
Филлиты				152	27	0,30

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
Тальково-карбонатная порода	2,89			115	30	
Магнетиты	4,32			190	34	0,2-0,3
Серпентиниты выветрелые	2,50			84	34	0,2-0,3
Серпентиниты рассланцованные, сильновыветрелые	2,50			23	33	0,05-0,3
Осадочные (K = 20-200 кГ/см^2)						
Известняки	2,44-2,67	2,83	0,1-4,0	140-165	27-32	0,3-0,8
Известняки выветрелые	2,37			73	32	
Песчаники аркозовые	2,46			175	38	
Песчаники глинистые	2,67			170	37	
Песчаники с карбонатным цементом	2,57	2,68	2,27	170	36	0,40
Песчаники с глинистожелезистым цементом	2,31	2,70	2,70	87	36	0,30
Песчаники	2,53	2,75		50-90	35	0,3-0,8
Алевролиты	2,51	2,72	4,00	35-70	33	0,35-0,7
Аргиллиты	2,45	2,80	8,00	40	29	0,2-0,45
Уголь	1,26-1,58		5,00	28	36	0,03-0,6
III. Слабые породы (K < 20 кГ/см^2)						
Сильновыветрелые						
Габбро-диориты	2,40			14,3	36	
Сланцы	2,12		18,0	1,2-13,6	26-30	
Песчаники				7,5	36	
Диабазы	2,07		19,6	3,2	34	
Доломиты, сидериты	2,00		31,6	1,39	32	
Осадочные						
Песчаники	2,11	2,65	11,0	11,0	35	
Алевролиты	2,13	2,48	20,0	3-17	31	
Аргиллиты	2,02	2,67	18,0	3-10	29	

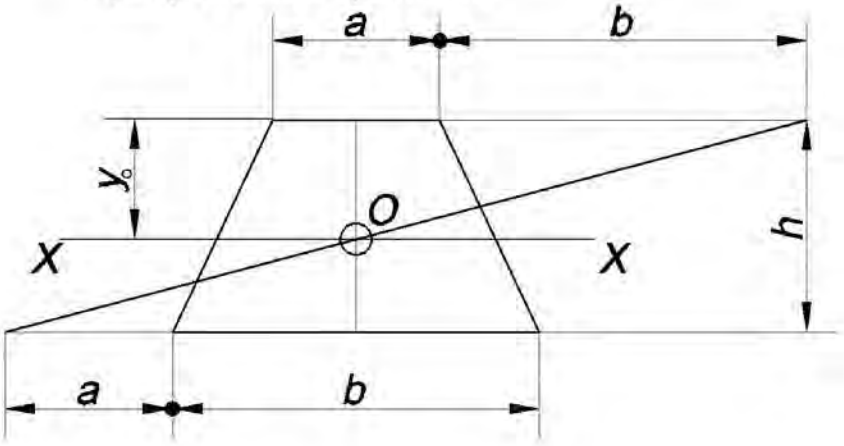
Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
Песок разнозернистый	2,04	2,65	16,5	0,0-0,24	35	
Песок среднезернистый	1,75	2,64	17,0	0,1-0,15	33-34	
Песок мелкозернистый	1,96	2,68	23,0	01-0,35	31-32	
Песок тонкозернистый	1,80	2,66	17,0	0,28	30	
Песок глинистый уплотненный	2,08	2,65	18,0	0,45-0,8	26-32	
Песок глинистый мелкозернистый	1,80		40,0	0,4-0,70	28-30	
Песок глинистый тонкозернистый	1,99	2,67	25,0	0,35-0,6	26-28	
Супесь	1,80	2,66	13,0	0,17	30-34	
Суглинок пылеватый лёссовидный	1,76	2,68	16,0	0,35-0,65	27-32	
Суглинок пылеватый	1,90	2,69	21,0	0,23-0,4	22-27	
Лёссы	1,76			1,05	29	
Мел трещиноватый	1,90	2,64	31	1,40	35	
Мел переотложенный	1,92	2,70	26	0,5	35	
Глина брекчиевидная	2,19		15	1,6-7,6	28	
Глина бокситовая	2,20		13	1,25-4,1	27	
Глина опоковидная	1,64	2,55	46	1,55	23	
Глина песчаная	2,02	2,70	22	0,5-1,25	18-28	
Глина плотная	1,98	2,69	25	1,3-3,5	16-25	
Глина песроцветная	1,96	2,70	27	0,8-1,5	14-18	
Глина коры выветривания	1,94	2,78	26	1,00	15-17	
Глина плотная пылеватая	1,96	2,7	25	0,6-1,75	9-15	
Глина плотная лигнитовая	1,96	2,43-2,98	30	1,75	13	
Глина жирная	1,91	2,64	26	0,50	90	

Приложение 2 –Определение центра тяжести

Центр тяжести треугольника



Центр тяжести трапеции



$$y_o = \frac{h}{3} \cdot \frac{2b + a}{a + b}$$

Приложение 2 – Коэффициент запаса устойчивости (η)

Характеристика бортов	Коэффициент η в зависимости от срока	
	до 5 лет	> 5 лет
Нерабочий борт из-за глины или трещины породы	1,2	1,3
Нерабочий борт из-за песчаника или гравелистых пород	1,15	1,2
Рабочий борт	1,2	–
Откосы рабочих уступов и отвалов	1,2	–
Откосы уступов нерабочего борта: глинистые, трещиноватые породы	1,5	2,0
Откосы уступов нерабочего борта: песчаник и гравелистые породы	1,15	1,2

Учебное издание

Сергей Владимирович Исаков
Ольга Владимировна Мусихина
Александр Львович Костин

ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Геомеханика»
для студентов специальности
21.05.04 – «Горное дело»
специализации «Открытые горные работы»

Редактор *А. Л. Костин*
Корректура, компьютерная верстка *Р. С. Ганиев*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. _____. Тираж 150. 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»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Б1.В.01 ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Исаков С.В., к.т.н., Ганиев Р.С., Мусихина О.В. к.т.н., доцент, Костин А.Л.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА 3

1. ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК 3

1.1. Данные инженерно-геологического районирования 3

1.2 Физико-механические свойства пород 5

1.3 Определение расчетных характеристик 10

2 РАСЧЕТ УСТОЙЧИВЫХ УГЛОВ ДЛЯ УЧАСТКОВ БОРТА 12

3. КОНСТРУКЦИЯ ПОГАШЕННОГО БОРТА КАРЬЕРА 16

4. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА 21

4.1. Средневзвешенные расчетные данные 21

4.2. Построение поверхности скольжения 29

4.2.1 Высота щели вертикального отрыва 29

4.2.2 Ширина призмы возможного обрушения 29

4.4. Расчет удерживающих и сдвигающих сил 31

ЛИТЕРАТУРА: 38

ПРИЛОЖЕНИЯ 39

Приложение 1 – Физико-механические свойства горных пород 40

Приложение 2 – Коэффициент запаса устойчивости 44

Приложение 3 –Определение центра тяжести 44

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА

Оценку устойчивости бортов карьера проведем в четыре этапа:

1. Подготовим исходные данные и определим расчетные значения характеристик.
2. Рассчитаем устойчивые углы откосов уступов для каждого из трех участков борта, выделенных при горно-геологическом районировании.
3. Разработаем конструкцию погашенного борта. При этом учитываем рассчитанные ранее для участков борта значения устойчивых углов, а так же горнотехнические факторы: высота уступа, угол уступа при погашении, ширина бермы очистки.
4. Проверим устойчивость получившегося борта, оценив отношение суммы удерживающих сил к сумме сдвигающих.

1. ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Подготовка исходных данных выполняется в три этапа:

1. Инженерно-геологическое районирование.
2. Физико-механические свойства пород по каждому участку.
3. Определение расчетных характеристик.

1.1. Данные инженерно-геологического районирования

Массив горных пород, как в плане, так и в разрезе, как правило, не однороден. Поэтому после детального изучения горно-геологических факторов в области карьерного поля выделяют участки массива (в плане и в разрезе) со сходными инженерно-геологическими характеристиками. Это позволяет иметь единый подход к решению вопросов устойчивости борта карьера. Такая процедура носит название ***инженерно-геологическое районирование***[1].

В ходе инженерно-геологического районирования борта проектируемого карьера установлено, что породный массив сложен тремя типами горных пород (рис. 1.1), которые располагаются горизонтальными слоями выдержанной мощности (m_1, m_2 и m_3).Таким образом, погашенный борт карьера включает в себя три участка (таблица 1.1). В пределах каждого участка породный массив считается изотропным[2].

---

[1] В более широком смысле, под **инженерно-геологическим районированием** понимают последовательное деление территории на соподчинённые части, характеризующиеся всё более высокой степенью однородности по инженерно-геологическим условиям.

[2] **Изотропная среда** — такая область пространства (в данном случае, массива горных пород), физические свойства которой не зависят от направления.



Рис.1.1. Схема инженерно-геологического районирования борта карьера

Таблица 1.1 Геологическое строение погашенного борта карьера

№	Породы	Мощность, м
1	Покрывающие (песчано-глинистые отложения)	m_1
2	Выветрелые (сильнотрещиноватые скальные породы)	m_2
3	Свежие (средне или малотрещиноватые скальные породы)	m_3

Расчетная высота погашенного борта ($H_б$, м) равняется конечной глубине открытых горных работ (глубине карьера). В нашем случае:

$$H_б = m_1 + m_2 + m_3, \text{ м.} \quad (1.1)$$

Высота рабочего уступа ($h_у$, м) и высота погашенного борта связаны следующим соотношением:

$$H_б = h_у \cdot n_{гор.}, \text{ м,} \quad (1.2)$$

где $n_{гор.}$– число горизонтов в карьере, шт.

Данные инженерно-геологического районирования приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Данные инженерно-геологического районирования по вариантам

№ варианта	Глубина карьера (H), м	Высота рабочего уступа ($H_у$), м	Мощность слоя пород, м			Коэффициент запаса устойчивости (H)
			Покрывающие, M_1	Выветрелые, M_2	Свежие, M_3	
1	55	5	10	15	30	1,25
2	72	9	27	18	27	1,25
3	120	10	10	10	100	1,30
4	80	10	20	30	30	1,20
5	130	13	13	26	91	1,30
6	65	5	20	20	25	1,35
7	90	10	20	20	50	1,35
8	90	15	30	15	45	1,30
9	77	7	21	28	28	1,40
10	66	6	18	24	24	1,25
11	96	12	24	24	48	1,35
12	91	13	26	26	39	1,35
13	135	15	15	30	90	1,30
14	126	14	14	28	84	1,40
15	108	12	12	36	60	1,20
16	144	12	12	36	96	1,35
17	66	6	24	24	18	1,40
18	65	5	20	25	20	1,30
19	91	13	26	26	39	1,30
20	72	9	18	18	36	1,25
21	90	10	20	20	50	1,35
22	117	13	13	26	78	1,25
23	78	13	26	26	26	1,30
24	108	12	24	36	48	1,35
25	90	15	15	30	45	1,30
26	112	14	28	28	56	1,30
27	132	11	11	22	99	1,25
28	64	8	24	16	24	1,15
29	99	11	22	33	44	1,40
30	98	14	14	28	56	1,30

1.2 Физико-механические свойства пород

Состояние окружающего породного массива характеризуют определенными физико-механическими свойствами.

Достоверные сведения о физико-механических свойствах горных пород позволяют заблаговременно составить представление о характере возможных деформаций и степени устойчивости обнажений массива, а также служат основанием для разработки и внедрения наиболее эффективных методов разрушения горных пород при ведении горных работ, креплении и поддержании горных выработок.

Под механическими свойствами горных пород понимают характеристики, определяющие способность пород противодействовать деформированию и разрушению в сочетании со способностью упруго или пластически деформироваться под действием внешних механических сил

При оценке устойчивости откосов ключевым вопросом является выбор

расчетных показателей. К расчетным показателям физико-механических свойств относятся:

- **удельный вес** (ψ) – отношение веса вещества к занимаемому им объёму, $Н/м^3$;
- **угол внутреннего трения** (ρ) – показатель сил трения возникающих в горных породах при явлениях сдвига (градусы);
- **коэффициент структурного ослабления** (λ) – параметр, характеризующий степень отличия прочности породного массива от прочности образца горной породы;
- **коэффициент сцепления** (k) – величина, характеризующая сопротивление горных пород сдвигу, обусловленное силами сцепления[3] частиц горных пород между собой, Па.

Физико-механические свойства пород для каждого из участков борта приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Физико-механические свойства пород по вариантам

варианты с 1 по 10-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Покрывающие породы										
– плотность γ, $т/м^3$	2,13	1,76	1,96	1,80	1,80	2,00	1,94	2,04	2,02	1,96
– коэффициент сцепления пород в образце k, кПа	100	4	13	2	3	7	10	1	12	13
– угол внутреннего трения ρ, град.	31,0	27,0	14,0	30,0	30,0	26,0	15,0	35,0	18,0	9,0
2. Выветрелые скальные породы										
– плотность γ, $т/м^3$	2,64	2,38	3,20	2,56	2,75	2,57	2,56	2,50	2,40	3,00
– коэффициент сцепления пород в образце k, кПа	1000	1200	1400	2200	2400	2850	1800	2050	3200	2750
– угол внутреннего трения ρ, град.	35,0	35,0	36,0	36,0	36,0	32,0	28,0	37,0	36,0	36,0
– коэффициент структурного ослабления λ	0,10	0,03	0,07	0,04	0,07	0,06	0,08	0,02	0,10	0,09
3. Свежие породы скальные										
– плотность γ, $т/м^3$	3,00	2,58	3,43	2,62	2,80	2,63	2,60	2,76	2,64	3,11
– коэффициент сцепления пород в образце k, кПа	2500	3050	3600	4250	3230	5600	2850	3630	6200	3000
– угол внутреннего трения ρ, град.	35,0	35,0	36,0	36,0	36,0	32,0	28,0	37,0	36,0	36,0
– коэффициент структурного ослабления λ	0,20	0,06	0,11	0,07	0,12	0,13	0,16	0,03	0,17	0,14

[3] Сцепление в массиве в скальных породах обуславливается силами связей между частицами породы, а в рыхлых обусловлено капиллярным натяжением воды, находящейся в породе. Основной характеристикой сцепления является **коэффициент сцепления.**

Продолжение 1таблицы 1.3

варианты с 11 по 20-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Покрывающие породы										
– плотность γ, т/м^3	1,90	1,64	1,80	1,76	1,90	1,75	1,96	1,99	1,96	1,92
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	14	16	6	11	3	2	2	5	18	5
– угол внутреннего трения ρ, град.	35	23	28	29	22	33	31	26	13	35
2. Выветрелые скальные породы										
– плотность γ, т/м^3	2,31	2,83	3,00	2,56	2,50	3,00	2,61	2,85	2,91	2,60
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	1600	2600	2600	1200	2270	2300	2100	2000	1800	2100
– угол внутреннего трения ρ, град.	32,0	32,0	33,0	33,0	37,0	35,5	33,5	30,0	32,0	35,5
– коэффициент структурного ослабления λ	0,04	0,07	0,09	0,06	0,06	0,02	0,10	0,06	0,12	0,09
3. Свежие породы скальные										
– плотность γ, т/м^3	2,50	2,86	3,02	2,73	2,56	3,23	2,82	2,95	3,17	2,70
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	2500	3530	3650	2100	3950	3500	3800	4600	3000	3730
– угол внутреннего трения ρ, град.	35,0	32,0	33,0	33,0	37,0	35,5	33,5	30,0	32,0	35,5
– коэффициент структурного ослабления λ	0,07	0,13	0,17	0,11	0,09	0,04	0,15	0,12	0,18	0,17

Окончание таблицы 1.3

варианты с 21 по 30-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Покрывающие породы										
– плотность γ, т/м^3	1,91	2,02	2,19	2,11	2,20	1,98	1,96	1,99	2,00	1,94
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	5	60	43	110	31	22	2	5	7	10
– угол внутреннего трения ρ, град.	9,0	29,0	28,0	35,0	27,0	16,0	31,0	26,0	26,0	15,0
2. Выветрелые скальные породы										
– плотность γ, т/м^3	2,63	2,50	2,83	3,00	2,64	2,83	3,00	2,56	2,83	2,63
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	2300	700	2600	2300	1000	2600	2600	1200	2600	2300
– угол внутреннего трения ρ, град.	31,0	30,0	32,0	35,5	35,0	32,0	33,0	33,0	32,0	31,0
– коэффициент структурного ослабления λ	0,04	0,07	0,09	0,06	0,06	0,02	0,10	0,06	0,12	0,09
3. Свежие породы скальные										
– плотность γ, т/м^3	2,75	2,70	2,86	3,23	3,00	2,86	3,02	2,73	2,86	2,75
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	5820	2200	3530	3500	2500	3530	3650	2100	3530	5820
– угол внутреннего трения ρ, град.	31,0	37,0	32,0	35,5	35,0	32,0	33,0	33,0	32,0	31
– коэффициент структурного ослабления λ	0,07	0,13	0,17	0,11	0,09	0,04	0,15	0,12	0,18	0,17

Для реальных инженерных расчетов исходные данные принимаются по результатам испытаний проб в процессе геологоразведочных работ, либо по справочным данным (приложение 1).

1.2.1 Удельный вес связан с плотностью породы (γ, т/м^3) формулой:

$$\psi = \gamma \cdot g, \text{ кН} \qquad (1.3)$$

где γ – плотность горной породы (принимаем по таблице 1.3), т/м^3;

g – ускорение свободного падения, g =9,8 м/с^2.

Так как в различных методиках и справочниках используются различные единицы измерения, всегда внимательно смотрите, какие единицы измерения использованы в каждом конкретном случае.
Например, в формуле (1.3), плотность горной породы дана в т/м^3 в то время, как единицей СИ для плотности является кг/м^3 (1 т/м^3 = 1 000 кг/м^3), в результате рассчитанный удельный вес измеряется в **кило**ньютонах (1 кН = 1 000 Н).

1.2.2 Угол внутреннего трения (ρ), коэффициент структурного ослабления (λ), а так же коэффициент сцепления породы в образце (k) принимаем по таблице 1.3:

1.2.3 Коэффициент сцепления пород в массиве ($k_м$) всегда значительно меньше сцепления пород в образце.

Причиной этого является разупрочнение пород за счет трещин. Степень снижения характеризуется коэффициентом структурного ослабления (λ).

Коэффициент сцепления пород в массиве ($k_м$) определяется по формуле:

$$k_м = k \cdot \lambda, \text{ кПа} \qquad (1.5)$$

Так как в рыхлых и мягких породах разупрочнение пород за счет трещин не происходит, то для покрывающих пород принимаем $\lambda = 1$.
Соответственно $k_м = k$.

ПРИМЕР 1.1

По результатам инженерно-геологического районирования установлено, что породный массив сложен тремя типами горных пород, которые располагаются горизонтальными слоями выдержанной мощности:

1. Покрывающие породы – $m_1 = 16$:
   - плотность $\gamma = 2{,}55$ т/м^3;
   - коэффициент сцепления пород в образце $k = 5$ кПа;
   - угол внутреннего трения $\rho_м = 29°$;
   - удельный вес $\psi = \gamma \cdot g = 2{,}55 \cdot 9{,}8 = 25{,}0$ кН;
   - коэффициент сцепления пород в массиве $k_м = k = 5$ кПа.
2. Выветрелые породы – $m_2 = 24$:
   - плотность $\gamma = 2{,}7$ т/м^3;
   - коэффициент сцепления пород в образце $k = 883{,}75$ кПа;
   - угол внутреннего трения $\rho_м = 33°$;
   - коэффициент структурного ослабления $\lambda = 0{,}08$;
   - удельный вес $\psi = \gamma \cdot g = 2{,}7 \cdot 9{,}8 = 26{,}5$ кН;
   - коэффициент сцепления пород в массиве $k_м = k \cdot \lambda = 883{,}75 \cdot 0{,}08 = 70{,}7$ кПа.
3. Свежие породы – $m_3 = 32$:
   - плотность $\gamma = 2{,}86$ кг/м^3;
   - коэффициент сцепления пород в образце $k = 980$ кПа;
   - угол внутреннего трения $\rho_м = 35°$;
   - коэффициент структурного ослабления $\lambda = 0{,}1$;
   - удельный вес $\psi = \gamma \cdot g = 2{,}86 \cdot 9{,}8 = 28{,}03$ кН;
   - коэффициент сцепления пород в массиве $k_м = k \cdot \lambda = 980 \cdot 0{,}1 = 98{,}0$ кПа.

Высота борта: $H_б = m_1 + m_2 + m_3 = 16 + 24 + 32 = 72$ м.

1.3 Определение расчетных характеристик

Переход от исходных прочностных характеристик к расчетным необходим по следующим причинам:

- Исходные характеристики прочности образцов определяются с погрешностью (обычно ±7 %).
- Породы при выветривании изменяют свойства; то же при действии воды. Сопротивление уменьшается до 20-30 %.
- Неточность учета трещин (λ).
- Неточность учета динамических нагрузок от взрыва ±15÷20 %.
- Ошибки при расчетах ±5÷6 %.
- Детальность разведки (пробы, образцы) не превышает 5-6 % от всего массива.

Коэффициент запаса устойчивости – отношение суммы всех сил, удерживающих откос в равновесии, к сумме всех сдвигающих сил, стремящихся вывести его из равновесия; действие этих сил во всех инженерных методах переносится на потенциальную (наиболее напряженную) поверхность скольжения. Для откосов эта величина принимается в пределах от 1,0 до 1,5; зависит от достоверности исходных данных при расчете, ответственности откоса и срока службы [1].

В данной работе коэффициент запаса устойчивости (η) принимаем по заданию (таблица 1.2).



В нормах технологического проектирования для отдельных участков бортов карьера в зависимости от физико-механических свойств пород и срока службы значение коэффициента запаса устойчивости рекомендуется в пределах 1,2÷2,0 (Приложение 2).

Для учета коэффициента запаса устойчивости его значение вводят в прочностные характеристики.

1.3.1 Расчетный коэффициент сцепления пород ($k_{\text{р}}$):

$$k_{\text{р}} = \frac{k_{\text{м}}}{\eta}, \tag{1.6}$$

где η – коэффициент запаса устойчивости (берем из таблицы 1.2).

1.3.2 Расчетное значение угла внутреннего трения:

$$\rho_{\text{р}} = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right). \tag{1.7}$$

ПРИМЕР 1.2

Коэффициент запаса устойчивости (η) принят 1,20 (для откоса одиночного уступа).

Расчетные показатели

1. Покрывающие породы:

$$k_{\text{р}} = \frac{k_{\text{м}}}{\eta} = \frac{5}{1{,}2} = 4{,}17 \ \text{кг/м}^2;$$

$$\rho_{\text{р}} = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right) = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}29°}{1{,}2}\right) = \text{arctg}\left(\frac{0{,}55}{1{,}2}\right) = 24{,}8°.$$

2. Выветрелые породы:

$$k_{\text{р}} = \frac{k_{\text{м}}}{\eta} = \frac{70{,}7}{1{,}2} = 58{,}92 \ \text{кг/м}^2;$$

$$\rho_{\text{р}} = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right) = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}33°}{1{,}2}\right) = \text{arctg}\left(\frac{0{,}65}{1{,}2}\right) = 28{,}4°.$$

3. Невыветрелые породы:

$$k_{\text{р}} = \frac{k_{\text{м}}}{\eta} = \frac{98{,}0}{1{,}2} = 81{,}67 \ \text{кг/м}^2;$$

$$\rho_{\text{р}} = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right) = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}35°}{1{,}2}\right) = \text{arctg}\left(\frac{0{,}70}{1{,}2}\right) = 30{,}3°.$$

2 РАСЧЕТ УСТОЙЧИВЫХ УГЛОВ ДЛЯ УЧАСТКОВ БОРТА

Расчет устойчивых углов производится для **каждого** участка борта.

2.1 Определяем высоту щели вертикального отрыва (H_{90})

$$H_{90} = \frac{2k_{\text{р}} \cdot \text{ctg}\left(45° - \rho_{\text{р}}/2\right)}{\psi}, \text{м} \qquad (2.1)$$

где ψ– удельный вес горной породы, кН;

$k_{\text{р}}$ – расчетный коэффициент сцепления пород, кПа;

$\rho_{\text{р}}$ – расчетное значение угла внутреннего трения, градусы.

2.2 Определяем условную высоту откоса (H')

$$H' = \frac{H_{\text{у}}}{H_{90}} \qquad (2.2)$$

где H_y – высота участка борта или уступа, м.

2.3. Используя справочные данные (таблица 2.1) или графические зависимости (рис. 2.1) устойчивого угла борта (α) от расчетного угла внутреннего трения ($\rho_{\text{р}}$) и полученной условной высоты откоса (H'), определяем устойчивый угол борта карьера.

2.4. Рассчитанную по условию устойчивости форму погашенного борта карьера отобразить графически (рис. 2.2).

Таблица 2.1 – Значения устойчивых углов откоса плоского борта карьера

Условная высота откоса (H')	Углы откоса борта при расчете			
	20	25	30	35
1,0	90,0	90,0	90,0	90,0
1,5	83,0	84,0	84,5	85,0
2,0	75,8	77,3	78,1	79,6
2,5	68,2	71,0	72,5	74,4
3,0	61,8	65,2	68,0	70,2
3,5	56,3	60,2	64,0	66,5
4,0	51,3	56,0	60,1	63,6
5,0	44,0	49,6	53,6	58,5
6,0	39,1	45,0	50,0	54,8
7,0	36,8	41,9	47,1	52,2
8,0	33,6	39,6	45,2	50,2
9,0	31,7	38,0	43,9	48,6
10,0	30,3	36,8	42,6	47,4
11,0	29,7	36,7	41,6	46,4
12,0	29,0	36,0	40,7	45,6
18,0	26,2	32,3	37,7	42,7
20,0	25,5	31,7	37,1	42,1
24,0	24,7	30,3	36,5	40,9
28,0	–	29,7	35,7	40,3

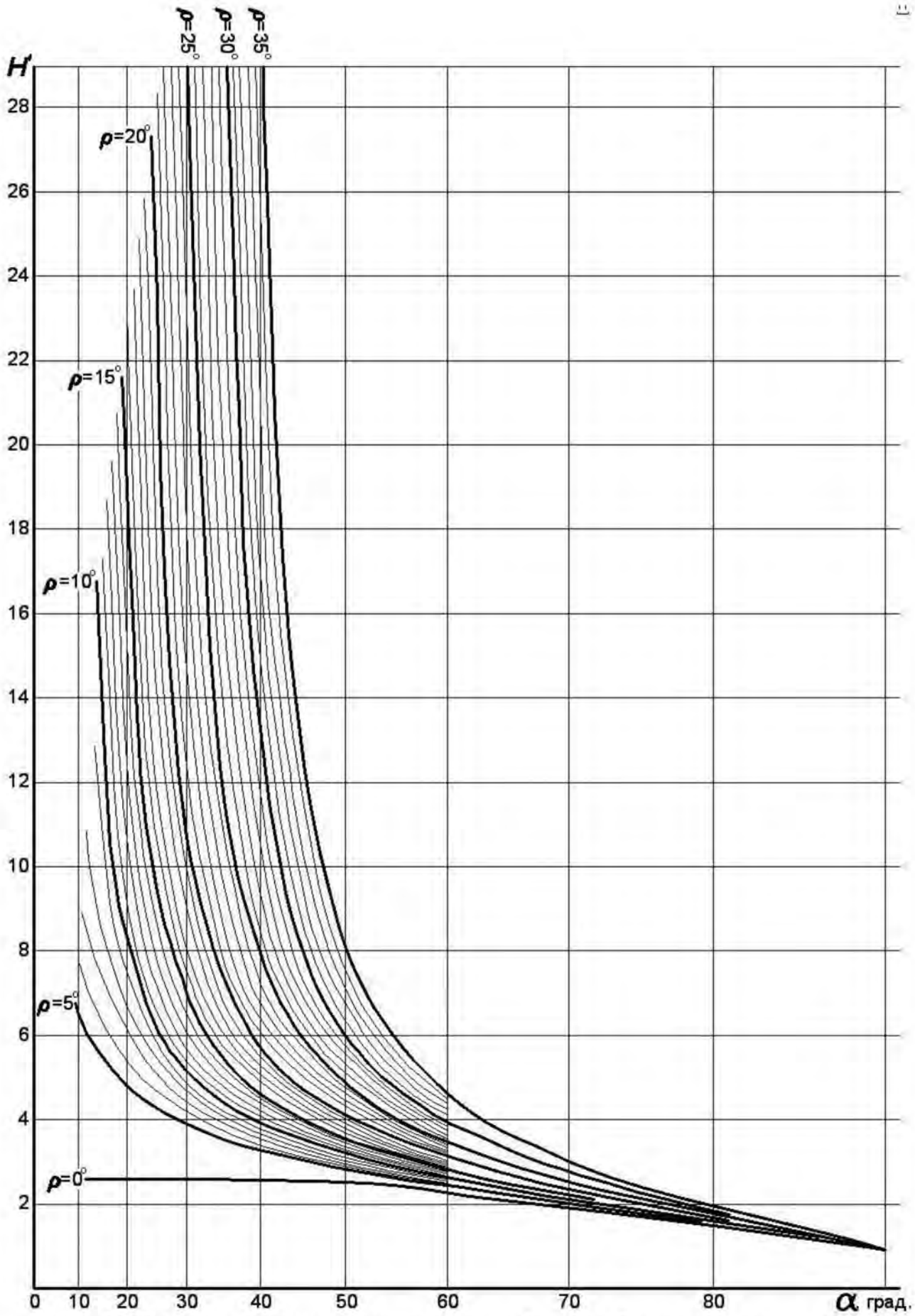


Рис.2.1 График зависимости между условной высотой плоского откоса (H') и его углом (α) для различных значений угла внутреннего трения (ρ_p)

Высота щели вертикального отрыва:

1. Покрывающие породы:

$$H_{90} = \frac{2k_{\text{р}} \cdot \text{ctg}(45° - \rho_{\text{р}}/2)}{\psi} = \frac{2 \cdot 4{,}17 \cdot \text{ctg}(45° - 24{,}8°/2)}{25{,}0} = \frac{2 \cdot 4{,}17 \cdot 1{,}56}{25{,}0} = 0{,}51, \text{м}.$$

2. Выветрелые породы:

$$H_{90} = \frac{2 \cdot 58{,}92 \cdot \text{ctg}(45° - 28{,}4°/2)}{26{,}5} = \frac{2 \cdot 58{,}92 \cdot 1{,}68}{26{,}5} = 7{,}47, \text{м}.$$

3. Невыветрелые породы:

$$H_{90} = \frac{2 \cdot 81{,}67 \cdot \text{ctg}(45° - 30{,}3°/2)}{27{,}2} = \frac{2 \cdot 81{,}67 \cdot 1{,}74}{27{,}2} = 10{,}45, \text{м}.$$

Условная высота откоса:

1. Покрывающие породы:

$$H' = H_{\text{у}}/H_{90} = 16/0{,}51 = 31{,}4.$$

2. Выветрелые породы:

$$H' = 24/7{,}47 = 3{,}2.$$

3. Невыветрелые породы:

$$H' = 32/10{,}45 = 3{,}1.$$

Устойчивый угол борта карьера определяем, используя графические зависимости:

1. Покрывающие породы:

при $\rho_{\text{р}} = 24{,}8°$ и $H' = 31{,}4$ м $\quad \alpha = 27°$.

2. Выветрелые породы:

при $\rho_{\text{р}} = 28{,}4°$ и $H' = 3{,}2$ м $\quad \alpha = 66°$.

3. Невыветрелые породы:

при $\rho_{\text{р}} = 30{,}3°$ и $H' = 3{,}1$ м $\quad \alpha = 69°$.

Рассчитанная по условию устойчивости форма погашенного борта карьера изображена на рис. 2.2.

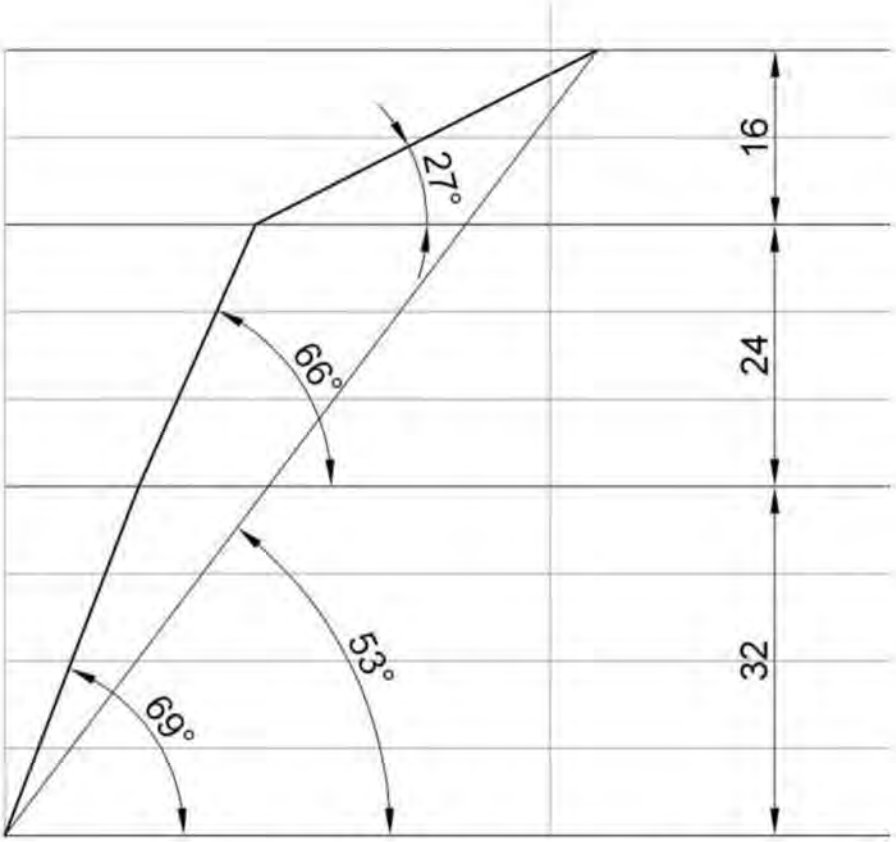


Рис. 2.2. Форма погашенного борта карьера, рассчитанная по условию устойчивости

3. КОНСТРУКЦИЯ ПОГАШЕННОГО БОРТА КАРЬЕРА

Одним из основных мероприятий, обеспечивающих безопасную работу на нижних горизонтах глубоких карьеров, является организация берм и очистка их от осыпей. Расстояние между смежными бермами при погашении уступов и постановке их в предельное положение, ширина, конструкция и порядок обслуживания предохранительных берм определяются проектом.

3.1. Разместим на борту карьера бермы очистки, руководствуясь следующими соображениями:

– Ширина бермы очистки должна быть такой, чтобы обеспечивалась ее механизированная очистка[4], т. е. не менее 8 м.

⚠ Бермы шириной 8 м рекомендуется оставлять на нижних горизонтах, срок существования которых составляет не более 4-5 лет. На средних и верхних горизонтах ширину берм следует увеличивать до 10-12 м, учитывая, что с течением времени часть бермы осыпается.

– Вертикальное расстояние между бермами (учитывая транспортные) не должна быть более чем 45-50 м[5].

Из-за организации берм очистки происходит выполаживание борта в целом, что не желательно по экономическим соображениям. Противодействовать этому можно размещая бермы на самых пологих участках борта с одновременным увеличением углов откосов уступов (конечно не выше устойчивых значений) на этих участках. Так как устойчивый угол откоса одиночного уступа круче, чем сдвоенного, такой подход, зачастую, позволяет разместить берму очистки без значительного выполаживания борта. Пример такого размещения бермы показан на рисунке 3.1.

Как видно из рисунка 3.1, после размещения бермы шириной 8 м, угол откоса борта изменился всего на 2°.

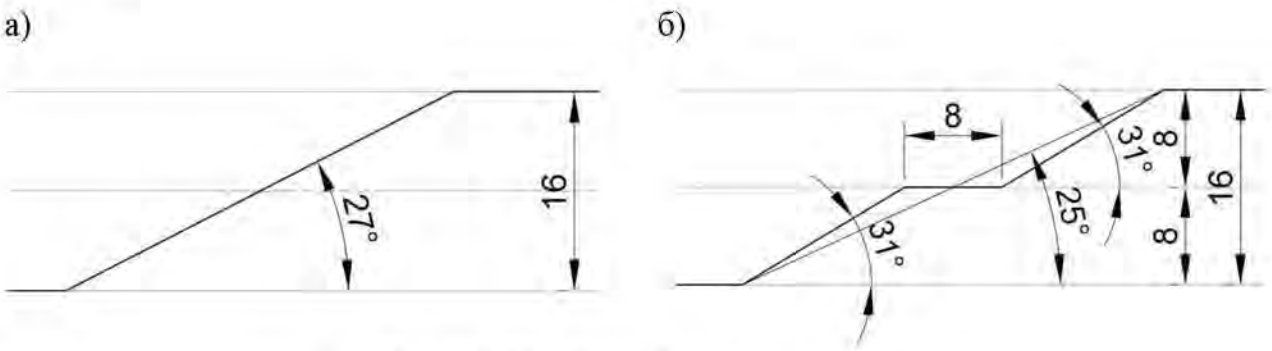


Рис.3.1. Профили бортов карьеров:
а – без бермы очистки; б – размещение бермы очистки

[4]Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

[5]Фисенко Г. Л. Руководство по определению оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов Л. – 1962.

⚠ При погашении уступов, постановке их в предельное положение необходимо соблюдать общий угол откоса бортов, установленный проектом. Во всех случаях ширина предохранительной бермы должна быть такой, чтобы обеспечивалась ее механизированная очистка.

Поперечный профиль предохранительных берм должен быть горизонтальным или иметь уклон в сторону борта разреза (карьера). Бермы, по которым происходит систематическое передвижение рабочих, должны иметь ограждение и регулярно очищаться от осыпей, кусков породы и посторонних предметов. Допускается в соответствии с проектом применение берм с продольным уклоном, в том числе совмещенных с транспортными.

⚠ При выборе углов погашения уступов в скальных породах следует помнить, что если угол погашенного уступа меньше 60-65°, то для его постановки в предельное положение необходимы специальные мероприятия. С точки зрения практики оптимальным является угол откоса погашенного уступа в диапазоне 60÷80°.

3.2. Для участков борта, а так же отдельных уступов, угол откоса или высота которых увеличились, следует произвести расчеты устойчивости согласно главе 2.

Если расчеты выявили неустойчивые участки борта, следует их выположить до устойчивых значений.

3.3. Выполняем чертеж конструкции борта карьера в масштабе (рис. 3.2).

3.4. После разработки конструкции борта, определяем угол его откоса – конструктивный угол.

Угол откоса борта – угол между горизонталью и линией, соединяющей нижнюю бровку нижнего уступа и верхнюю бровку верхнего уступа (рис. 3.3).

Угол откоса борта определяется по чертежу одним из двух способов:

1 – измеряется транспортиром;

2 – вычисляется как арктангенс отношения высоты борта (глубины карьера) к его горизонтальному проложению:

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{H_б}{L_б}\right) \qquad (6)$$

где $H_б$ – высота борта, м;

$L_б$ – длина горизонтального проложения борта, м.

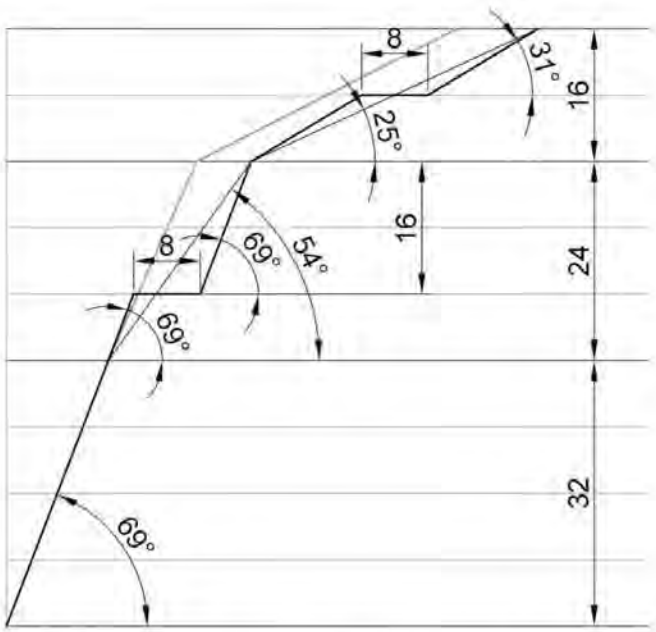


Рис. 3.2 Конструкция погашенного борта карьера

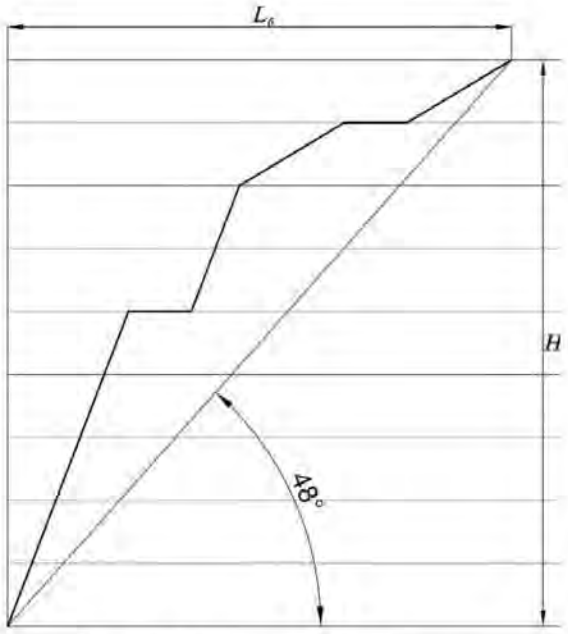


Рис. 3.3 Угол откоса борта

ПРИМЕР 3

Принимаем ширину бермы очистки равной 8 м.

Разместим бермы очистки на наиболее пологих участках борта с таким расчетом, чтобы вертикальное расстояние между ними, а так же дном карьера не превышало 45-50 м.

В нашем случае, рационально разместить бермы на горизонтах -8 м, и -32 м (рис. 3.4).

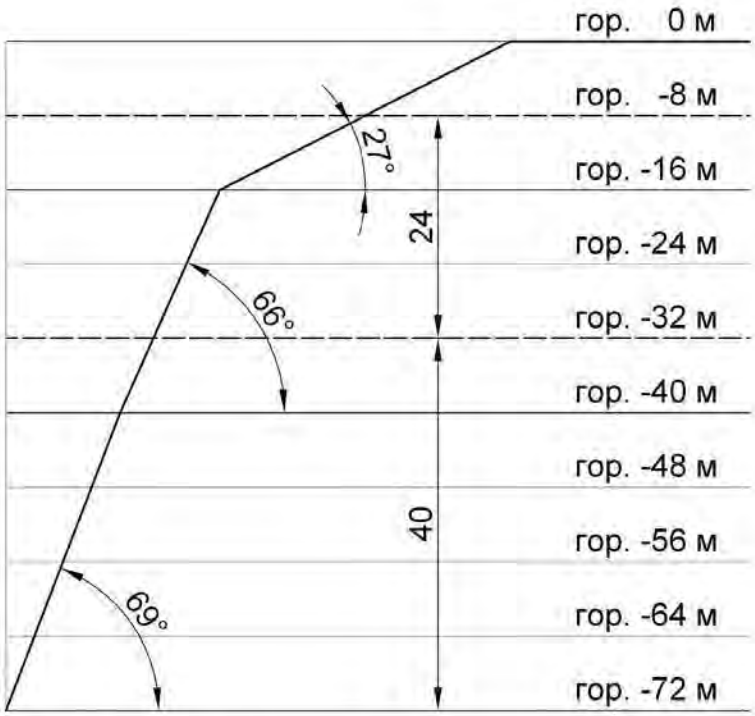


Рис. 3.4. Выбор горизонтов для размещения берм очистки

Берма нагор. -8 м размещается на участке борта находящимся в покрывающих породах высотой 16 м и устойчивым углом откоса равным 27° (рис. 3.1 а). При этом высота уступа в карьере равна 8 м, т. е. участок борта фактически представляет собой два объединенных уступа.

Устанавливаем расчетом, что для уступа высотой 8 м в данных породах устойчивый угол равняется 31°.

Размещаем берму шириной 8 м между восьми метровыми уступами с углами откосов равными 31° (рис. 3.1.б). Результирующий угол на участке борта составит 25°, что не превышает расчетного значения для данного участка (27°). Так как и углы откосов отдельных уступов (31°), и участка в целом (25°), не превышают рассчитанных устойчивых значений, принимаем данную конструкцию борта.

Берма нагор. -32 м разделяет участок выветрелых пород на два уступа: одинарный – $h_у$ = 8 м и сдвоенный – $h_у$ = 16 м. Расчетный устойчивый угол в выветрелых породах для высоты уступа 16 м равен 77°.

Так как угол погашения уступов нижнего участка (свежие породы) не может быть более 69°, то и для участка выветрелых пород примем такой же угол погашения – 69°. Результирующий угол на участке борта составит 54°, что меньше устойчивого значения – 66°.

На участке невыветрелых пород берм очистки размещать не будем. Угол погашения уступа – 69°, результирующий угол откоса участка – 69°.

Так как и углы откосов отдельных уступов, и участков, не превышают рассчитанных устойчивых значений, принимаем данную конструкцию борта.

Окончательная конструкция погашенного борта карьера показана на рис. 3.5.

Измеряем на чертеже значения длину горизонтального проложения – $L_б$ = 64,1 м (рис. 3.6).

Вычисляем значения конструктивного угла откоса борта:

$$\alpha = \text{arctg}\left(\frac{H_б}{L_б}\right) = \text{arctg}\left(\frac{72}{64{,}1}\right) = 48{,}3° \approx 48°$$

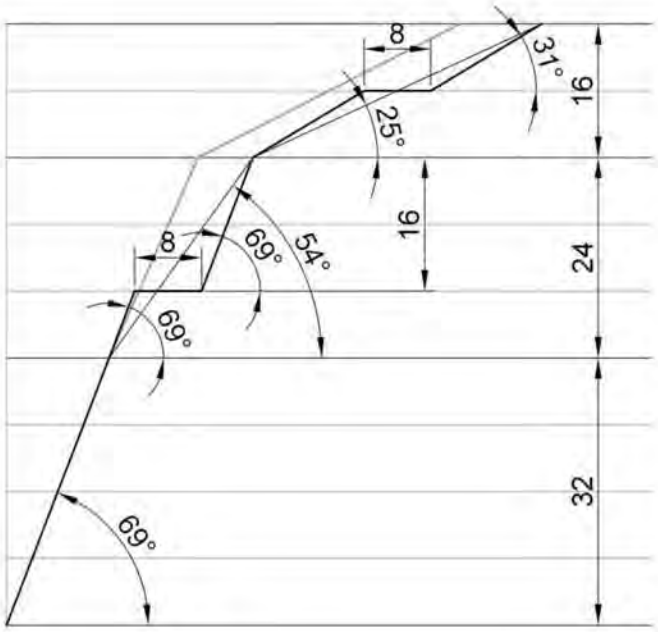


Рис. 3.5 Рассчитанная конструкция погашенного борта карьера

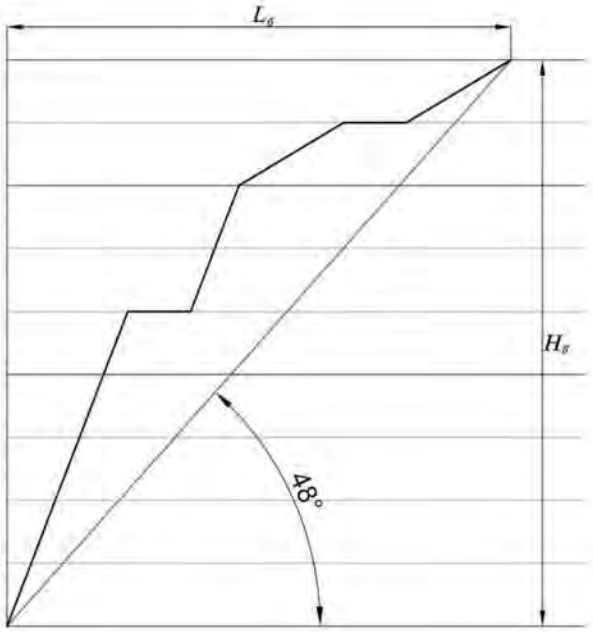


Рис. 3.6. Определение конструктивного угла откоса борта

4. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА

Расчет устойчивости производится в следующем порядке:

1. Определение средневзвешенных расчетных данных.
2. Построение поверхности скольжения на профиле откоса борта.
3. Построение эпюры удерживающих и сдвигающих сил.
4. Определение расчетного коэффициента запаса устойчивости и сравнение его с нормативным.

4.1. Средневзвешенные расчетные данные

Расчетные величины при горизонтальном расположении слоев определяются как средневзвешенные.

⚠ Во всех дальнейших расчетах следует использовать расчетные значения характеристик горных пород.

4.1.1 Усредненный удельный вес ($\psi_{ср}$):

$$\psi_{ср} = \frac{\psi_1 \cdot m_1 + \psi_2 \cdot m_2 + \psi_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3}, \text{кН/м}^3 \qquad (4.1)$$

где m_1, m_2 и m_3 – мощности слоя покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород, м;

ψ_1, ψ_2 и ψ_3 – удельный вес соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород, кН/м^3.

4.1.2 Средневзвешенный коэффициент сцепления ($k_{ср}$):

$$k_{ср} = \frac{k_1 \cdot l_1 + k_2 \cdot l_2 + k_3 \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3}, \text{МПа} \qquad (4.2)$$

где l_1, l_2 и l_3 – длины участков линии скольжения соответственно в покрывающих, выветрелых и невыветрелых породах, м;

k_1, k_2 и k_3 – коэффициенты сцепления в монолите соответственно в покрывающих, выветрелых и невыветрелых породах, МПа.

Для того, что бы определить значения l_1, l_2 и l_3 необходимо построить упрощенную схему линии скольжения. Дугу линии скольжения проводят следующим образом (рис. 4.1):

А. Строим упрощенную схему борта карьера высотой $H_б$ и углом откоса $\varphi_б^к$ (рис. 4.1 А).

Б. От верхней бровки откоса (точка В)по верхней площадке отмеряем расстояние равное $0{,}25 \cdot H_б$. (рис. 4.1 Б).

В. Из точки С проводим луч под углом сдвига наиболее прочных пород Θ_0 к вертикали. Из точки А проводим луч под углом Θ_0 к откосу АВ. (рис. 4.1 В).

$$\Theta_0 = 45° - \frac{\rho_3}{2} \qquad (4.3)$$

Г. Из точек А и С строим перпендикуляры к лучам. Точку пересечения перпендикуляров обозначим О. (рис. 4.1 Г).

Д. Из точки А до пересечения с верхней площадкой строим дугу с центром в точке О и радиусом ОА (рис. 4.1 Д).

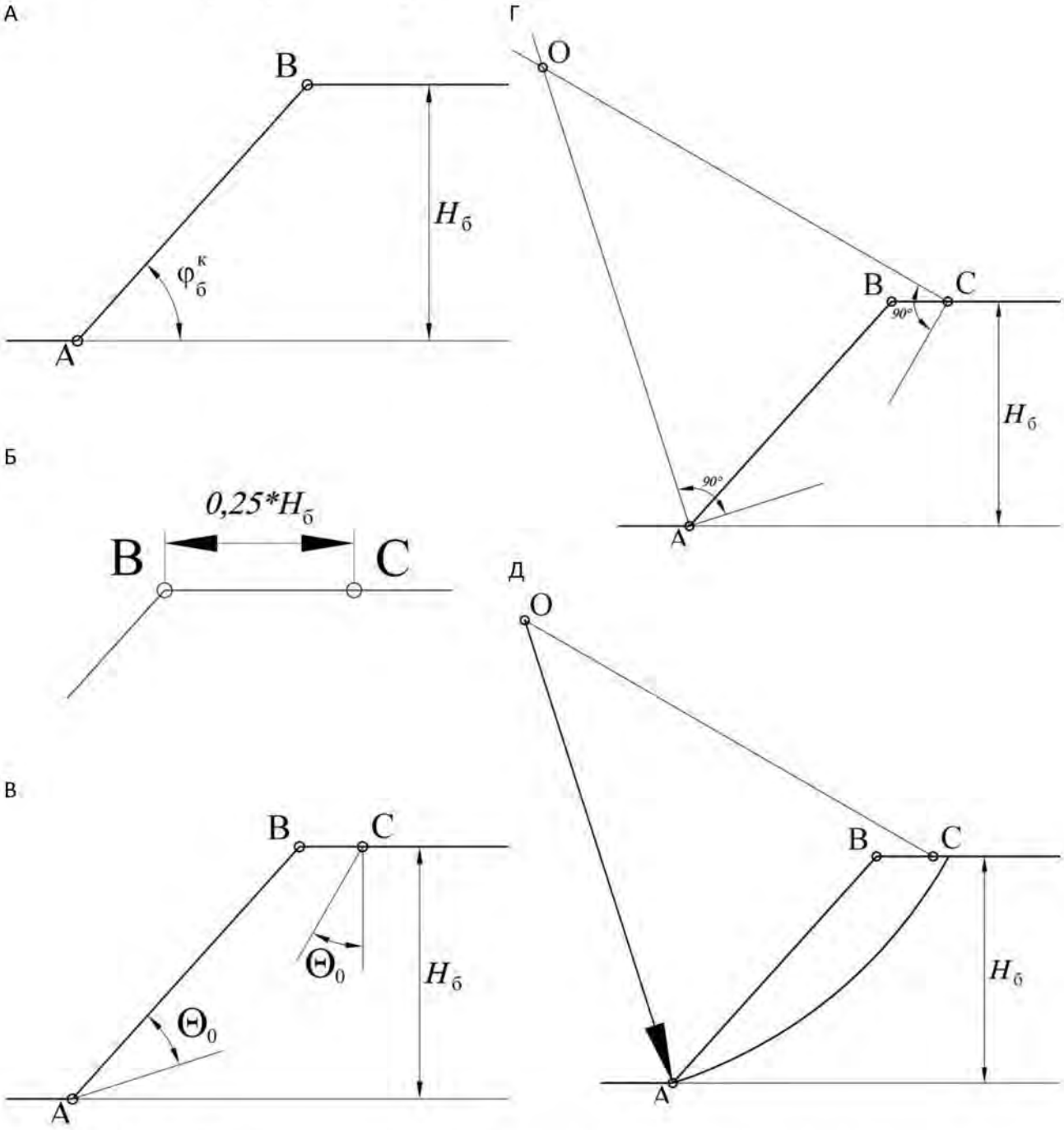


Рис. 4.1 Порядок построения упрощенной схемы линии скольжения

На получившейся схеме измеряем величины l_1, l_2 и l_3 (рис. 4.2)

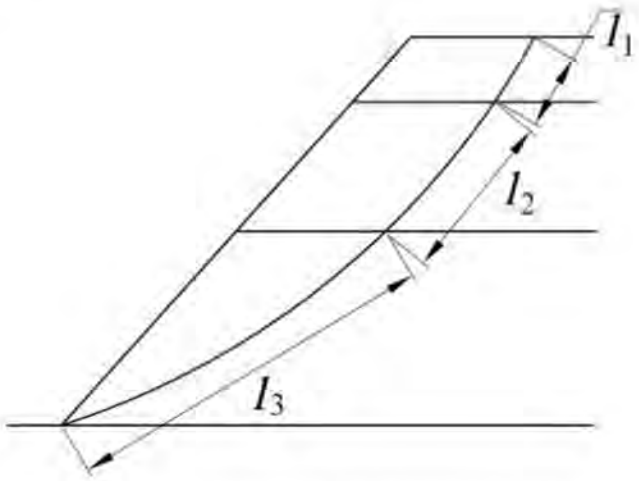


Рис. 4.2 Определение длин участков линии скольжения

4.1.3 Усредненный угол внутреннего трения ($\rho_{ср}$):

$$\rho_{ср} = \text{arctg}\frac{\text{tg}\,\rho_1 \cdot l_1 \cdot \sigma_1 + \text{tg}\,\rho_2 \cdot l_2 \cdot \sigma_2 + \text{tg}\,\rho_3 \cdot l_3 \cdot \sigma_3}{l_1 \cdot \sigma_1 + l_2 \cdot \sigma_2 + l_3 \cdot \sigma_3} \qquad (4.4)$$

где σ_1, σ_2 и σ_3 – нормальные напряжения действующие на участках соответственно l_1, l_2 и l_3, Па. Вычисляется по формуле (4.5);

ρ_1, ρ_2 и ρ_3 – углы внутреннего трения соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород.

Для определения величин σ_1, σ_2 и σ_3 производятся дополнительные построения (рис. 4.3):

А. Из концов отрезков l_1, l_2 и l_3восстанавливаем вертикальные линии, которые делят призму ABD на блоки (рис. 4.3 А).

Б. Для каждого блока находим центр тяжести (см. приложение 3) и проецируем его на линию скольжения (рис. 4.3 Б).

В. Проводим лучи из центра дуги (точка О) через полученные точки. Они является направлением действия нормальных сил σ_1, σ_2 и σ_3 (рис. 4.3 В).

Г. Определим углы β_1, β_2 и β_3 соответственно между направлениями σ_1, σ_2 и σ_3 и вертикалью (рис. 4.3 Г).

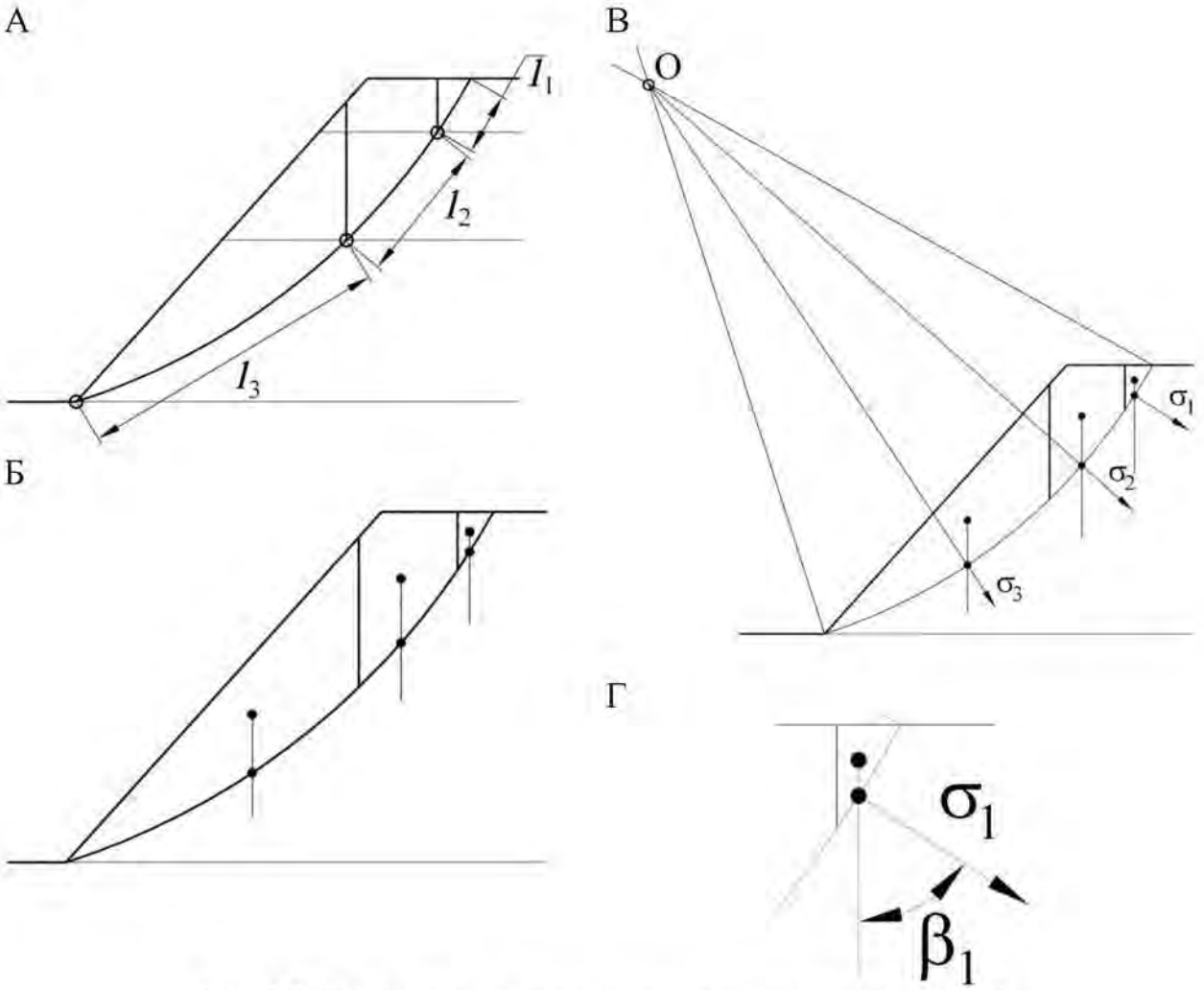


Рис. 4.3.Схема определения нормальных напряжений, действующих на расчетных участках

Величины σ_1, σ_2 и σ_3 определим по формуле:

$$\sigma_i = \psi_i^{\text{блока}} \cdot h_i \cdot \cos^2 \beta_i, \text{ Па} \qquad (4.5)$$

где $\psi_i^{\text{блока}}$ – средняя плотность *i*-го вертикального блока, кг/м^3. Вычисляется по формуле (4.6);

h_i – высота *i* блока, м (см. рис. 4.4).

Средний удельный вес вертикального *i*-го блока ($\psi_i^{\text{блока}}$)

$$\psi_i^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_i^1 + \psi_2 \cdot S_i^2 + \psi_3 \cdot S_i^3}{S_i^1 + S_i^2 + S_i^3} \qquad (4.6)$$

где S_i^1, S_i^2 и S_i^3– площадь соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород в вертикальном блоке *i*, м^2 (см. рис. 4.5);

ψ_1, $\psi 2$ и ψ_3 – удельный вес соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород, Н/м^3.

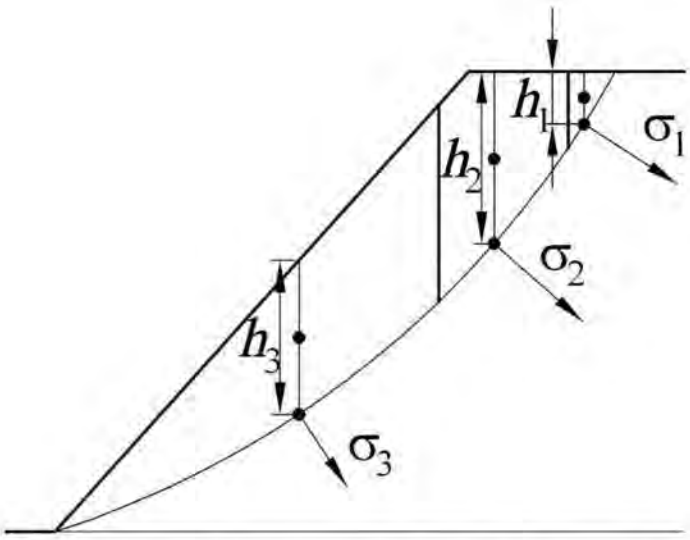


Рис. 4.4.Схема определения значений высоты блоков

ПРИМЕР 4.1

Определим средневзвешенные величины:

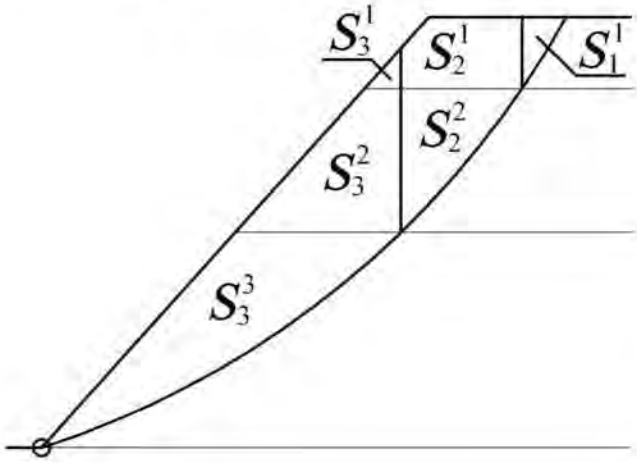
4.1.1 Средневзвешенный удельный вес ($\psi_{ср}$):

$$\psi_{ср} = \frac{\psi_1 \cdot m_1 + \psi_2 \cdot m_2 + \psi_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{25{,}0 \cdot 16 + 26{,}5 \cdot 24 + 27{,}2 \cdot 32}{16 + 24 + 32} =$$
$$= \frac{399{,}84 + 636{,}00 + 870{,}40}{72} = 26{,}5, \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}.$$

4.1.2 Средневзвешенный коэффициент сцепления:

Для того, что бы определить длины участков линии скольжения в покрывающих, выветрелых и невыветрелых породах, строим упрощенную схему линии скольжения (рис. 4.1).

На получившейся схеме измеряем величины $l_1 = 14{,}21$, $l_2 = 31{,}4$ и $l_3 = 70{,}11$.



Блок 1

$$\psi_1^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_1^1}{S_1^1}$$

Блок 2

$$\psi_2^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_2^1 + \psi_2 \cdot S_2^2}{S_2^1 + S_2^2}$$

Блок 3

$$\psi_3^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_3^1 + \psi_2 \cdot S_3^2 + \psi_3 \cdot S_3^3}{S_3^1 + S_3^2 + S_3^3}$$

Рис. 4.5 Пример определения значений средних удельных весов вертикальных блоков

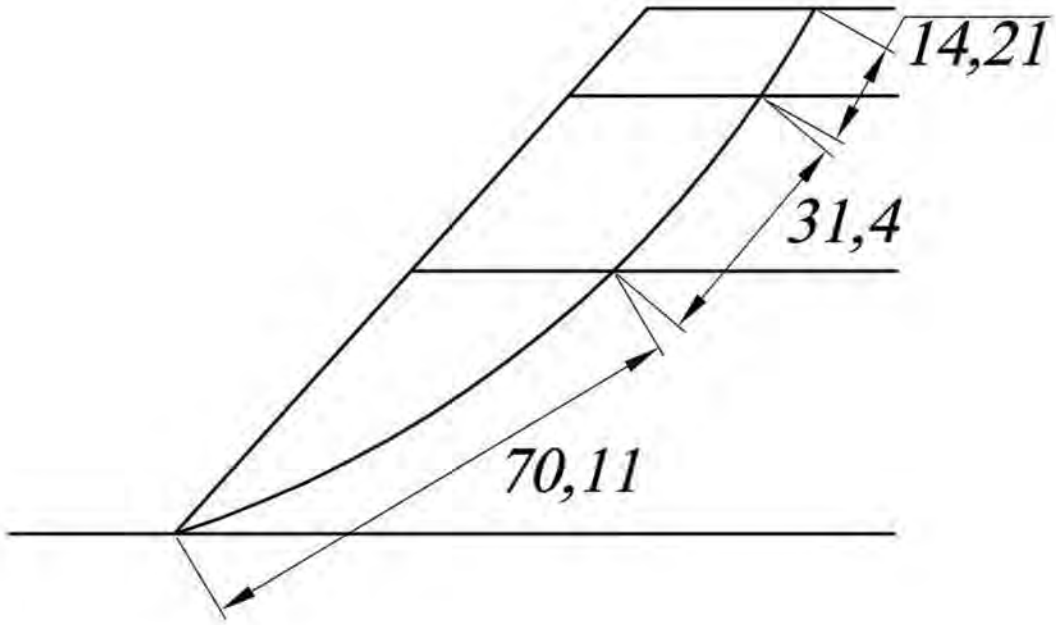


Рис. 4.6 Пример определения длин участков линии скольжения
в различных типах пород

Вычисляем средневзвешенный коэффициент сцепления:

$$k_{\text{ср}} = \frac{k_1 \cdot l_1 + k_2 \cdot l_2 + k_3 \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{4{,}17 \cdot 14{,}21 + 58{,}92 \cdot 31{,}4 + 81{,}67 \cdot 70{,}11}{14{,}21 + 31{,}4 + 70{,}11} =$$
$$= \frac{59{,}26 + 1850{,}09 + 5725{,}88}{115{,}72} = \frac{7635.23}{115{,}72} = 65{,}9, \text{кПа}.$$

4.1.3 Средневзвешенный угол внутреннего трения ($\rho_{\text{ср}}$):

Для определения величин нормальных напряжений на участках производим дополнительные построения (рис. 4.7):

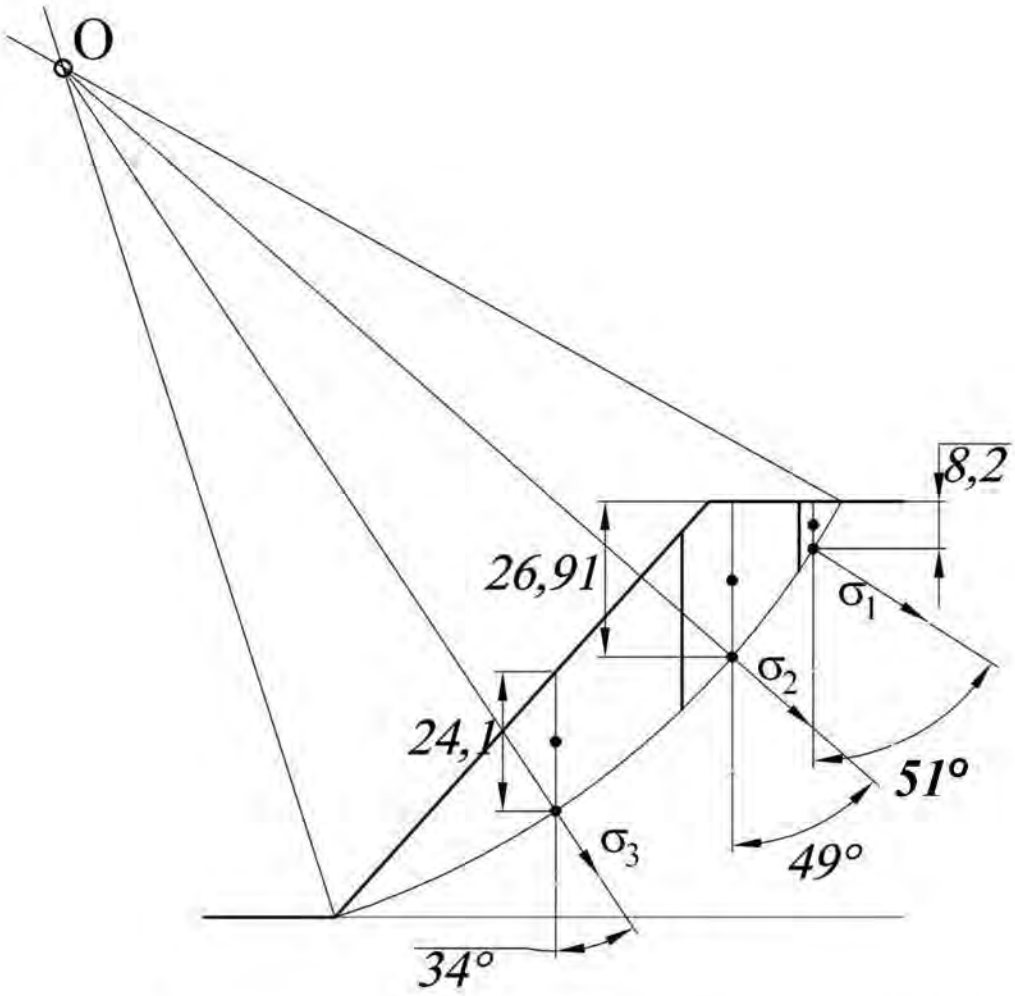


Рис. 4.7 Пример определения величин нормальных напряжений

Площади, занимаемые соответственно покрывающими, выветрелыми и невыветрелыми породами в первом, втором и третьем вертикальных блоках указаны на рис. 4.8.

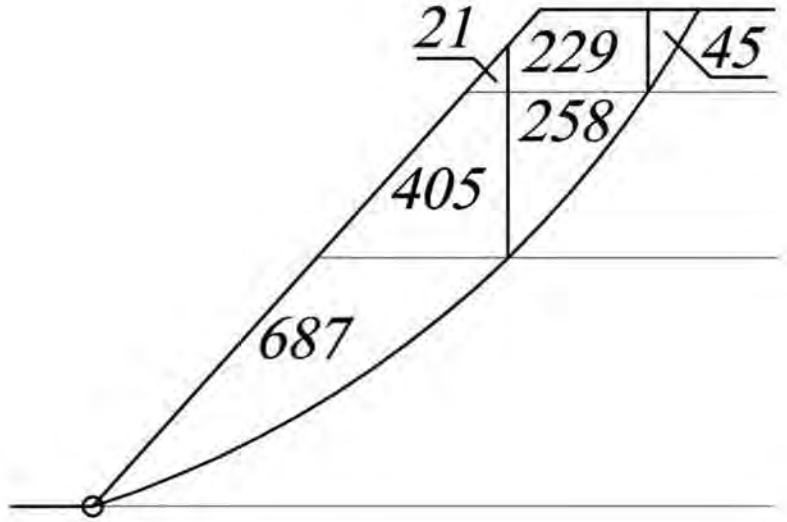


Рис. 4.8 Пример определения площадей, занимаемых соответственно покрывающими, выветрелыми и невыветрелыми породами, распределенных по вертикальным блокам

Средняя плотность каждого вертикального блока равна:

Блок № 1

$$\psi_1^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_1^1}{S_1^1} = \frac{25{,}0 \cdot 45}{45} = 25{,}0 \text{ кН.}$$

Блок № 2

$$\psi_2^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_2^1 + \psi_2 \cdot S_2^2}{S_2^1 + S_2^2} = \frac{25{,}0 \cdot 229 + 26{,}5 \cdot 258}{229 + 258} = \frac{5725{,}00 + 6837{,}00}{487} = 25{,}8, \text{кН.}$$

Блок № 3

$$\psi_3^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_3^1 + \psi_2 \cdot S_3^2 + \psi_3 \cdot S_3^3}{S_3^1 + S_3^2 + S_3^3} = \frac{25{,}0 \cdot 21 + 26{,}5 \cdot 405 + 27{,}2 \cdot 687}{21 + 405 + 687} = \frac{525 + 10732{,}5 + 18686{,}40}{1113} = 26{,}9 \text{ кН.}$$

Углы β_1, β_2 и β_3 равны соответственно 51°, 49° и 34° (см. рис. 4.7).

Высота первого блока – $h_1 = 8{,}2$, второго – $h_2 = 26{,}91$, третьего – $h_3 = 24{,}1$ (см. рис. 4.7).

Определим величины σ_1, σ_2 и σ_3:

$$\sigma_1 = \psi_1^{\text{блока}} \cdot h_1 \cdot \cos^2 \beta_1 = 25{,}0 \cdot 8{,}2 \cdot \cos^2 51° = 81{,}19, \text{кПа;}$$

$$\sigma_2 = \psi_2^{\text{блока}} \cdot h_2 \cdot \cos^2 \beta_2 = 25{,}8 \cdot 26{,}9 \cdot \cos^2 49° = 298{,}72, \text{кПа;}$$

$$\sigma_3 = \psi_3^{\text{блока}} \cdot h_3 \cdot \cos^2 \beta_3 = 26{,}9 \cdot 24{,}1 \cdot \cos^2 34° = 445{,}57, \text{кПа.}$$

Средневзвешенный угол внутреннего трения равен:

$$\rho_{ср} = \text{arctg}\frac{\text{tg}\,\rho_1 \cdot l_1 \cdot \sigma_1 + \text{tg}\,\rho_2 \cdot l_2 \cdot \sigma_2 + \text{tg}\,\rho_3 \cdot l_3 \cdot \sigma_3}{l_1 \cdot \sigma_1 + l_2 \cdot \sigma_2 + l_3 \cdot \sigma_3} = \text{arctg}\frac{\text{tg}\,29° \cdot 14{,}1 \cdot 81{,}19 + \text{tg}\,33° \cdot 31{,}4 \cdot 298{,}72 + \text{tg}\,35° \cdot 70{,}11 \cdot 445{,}57}{14{,}1 \cdot 81{,}19 + 31{,}4 \cdot 298{,}72 + 70{,}11 \cdot 445{,}57} = \text{arctg}\frac{634{,}56 + 6091{,}32 + 21873{,}72}{1144{,}78 + 9379{,}81 + 31238{,}91} = \text{arctg}\frac{2859960{,}21}{4176349{,}97} = \text{arctg}\,0{,}685 = 34{,}4°$$

4.2. Построение поверхности скольжения

Предварительно рассчитывается высота щели вертикального отрыва (H_{90}) и ширина призмы возможного обрушения (a).

4.2.1 Высота щели вертикального отрыва

$$H_{90} = \frac{2k_{ср} \cdot \mathrm{ctg}(45° - \rho_{ср}/2)}{\psi_{ср}}, \text{м} \qquad (4.6)$$

где $\psi_{ср}$– средний удельный вес, кН;

$k_{ср}$ – средний расчетный коэффициент сцепления пород, МПА;

$\rho_р$ – расчетное значение угла внутреннего трения, градусы.

4.2.2 Ширина призмы возможного обрушения

$$a = \frac{2H_б\left(1 - \mathrm{ctg}\alpha \cdot \mathrm{tg}\left((\alpha + \rho_р)/2\right)\right) - 2H_{90}}{\mathrm{ctg}(45 - \rho_р/2) + \mathrm{tg}\left((\alpha + \rho_р)/2\right)}, \text{м} \qquad (4.7)$$

где $H_б$ – высота борта карьера, м;

α –результирующий угол откоса борта;

ρ – угол внутреннего трения пород, градусы;

H_{90} – глубина щели вертикального отрыва, м.

ПРИМЕР 4.2

4.2.3. Следующим этапом работы является построение наиболее вероятной линии скольжения (рис. 4.9):

А. От верхней бровки (точка B*) верхнего уступа карьера (рис. 4.9* А*) откладывается величина призмы обрушения (a =* BC*);*

Б. Из точек B *и* C *вертикально откладываются высоты (H_{90}) – точки* B' *и* C' *(рис. 4.9* Б*);*

В. Из точек B' *и* C' *проводятся линии под углом $\Theta_1 = 45° + \rho_{ср}/2$ к горизонту (рис. 4.9* B*); Точку на пересечении этих линий обозначим буквой* D.

Г. Из точки D *восстанавливается перпендикуляр к отрезку* C'D *до взаимного пересечения в точке* O *с перпендикуляром, восстановленным из точки* A *к направлению* AN *составляющему с откосом угол $\Theta_0 = 45° - \rho_{ср}/2$ (рис. 4.9* Г*);*

Д. Радиусом R = OA = OD *проводится дуга окружности* AD *с центром в точке* O*, и линия* ADC'C *является искомой поверхностью скольжения (рис. 4.9* Д*).*

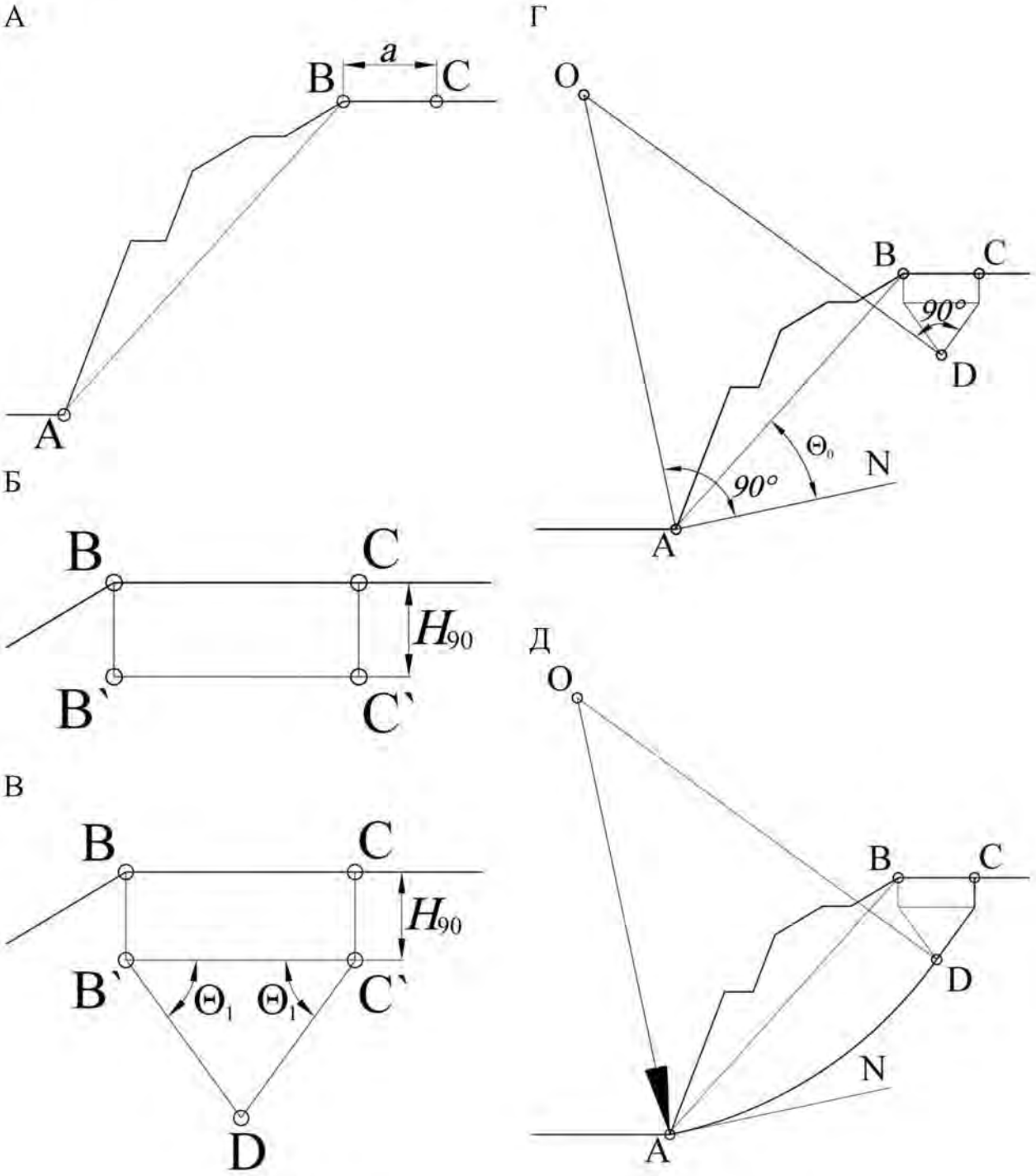


Рис.4.9 Схема построения линии скольжения

ПРИМЕР 4.2.1

Высота щели вертикального отрыва:

$$H_{90} = \frac{2k_{ср}\cdot \mathrm{ctg}\left(45° - \frac{\rho_{ср}}{2}\right)}{\gamma_{ср}} = \frac{2\cdot 65{,}9\cdot \mathrm{ctg}\left(45° - \frac{34{,}4}{2}\right)}{26{,}5} = \frac{2\cdot 65{,}9\cdot \mathrm{ctg}27{,}8°}{26{,}5} = 9{,}43\text{ , м.}$$

Ширина призмы возможного обрушения:

$$2a = \frac{2H_б\left(1-\text{ctg}\alpha\cdot\text{tg}\left(\frac{\alpha+\rho}{2}\right)\right)-2H_{90}}{\text{ctg}\left(45-\frac{\rho}{2}\right)+\text{tg}\left(\frac{\alpha+\rho}{2}\right)} = \frac{2\cdot72\left(1-\text{ctg}48°\cdot\text{tg}\left(\frac{48°+34,4°}{2}\right)\right)-2\cdot9,43}{\text{ctg}\left(45-\frac{34,4°}{2}\right)+\text{tg}\left(\frac{48°+34,4°}{2}\right)} =$$

$$\frac{144\cdot(1-\text{ctg}48°\cdot\text{tg}41,2°)-18,86}{\text{ctg}\,27,8°+\text{tg}\,41,2°} = \frac{11,61}{2,77} = 4,19 \text{ , м.}$$

Строим наиболее вероятную линию скольжения (рис. 4.11):

⚠ Возможны иные варианты построения линии скольжения, которые зависят от геометрических параметров откоса и свойств пород. Например, могут отсутствовать прямолинейный участок и верхняя горизонтальная площадка призмы скольжения (рис.4.10) [3]

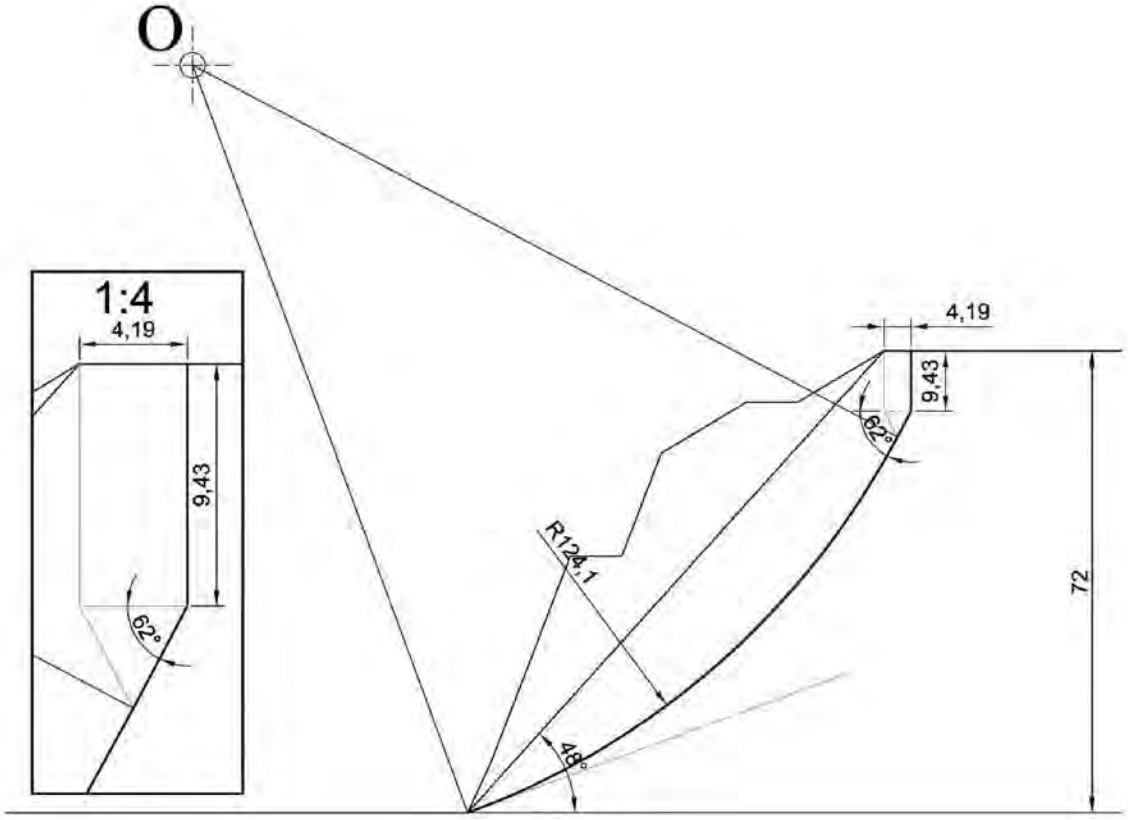


Рис.4.11 Пример построения линии скольжения

4.4. Расчет удерживающих и сдвигающих сил

4.4.1. Горная масса выше поверхности скольжения (призма обрушения) разбивается на ряд вертикальных блоков (рис. 4.12). Причем, чем больше блоков, тем точнее будут расчеты. Для данного учебного расчета достаточно разбить призму скольжения на 6-8 блоков.

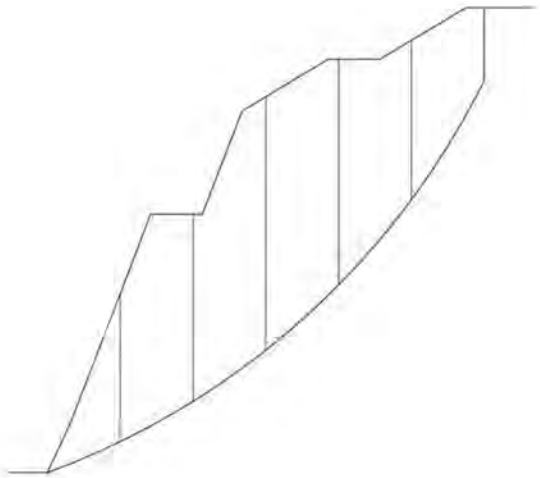


Рис.4.12. Разбивка массива на блоки

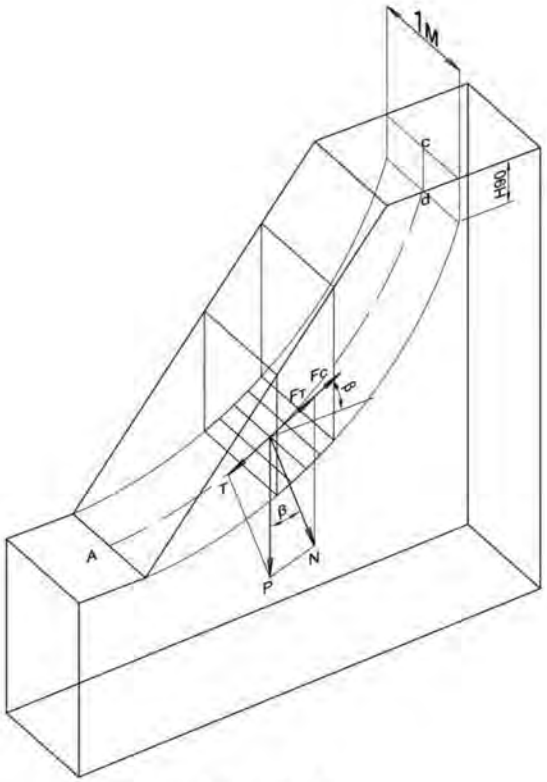


Рис.4.13

Желательно соблюдать правило: в основании одного блока должна находиться порода одного типа [4].

Необходимые для расчета данные получают замером их на чертеже.

4.4.2. Вес горной массы в блоке j (P_j), действующий на поверхность скольжения (рис. 4.13), можно представить как:

$$P_j = S_j \cdot \psi_{ср}, \text{кН} \qquad (4.8)$$

где S_j – площадь вертикального блока на сечении (рис. 4.14) м^2;

$\psi_{ср}$ – усредненный удельный вес, кН/м^3.

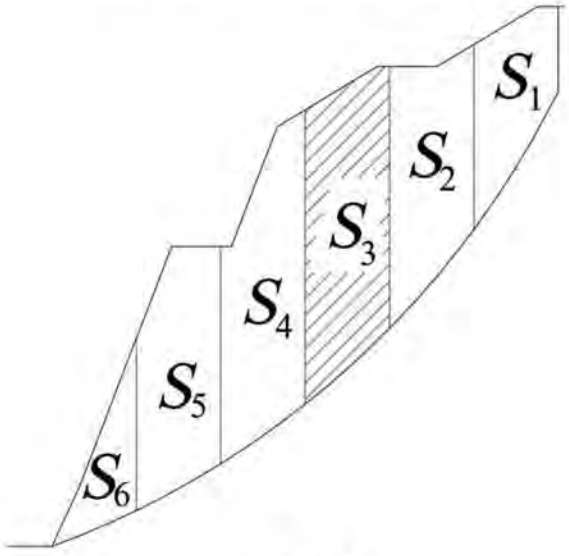
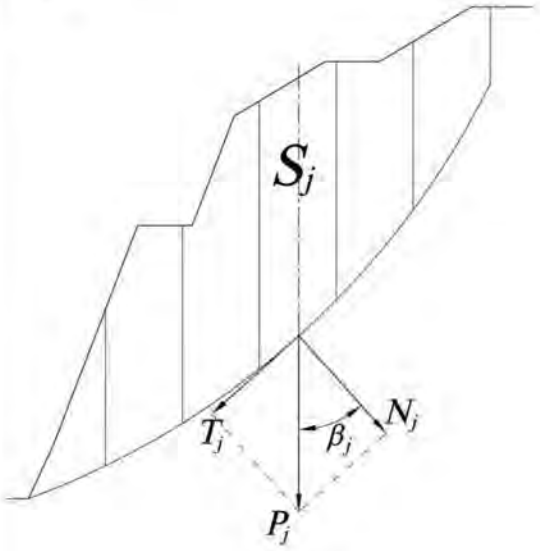


Рис. 4.14



4.15

4.4.3. По каждому блоку j определяется касательная (T_j) и нормальная (N_j), составляющие вектора силы тяжести P_j (рис. 4.15):

Для этого в каждом блоке (j) измеряется угол (β_i) между векторами P и N. Значения сдвигающей и удерживающей сил вычисляются соответственно по формулам (4.9) и (4.10).

$$N_j = P_j \cdot cos(\beta_j), \text{кН} \quad (4.9)$$

$$T_j = P_j \cdot sin(\beta_j), \text{кН} \quad (4.10)$$

где P_j – вес горной массы в блоке j, кН;

β_j –угол между векторами P и N, градусы.

Полученные значения записываем в таблицу 4.1.

4.4.4. Определяем значения удерживающих сил в каждом блоке.

Сила трения ($F_j^{тр}$):

$$F_j^{тр} = N_j \cdot tg(\rho_{ср}), \text{кН} \quad (4.11)$$

где N_j – нормальная составляющая силы тяжести, кН;

$\rho_{ср}$–усредненный угол внутреннего трения, градусы.

Полученные значения записываем в таблицу 4.1.

Сила сцепления ($F_j^{сц}$):

$$F_j^{сц} = k_j \cdot l_j, \quad \text{кН} \quad (4.12)$$

где k_j – сцепление в блоке j, кПа (1 000 кПа = 1 МПа);

l_j – длина основания блока, м.

⚠ Сцепление в блоке принимается равным сцеплению в том типе пород, в которых находится основание блока (см. пример 4.2.2)

Полученные значения записываем в таблицу 4.1.

4.4.5. По данным таблицы 4.1 вычисляем суммы удерживающих и сдвигающих сил по всей линии скольжения.

4.4.6. Вычисляем значение коэффициента запаса устойчивости:

$$\eta_р = \frac{\sum F_j^{тр} + \sum F_j^{сц}}{\sum T_j} \quad (4.13)$$

где N_j – нормальная составляющая силы тяжести;

$\rho_{ср}$ – усредненный угол внутреннего трения, градусы.

4.4.7. Делаем вывод:

Если рассчитанный коэффициент запаса устойчивости больше или равен единице, то это означает, что борт устойчив.

Если меньше, то возможно обрушение борта. В этом случае необходимо принять меры по выполаживанию или укреплению борта.

Таблица 4.1 Расчет сил по линии скольжения

№ блока (J)	Площадь блока J,(S_J), м^2	Угол наклона (β_J), град.	Сила тяжести в блоке P_J, кН	Нормальная сила (N_J), кН	Касательная сила (T_J),кН	Сила трения ($F_J^{тр}$), кН	Сцепление в блоке J (K_J), кПа	Длина основания блока(L_J), м	Сила сцепления ($F_J^{сц}$), кН
1									
2									
3									
4									
5									
6									
…									
n									
$\sum_{сил}$					$\sum_{j=1}^{n} T_j$	$\sum_{j=1}^{n} F_j^{тр}$			$\sum_{j=1}^{n} F_j^{сц}$

ПРИМЕР 4.2.2:

Разбиваем призму обрушения на семь вертикальных блоков. Первый сверху блок опирается на покрывающие породы, второй и третий на выветрелые, а последующие на свежие скальные породы (рис. 4.16).

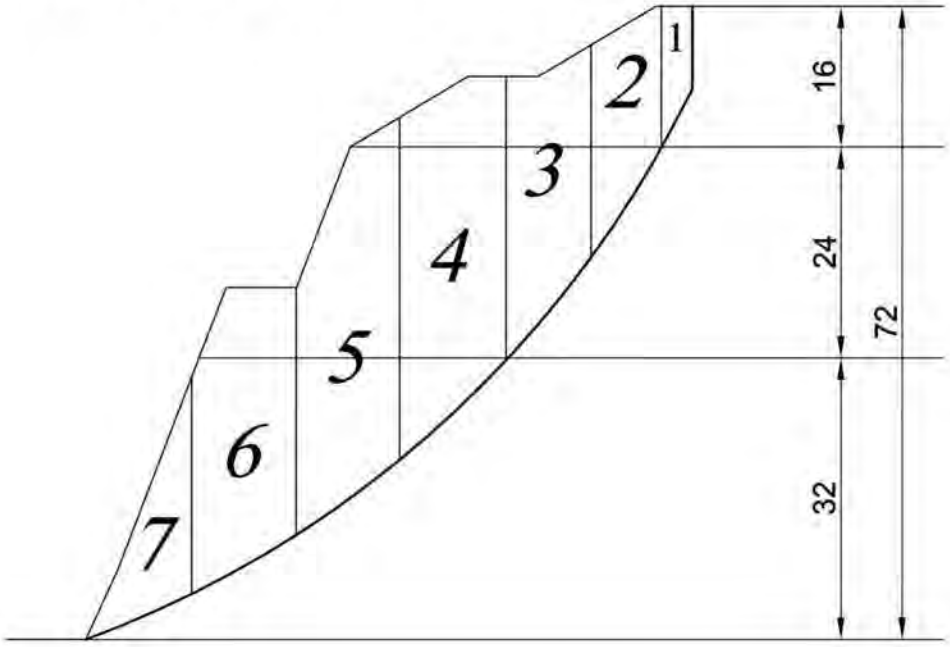


Рис. 4.16 Расчет удерживающих и сдвигающих сил.
Шаг 1 – разбиение призмы обрушения на вертикальные блоки

По чертежу определяем площадь каждого блока. Результаты измерений записываем в таблицу 4.2.

Вычисляем вес горной массы в каждом блоке по формуле:

$$P_j = S_j \cdot \psi_{ср}, \text{ кН},$$

где S_j – площадь вертикального блока на сечении, м^2;

$\psi_{ср}$ –усредненный удельный вес, кН/м^3.

Результаты вычислений записываем в таблицу 4.2.

Из точки О (см. п. 4.3.2.) проводим лучи через середину основания каждого из блоков (рис. 4.17 А). Направление этих лучей соответствует направлению нормальной составляющий вектора силы тяжести (см. рис. 4.15).

Из середины основания каждого блока проводим вниз вертикальную линию (рис. 4.17 Б). Направление этих лучей соответствует направлению вектора силы тяжести (см. рис. 4.15).

Измеряем угол между направлениями нормальной составляющей и вектором силы тяжести (рис. 4.17 В). Результаты измерений заносим в таблицу 4.2.

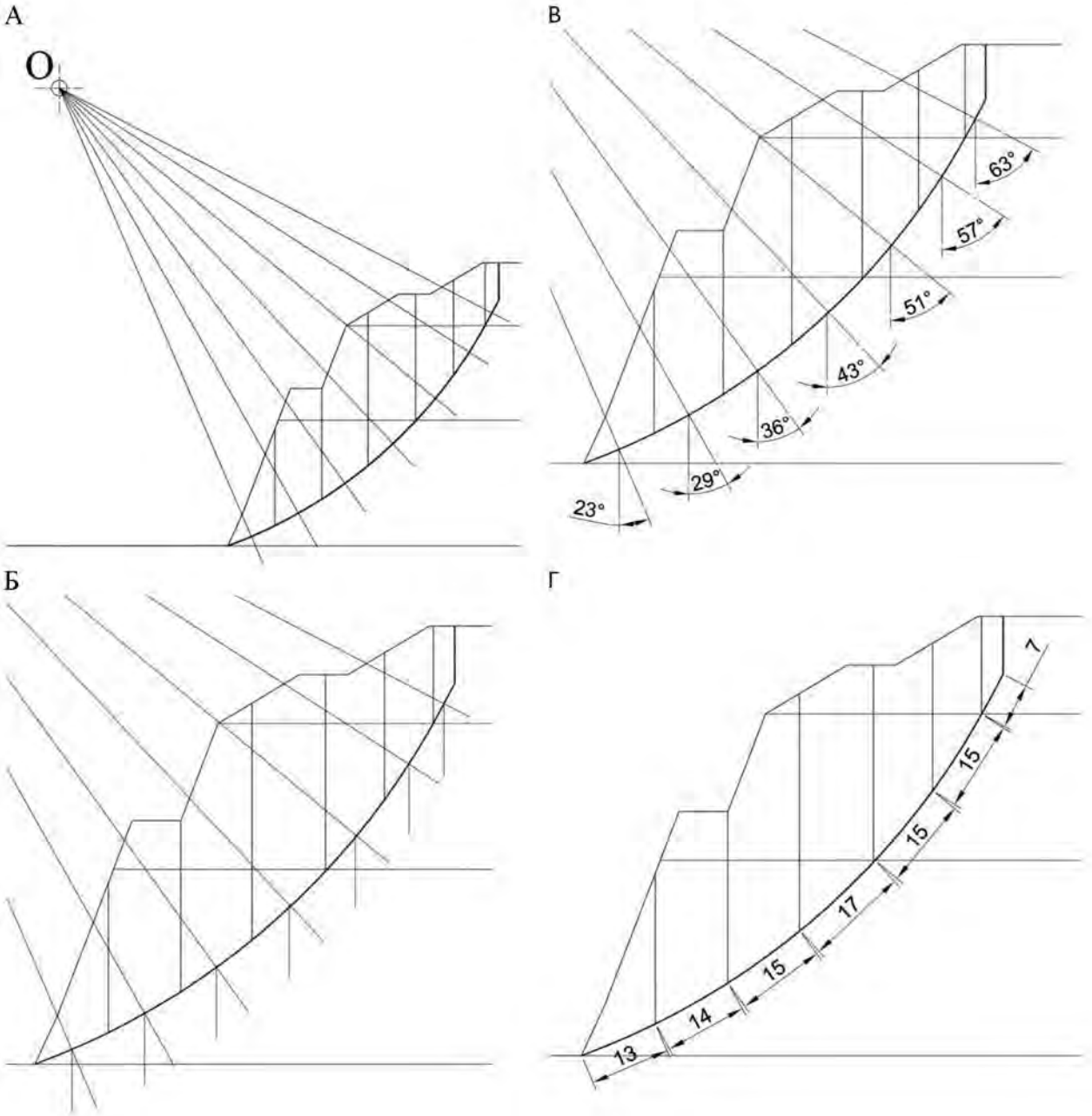


Рис. 4.17 Определение сдвигающих и удерживающих сил

Для каждого блока вычисляем значение нормальной составляющей вектора силы тяжести (N_j) по формуле:

$$N_j = P_j \cdot cos(\beta_j), \text{кН},$$

где P_j – вес горной массы в блоке j, кН;

β_j – угол между векторами P_j, и N_j, градусы.

Результаты расчетов заносим в таблицу 4.2.

Для каждого блока вычисляем значение касательной составляющей вектора силы тяжести (T_j) по формуле:

$$T_j = P_j \cdot \sin(\beta_j), \text{кН}.$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 4.2.

Значение силы трения ($F_j^{тр}$) вычисляем по формуле:

$$F_j^{тр} = N_j \cdot \text{tg}(\rho_{ср}), \text{кН},$$

где N_j – нормальная составляющая силы тяжести, кН;

$\rho_{ср}$ – усредненный угол внутреннего трения, градусы.

Полученные значения записываем в таблицу 4.2.

Заносим в таблицу 4.2. значение сцепления для каждого блока:

- для первого блока (покрывающие породы) – 4,2 кПа;
- для блоков 2 и 3 (выветрелые породы) – 58,9 кПа;
- для блоков с 4 по 7 (свежие породы) – 81,7 кПа.

На чертеже измеряем длины основания каждого блока (рис. 4.17 г). Полученные значения записываем в таблицу 4.2.

Вычисляем значение силы сцепления ($F_j^{сц}$) по формуле:

$$F_j^{сц} = k_j \cdot l_j, \quad \text{кН}$$

где k_j – сцепление в блоке j, кПа;

l_j – длина основания блока, м.

Полученные значения записываем в таблицу 4.2.

Вычисляем суммы удерживающих и сдвигающих сил по всей линии скольжения (см. таблицу 4.2)

Таблица 4.2 Пример расчета сил по линии скольжения

№ блока (J)	Площадь блока J,(S_J), м^2	Угол наклона (β_J), град.	Сила тяжести в блоке P_J, кН	Нормальная сила (N_J), кН	Касательная сила (T_J),кН	Сила трения ($F_J^{тр}$), кН	Сцепление в блоке J (K_J), кПа	Длина основания блока(L_J), м	Сила сцепления ($F_J^{сц}$), кН
1	45	63	1192,5	541,4	1062,5	370,7	4,2	7,0	29,2
2	162	57	4293,0	2338,1	3600,4	1601,0	58,9	15,0	883,8
3	265	51	7022,5	4419,4	5457,5	3026,0	58,9	15,0	883,8
4	439	43	11633,5	8508,2	7934,0	5825,7	81,7	17,0	1388,4
5	427	36	11315,5	9154,4	6651,1	6268,2	81,7	15,0	1225,1
6	354	29	9381,0	8204,8	4548,0	5617,9	81,7	14,0	1143,4
7	141	23	3736,5	3439,5	1460,0	2355,1	81,7	13,0	1061,7
$\sum$сил					30713,5	25064,6			6615,4

4.4.5. Вычисляем значение коэффициента запаса устойчивости.

$$\eta_{\text{р}} = \frac{\sum F_j^{\text{тр}} + \sum F_j^{\text{сц}}}{\sum T_j} = \frac{25064{,}6 + 6615{,}4}{30713{,}5} = \frac{31680{,}0}{30713{,}5} = 1{,}03$$

ВЫВОД:

Так как, в данном случае, рассчитанный коэффициент запаса устойчивости больше единицы, можно утверждать, что борт устойчив.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости (утв. Госгортехнадзором СССР 21.07.1970).
2. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. - Л: ВНИМИ, 1972, -166 с.
3. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. - М: Недра, 1975, -279 с.
4. Черчинцева Т. С. Методические указания к выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Основы геомеханики» для студентов специальности 090500. – Магнитогорск: МГТУ, 2004, -43 с.
5. Шелест А. Т., Беляев В. Л. Геомеханика: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 2001, -186 с.
6. Гальперин А. М. Геомеханика открытых горных работ. - М.: МГТУ, 2003 г.
7. Обоснование параметров устойчивых откосов борта карьера и его уступов /Методические указания/ - Магнитогорск МГТУ, 2003, -12с.
8. Фисенко Г. Л. Руководство по определению оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов Л. -1962.
9. Зотеев О. В., Осинцев В. А. Геомеханика. Учеб. пособие. - Екатеринбург: УГГГА, 1997.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Физико-механические свойства горных пород

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
I. Крепкие породы						
Изверженные (K > 300 кГ/см^2)						
Гранитоиды	2,62		–	425	36,5	–
Кварцевые порфиры	2,56	2,64	0,36	395	37,0	0,40
Сиениты	2,76		0,39	560	32,0	0,50
Гранодиориты	2,63	2,78	0,39	560	32,0	0,50
Порфириты	3,02		0,50	365	33,0	0,45
Габбро-диориты	2,70			373	35,5	
Габбро	3,11			300	36,0	
Габбро-диабазы	2,86			353	32,0	0,80
Диабазы	2,95			460	30,0	
Перидотиты	2,80			323	36,0	0,70
Пироксениты	3,23			350	35,5	
Метаморфические и осадочные (K > 200 кГ/см^2)						
Кварциты	2,64	2,84	0,50	350-700	36,0	0,5-0,7
Джеспилиты	3,43			360	36,0	0,40
Роговики	2,58			305	35,0	0,40
Роговики гидрогематитовые	3,17			300	32,0	0,40
Сланцы кремнисто-глинистые	2,82		0,24	380	33,5	0,30
Сланцы кварцево-хлорито-серицитовые	2,73			210	33,0	0,30
Филлиты, туффиты	2,87			300	28,0	0,40
Серпентиниты	2,7-3,1		0,40	230-300	35,0	0,6-1,0
Скарны	2,75		0,28	587	31,0	0,4-0,5
Кварцевые песчаники	2,50	2,65	2,50	250	35,0	0,5-1,5
Известняки	2,70	2,77	0,14	220	33	0,3-1,0

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
II. Породы средней прочности						
Изверженные слабовыветрелые (K > 300 кГ/см^2)						
Гранитоиды	2,56			220	36,5	0,3-0,5
Кварцевые порфиры	2,50	2,64	0,20	227	34	0,3-0,5
Сиениты, сиенито-диориты, диориты	2,50	2,66	1,00	205	32	0,3-0,5
Гранодиориты, гранодиорит-порфиры	2,57	2,75	1,05	285	36,5	0,50
Порфириты	3,00			260	37,0	
Габбро-диориты	3,00			210	36,0	
Габбро	2,83			275	35,0	
Габбро-диабазы	2,98			260	36,5	
Диабазы	2,75			200-260	36-37	
Спилиты				240	36	0,70
Изверженные выветрелые (K = 20-200 кГ/см^2)						
Сиенито-диориты				120	32	
Кератофиры				165	33	
Гранодиорит-порфиры	2,40	2,74	0,90	180	36	,03-0,5
Порфириты				170	31	
Габбро-диориты	2,66			180	36	
Диабазы				70	34	
Метаморфические (K = 20-200 кГ/см^2)						
Кварциты	2,61	2,78	0,40	156	34	0,5-0,7
Кварциты каолинизированные	2,24	2,59	0,94	48	30	0,2-0,3
Сланцы песчано-глинистые	2,78			180	37	0,40
Сланцы хлорито-кварцевые и хлоритовые	2,86			140	35	0,30
Филлиты				152	27	0,30

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
Тальково-карбонатная порода	2,89			115	30	
Магнетиты	4,32			190	34	0,2-0,3
Серпентиниты выветрелые	2,50			84	34	0,2-0,3
Серпентиниты рассланцованные, сильновыветрелые	2,50			23	33	0,05-0,3
Осадочные (K = 20-200 кГ/см^2)						
Известняки	2,44-2,67	2,83	0,1-4,0	140-165	27-32	0,3-0,8
Известняки выветрелые	2,37			73	32	
Песчаники аркозовые	2,46			175	38	
Песчаники глинистые	2,67			170	37	
Песчаники с карбонатным цементом	2,57	2,68	2,27	170	36	0,40
Песчаники с глинистожелезистым цементом	2,31	2,70	2,70	87	36	0,30
Песчаники	2,53	2,75		50-90	35	0,3-0,8
Алевролиты	2,51	2,72	4,00	35-70	33	0,35-0,7
Аргиллиты	2,45	2,80	8,00	40	29	0,2-0,45
Уголь	1,26-1,58		5,00	28	36	0,03-0,6
III. Слабые породы (K < 20 кГ/см^2)						
Сильновыветрелые						
Габбро-диориты	2,40			14,3	36	
Сланцы	2,12		18,0	1,2-13,6	26-30	
Песчаники				7,5	36	
Диабазы	2,07		19,6	3,2	34	
Доломиты, сидериты	2,00		31,6	1,39	32	
Осадочные						
Песчаники	2,11	2,65	11,0	11,0	35	
Алевролиты	2,13	2,48	20,0	3-17	31	
Аргиллиты	2,02	2,67	18,0	3-10	29	

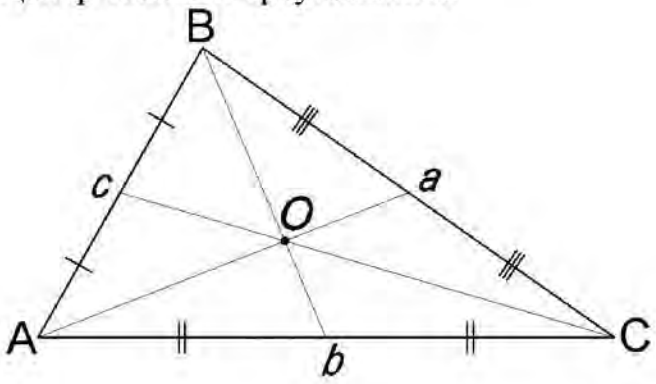
Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
Песок разнозернистый	2,04	2,65	16,5	0,0-0,24	35	
Песок среднезернистый	1,75	2,64	17,0	0,1-0,15	33-34	
Песок мелкозернистый	1,96	2,68	23,0	01-0,35	31-32	
Песок тонкозернистый	1,80	2,66	17,0	0,28	30	
Песок глинистый уплотненный	2,08	2,65	18,0	0,45-0,8	26-32	
Песок глинистый мелкозернистый	1,80		40,0	0,4-0,70	28-30	
Песок глинистый тонкозернистый	1,99	2,67	25,0	0,35-0,6	26-28	
Супесь	1,80	2,66	13,0	0,17	30-34	
Суглинок пылеватый лёссовидный	1,76	2,68	16,0	0,35-0,65	27-32	
Суглинок пылеватый	1,90	2,69	21,0	0,23-0,4	22-27	
Лёссы	1,76			1,05	29	
Мел трещиноватый	1,90	2,64	31	1,40	35	
Мел переотложенный	1,92	2,70	26	0,5	35	
Глина брекчиевидная	2,19		15	1,6-7,6	28	
Глина бокситовая	2,20		13	1,25-4,1	27	
Глина опоковидная	1,64	2,55	46	1,55	23	
Глина песчаная	2,02	2,70	22	0,5-1,25	18-28	
Глина плотная	1,98	2,69	25	1,3-3,5	16-25	
Глина песроцветная	1,96	2,70	27	0,8-1,5	14-18	
Глина коры выветривания	1,94	2,78	26	1,00	15-17	
Глина плотная пылеватая	1,96	2,7	25	0,6-1,75	9-15	
Глина плотная лигнитовая	1,96	2,43-2,98	30	1,75	13	
Глина жирная	1,91	2,64	26	0,50	90	

Приложение 2 – Коэффициент запаса устойчивости

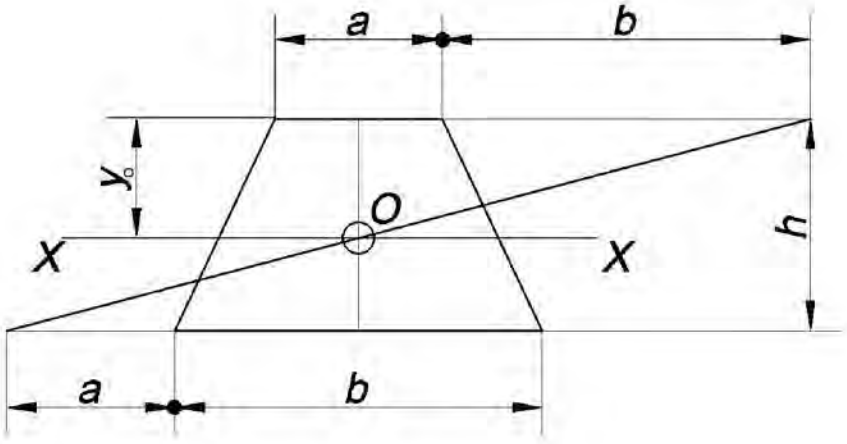
Характеристика бортов	Коэффициент η в зависимости от срока	
	до 5 лет	> 5 лет
Нерабочий борт из-за глины или трещины породы	1,2	1,3
Нерабочий борт из-за песчаника или гравелистых пород	1,15	1,2
Рабочий борт	1,2	–
Откосы рабочих уступов и отвалов	1,2	–
Откосы уступов нерабочего борта: глинистые, трещиноватые породы	1,5	2,0
Откосы уступов нерабочего борта: песчаник и гравелистые породы	1,15	1,2

Приложение 3 –Определение центра тяжести

Центр тяжести треугольника



Центр тяжести трапеции



$$y_o = \frac{h}{3} \cdot \frac{2b + a}{a + b}$$

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.В.01 ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Исаков С.В., к.т.н., Ганиев Р.С., Мусихина О.В. к.т.н., доцент, Костин А.Л.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 5

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 5

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 6

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Общие сведения о физико-механических свойствах пород.
2. Основные дренажные выработки и устройства.
3. Графический метод определения призмы обрушения.
4. Понятие о барражной защите карьера от подземных вод
5. Схемы осушения, условия применения
6. Приток воды к совершенному грунтовому колодцу
7. Приток воды к грунтовому несовершенному колодцу.
8. Основное условие устойчивости массива и два подхода при его проверке.
9. Приток воды к дренажной траншее.
10. Укрепление откосов анкерами, пригрузками.
11. Характеристика подземного способа осушения.
12. Коэффициент запаса устойчивости.
13. Схемы осушения.
14. Расчет углов откосов по криволинейной поверхности скольжения.

15. Основы динамики подземных вод.

16. Почему возникает необходимость осушения карьеров?

17. Определение водопритока к совершенному артезианскому колодцу.

18. Водоотлив и водоотвод на карьерах.

19. Характеристика подземного способа осушения.

20. Основные способы осушения отвалов.

21. Описание потока подземных вод.

22. Принципы расчета водопритока методом «большого колодца».

23. Основные методы прогноза общих водопритоков к карьеру.

24. Особенности технологии горных работ в приконтурной зоне карьера.

25. Приток воды к грунтовому несовершенному колодцу.

26. Основные поверхности (профили) деформации.

27. Основы динамики подземных вод.

28. Основные задачи осушения и требования к нему.

29. Основные задачи фильтрационных расчетов.

30. Краткая характеристика поверхностного способа осушения.

31. Водоотлив и водоотвод на карьерах.

32. Выбор конструктивного угла погашения.

33. Глубина карьера и устойчивость бортов.

34. Расчет углов откосов с оценкой равновесия по плоской линии скольжения.

35.Специальные технологии горных работ в приконтурной зоне.

36. Метод водного баланса.

37.Укрепление откосов сваями.

38. Понятие о барражной защите карьера от подземных вод.

39. Защита карьера от поверхностных вод.

40. Горные работы на оползневых участках.

41. Порядок фильтрационных расчетов.

42. Способы регулирования стока и удаления вод (карьерных).

43. Определение общих водопритоков к карьеру.

44.Основные направления технологии горных работ по обеспечению устойчивости.

45. Характеристика поверхностного способа осушения.

46. Характеристика осыпей, обрушений.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Практический курс геомеханики подземной и комбинированной разработки руд : учебное пособие / Д. М. Казикаев, Г. В. Савич. - 2-е изд., стер. - Москва : Горная книга, 2013. - 224 с. : ил. - (Горное образование). - Библиогр.: с. 213. - ISBN 978-5-98672-342-6 : 426.36 р.	3
2.	Геомеханика подземной разработки руд : учебник для вузов / Д. М. Казикаев. - 2-е изд., стер. - Москва : Изд-во МГГУ, 2009. - 542 с. : ил. - (Горное образование). - Библиогр.: с. 532-535. - ISBN 978-5-7418-0543-5 : 1077.00 р., 1168.50 р.	25
2.	Геомеханика определение оптимальных параметров конструкции нерабочего борта карьера) [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работдля студентов специальности 130400 / С. В. Исаков, О. В. Мусихина, Р. С. Ганиев. - Екатеринбург : УГГУ, 2014. - 25 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 19	14
3.	Проверка устойчивости борта карьера [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Геомеханика" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Открытые горные работы" всех форм обучения / С. В. Исаков, О. В. Мусихина, А. Л. Костин ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2018. - 27 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 21.	40

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Геомеханика : учеб. пособие / Марина Владимировна Рыльникова М. В., Олег Вадимович Зотеев О. В. - Москва : Руда и Металлы, 2003. - 240 с. - Библиогр.: с. 239. - ISBN 5-98191-004-6	10
2.	Практическая геомеханика = Practical rock mechanics : пособие для горных инженеров / А. Б. Макаров. - Москва : Горная книга, 2006. - 391 с. : цв. ил., рис., фото. цв. - Библиогр.: с. 380-382. - ISBN 5-98672-038-5	2

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Горное дело: информационно-аналитический портал для горняков; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mwork.su/

Горное дело: информационно-справочный сайт; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gornoe-delo.ru/

Горнопромышленный портал России: информационный портал; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.miningexpo.ru/

Scopus: https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri

E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОМЕХАНИКА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Тема 1: Общие сведения

Основные условия устойчивости откосов горных пород. Факторы, влияющие на устойчивость уступов и бортов карьеров факторы.

Тема 2: Комплексы горных пород

Классификация инженерно-геологических комплексов горных пород по условиям устойчивости бортов карьеров. Изучение инженерно-геологических условий месторождений, подлежащих разработке открытым способом.

Тема 3: Деформации бортов карьеров и отвалов

Классификация деформаций бортов карьеров и отвалов. Маркшейдерские наблюдения за деформацией бортов карьеров. Мероприятия по предотвращению деформаций откосов уступов и отвалов. Горные работы на оползневых участках.

Тема 4: Расчеты устойчивости бортов карьеров и отвалов

Методы расчета устойчивости. Понятие предельного равновесия. Схемы расчета устойчивости бортов карьеров в различных геологических условиях

Тема 5: Конструкция бортов карьеров

Обоснование конструкции бортов карьеров. Конструктивные элементы борта карьера. Экспериментальная проверка методов расчета устойчивости откосов и ориентировочные углы наклона бортов карьеров.

Тема 6: Осушение карьерных полей

Расчет водопритоков в открытые горные выработки. Виды карьерного водоотлива. Дренаж основания и поверхности отвалов Способы дренажа Основные расчетные формулы

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.В.02 МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Исаков С.В., к.т.н.

Екатеринбург

Задания контрольной работы, направленные на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию ПК-1 (уметь: методы численного анализа данных в решении горных инженерных задач; владеть: современными технологиями моделирования.)

1. Решить задачу линейного программирования графическим методом

Задача: Пусть имеется три забоя, дающих руду с различным содержанием полезного компонента: содержание в первом забое α_1, во втором - α_2 и в третьем - α_3. Максимальная производительность, которую могут выдать забои соответственно D_1, D_2 и D_3. При этом по возможностям откатки с первого и второго участков можно вывезти не более $M_{1\text{-}2}$ т/сут. **Требуется**: составить каждому из участков суточные задания на добычу таким образом, чтобы среднее содержание полезного компонента было равно $\alpha_{пл}$, а общая производительность предприятия была максимальной. Задачу решить графическим методом.

Варианты заданий:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_1	110	95	55	220	200	135	155	145	215	205
D_2	115	70	195	160	180	200	245	235	210	205
D_3	120	230	70	130	80	195	155	230	75	170
$M_{1\text{-}2}$	220	280	235	270	250	385	355	440	265	325
α_1	38	21	28	30	17	35	45	45	18	18
α_2	40	31	21	27	13	20	43	21	45	44
α_3	22	48	51	43	70	45	12	34	37	38
$\alpha_{пл}$	34	39	37	35	36	42	35	38	42	38

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D_1	70	195	245	75	100	175	115	140	175	195
D_2	250	105	70	110	160	160	200	75	115	115
D_3	185	130	120	95	165	60	125	245	180	130
$M_{1\text{-}2}$	390	185	175	200	290	170	290	280	285	225
α_1	24	41	17	15	20	46	24	25	23	29
α_2	27	42	37	44	28	32	22	45	38	33
α_3	49	17	46	41	52	22	54	30	39	38
$\alpha_{пл}$	36	34	41	46	38	47	34	35	36	36

2. Решить транспортную задачу

Задача: Существует некоторое число производителей (карьеров) с заданными производительностями и несколько потребителей (отвалов) с заданными потребностями. Затраты на перевозку от каждого производителя каждому потребителю приведены в таблице.

Требуется: Составить такой план перевозок, что бы затраты были минимальные, а потребности были максимально удовлетворены.

Варианты заданий:

Вариант 1

	E	F	G	H	
A	50	60	35	65	110
B	25	30	30	50	90
C	40	45	60	70	190
D	30	60	70	55	100
	180	120	170	200	

Вариант 2

	E	F	G	H	
A	70	70	70	30	90
B	30	20	40	55	120
C	45	25	35	50	130
D	25	20	30	50	120
	120	100	110	140	

Вариант 3

	E	F	G	H	
A	20	35	50	50	120
B	25	25	40	40	180
C	25	50	25	50	90
D	30	45	55	55	190
	90	110	130	200	

Вариант 4

	E	F	G	H	
A	25	40	20	35	90
B	55	20	20	70	130
C	55	35	30	65	140
D	40	30	45	40	80
	120	160	100	90	

Вариант 5

	E	F	G	H	
A	55	65	70	60	80
B	25	65	40	60	110
C	20	25	45	25	100
D	65	40	45	65	90
	80	200	150	130	

Вариант 6

	E	F	G	H	
A	40	65	20	45	90
B	65	35	70	35	160
C	35	30	65	70	130
D	70	60	25	55	80
	180	150	170	130	

Вариант 7

	E	F	G	H	
A	40	50	60	70	90
B	65	70	60	20	100
C	50	60	60	60	90
D	65	60	65	65	180
	110	150	160	70	

Вариант 8

	E	F	G	H	
A	35	25	40	70	90
B	65	70	40	25	120
C	20	70	20	30	160
D	25	25	55	70	140
	140	110	70	140	

Вариант 9

	E	F	G	H	
A	40	25	50	35	120
B	55	60	55	65	130

Вариант 10

	E	F	G	H	
A	50	35	20	50	170
B	45	40	60	60	100

C	50	50	45	70	160
D	25	50	30	65	140
	130	130	120	140	

C	30	70	45	20	130
D	55	55	25	25	130
	180	110	110	170	

Вариант 11

	E	F	G	H	
A	20	40	20	70	90
B	45	60	35	20	190
C	30	30	25	20	190
D	45	20	60	20	100
	110	110	150	180	

Вариант 12

	E	F	G	H	
A	65	60	40	55	150
B	20	55	25	25	200
C	40	20	50	50	150
D	65	65	65	50	70
	180	90	140	100	

Вариант 13

	E	F	G	H	
A	55	45	50	70	110
B	55	35	45	35	100
C	30	55	55	20	130
D	45	20	40	45	140
	130	200	120	80	

Вариант 14

	E	F	G	H	
A	25	25	70	50	190
B	55	20	45	40	110
C	65	60	30	40	120
D	35	70	25	65	110
	180	80	110	120	

Вариант 15

	E	F	G	H	
A	60	45	45	55	80
B	45	35	55	45	90
C	35	30	30	25	170
D	55	55	20	40	160
	80	170	100	190	

Вариант 16

	E	F	G	H	
A	55	45	40	40	70
B	55	70	50	25	180
C	40	65	45	25	90
D	45	25	40	65	120
	120	90	190	140	

Вариант 17

	E	F	G	H	
A	35	35	40	30	190
B	35	45	40	60	150
C	50	60	45	45	170
D	45	65	60	20	100
	140	190	100	150	

Вариант 18

	E	F	G	H	
A	55	70	65	45	90
B	40	25	65	55	200
C	35	40	60	55	200
D	45	70	45	40	90
	100	200	150	90	

Вариант 19

	E	F	G	H	
A	60	50	45	60	190
B	45	35	55	25	180
C	35	45	45	50	70
D	35	25	60	40	190
	150	70	80	100	

Вариант 20

	E	F	G	H	
A	70	20	50	40	190
B	25	20	45	55	200
C	25	25	65	30	100
D	55	70	30	55	150
	180	130	160	110	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Б1.В.02 МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Исков С.В., к.т.н.; Стариков А.Д., к.т.н., доцент; Мусихина О.В.., к.т.н., доцент

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа №1	Моделирование карьерного пространстваи рабочей зоны карьера	3
Практическая работа №2	Моделирование рельефа местности	7
Практическая работа №3	Графический метод решение задач линейного программирования	15
Практическая работа №4	Транспортная задача	18
Практическая работа №5	Теория стратегических игр	22

Практическая работа №1
МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРЬЕРНОГО ПРОСТРАНСТВАИ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ КАРЬЕРА

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цель выполнения работы

Изучение компьютерной технологии моделирования карьерного пространства и рабочей зоны карьера в ПП AutoCAD2000 с использованием возможностей твердотельного моделирования возможностей и моделей подобия.

1.2. Используемое аппаратно-программное обеспечение:

ПП AutoCAD2000

2. ОСНОВЫ РАБОТЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ В AUTOCAD

2.1. Краткая теория моделирования

1 этап: двумерное моделирование рабочей зоны с использованием моделей подобия. Модели основаны на подобии конфигурации контуров горных работ в пределах этапа отработки.

Полное подобие (рис.1.) - линия, отстоящая от исходной на фиксированное расстояние по всей ее длине.

Неполное подобие (рис. 2.) - линия, отстоящая от исходной на различное расстояние по нескольким зонам: зоны постоянного подобия и зоны



Рис.1.

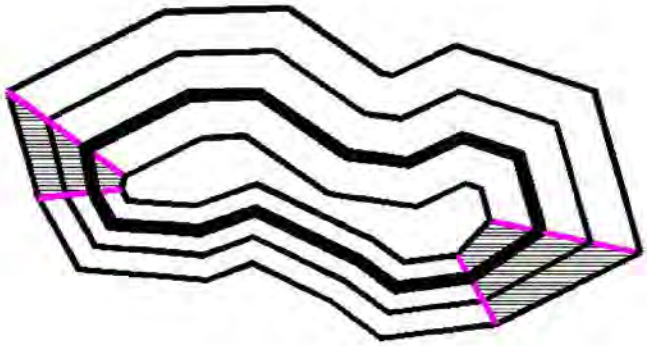


Рис.2.

интерполяции.

2 этап: объемное моделирование карьерного пространства с использованием твердотельных технологий.

Трехмерные объекты в моделях различают: каркасного типа (моделирование «проволочным каркасом»); сплошного типа (моделирование «из твердого материала»).

Взаимодействие каркасных объектов невозможно из-за их «пустой» структуры.

Сплошные объекты («твердые тела») успешно могут взаимодействовать, при этом результирующее тело может быть получено путем: объединения исходных тел; пересечения исходных тел; вычитания из группы тел №1 группы тел №2; рассечения исходных тел плоскостью.

Создание исходных тел (горизонтов) при моделировании карьерного пространства и рабочей зоны карьера производится с использованием образующей процедуры – **выдавливания (Extrude)**. Для получения тела необходимы следующие исходные данные: плоский контур (создается на 1-м этапе), высота выдавливания (высота уступа), конусность выдавливания (связана с углом откоса уступа).

Модели карьерного пространства и рабочей зоны обеспечивают возможности определения:

- координат узловых точек для контуров уступов (x,y,z);
- площадей отрабатываемых горизонтов (по верхней и нижней бровке);
- объемов карьерного пространства, в том числе по горизонтам.

2.2. Общие сведения о работе в ПП AutoCAD необходимые при моделировании

При создании плоской модели рабочей зоны с использованием подобия в AutoCAD будут необходимы следующие возможности (команды, кнопки на панели инструментов):


1. Построение ломаной (полилинии) по координатам узловых точек (**ВМ*** **– ЧЕРЧЕНИЕ - ЛОМАНАЯ**) – указание в Командной Строке (КС) координат узловых точек (X,Y), завершение ввода - ПКМ**


2. Построение подобных линий, смещенных на фиксированное расстояние (**ВМ – ИЗМЕНИТЬ - ОТСТУП**) – указание в КС смещения, ЛКМ*** – сходный объект, ЛКМ - сторона смещения, завершение подобия – ПКМ.


3. Построение оконтуривающих дуг. Кнопка + БМ – St.E.Ang (Start. End. Angle) или (**ВМ – ЧЕРЧЕНИЕ – ДУГА – НАЧАЛО, КОНЕЦ, УГОЛ**). Угол=180^0, указание начала и конца дуги производится ЛКМ против часовой стрелки


4. Соедининение ломаных и дуг в замкнутые контуры (**ВМ – ИЗМЕНИТЬ - ЛОМАНАЯ**) ЛКМ – выбор линии, БМ-Join, ЛКМ – выбор подключаемых дуг и ломаных, Завершение – ПКМ.


5. Определить координаты узловых точек контура разрезной траншеи и контуров рабочей зоны (**ВМ – ИНСТРУМЕНТЫ – ЗАПРОС – КООРДИНАТЫ**), точка ЛКМ


6. Определение площадей горизонтов, как замкнутых контуров (**ВМ – НСТРУМЕНТЫ – ЗАПРОС - ПЛОЩАДЬ**), БМ – Object, указание ЛКМ на измеряемый контур

---

* ВМ – верхнее меню

** ПКМ – нажатие правой кнопки мыши (правый клик мыши)

*** ЛКМ – нажатие левой кнопки мыши (левый клик мыши)

При создании объемной модели карьерного пространства с использованием твердотельных технологий в AutoCAD будут необходимы следующие возможности (команды, кнопки на панели инструментов):



1.Перенос плоских контуров в пространстве на свою высотную отметку (**ВМ – ИЗМЕНИТЬ – ПЕРЕМЕСТИТЬ**; КС: (с клавиатуры) координаты базовой точки вектора 0,0,0; координаты второй точки вектора 0,0,<отм_гор>



2.Выдавливание из плоских контуров тел горизонтов (или горного отвода) с высотой и конусностью α (**ВМ–ИЗМЕНИТЬ–ПРАВКА ОБЪЕКТОВ- ВЫДАВЛИВАНИЕ**), ЛКМ выбрать плоский контур, КС: высота выдавливания, угол конусности



3.Отсечение верхней части горного отвода по данным понижения рельефа (**ВМ – ЧЕРЧЕНИЕ – СПЛОШНЫЕ – НОЖ**), ЛКМ указываются 3 точки секущей плоскости и 4-я точка на оставляемой части рассекаемого объекта



4.Вычитание из горного отвода горизонтов карьера, т.е. получение карьерной выемки (**ВМ–ИЗМЕНИТЬ–ПРАВКА ОБЪЕКТОВ- ВЫЧИТАНИЕ**), ЛКМ указываются объекты, из которых вычитают - ПКМ, далее ЛКМ указываются вычитаемые объекты – ПКМ.



5.Пересечение горизонтов карьера с горным отводом, т .е. получение объема карьера с учетом рельефа (**ВМ–ИЗМЕНИТЬ–ПРАВКА ОБЪЕКТОВ - ПЕРЕСЕЧЕНИЕ**), ЛКМ указываются пересекаемые объекты - ПКМ.



6. Получение плоских сечений (**ВМ– ЧЕРЧЕНИЕ – СПЛОШНЫЕ – СЕЧЕНИЕ**), ЛКМ указываются 3 точки секущей плоскости - ПКМ.

Кроме того, для прорисовки модели (тонированной заливки) и возможности просмотра модели в трехмерном пространстве используются пункты Верхнего Меню «**ВМ – ВИД –3D ВИДЫ» и «ВМ – ВИД – ТЕНИ»**, и соответствующие им кнопки панелей инструментов.

2.3. Технология моделирования рабочей зоны

1. По координатам узловых точек оси траншеи построить ломаную (полилинию) – рис. 3.
2. Зная ширину разрезной траншеи ($B_т$) построить подобие оси траншей на $\pm B_т/2$ – рис.4.
3. Зная ширину рабочей площадки ($B_{рп}$) и ширину бермы погашения ($B_б$) построить модель рабочей зоны путем подобия контура траншеи для нерабочего и рабочего борта – рис.5.

4. Оконтурить траншею и рабочую зону с торцов дугами – рис.6.
5. Определить координаты узловых точек дна траншеи.
6. Соединить ломаные и дуги в замкнутые контуры для определения площадей горизонтов в рабочей зоне (зная H_y определить объем горизонта V=S*H, расчет представить в табличной форме).



Рис. 3.



Рис. 4.



Рис. 5.

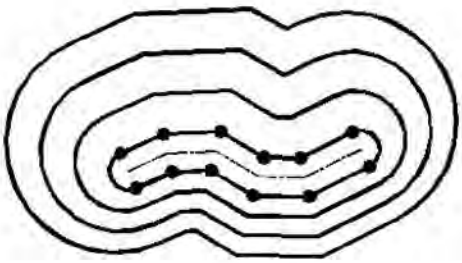


Рис. 6.

2.4. Технология моделирования карьерного пространства

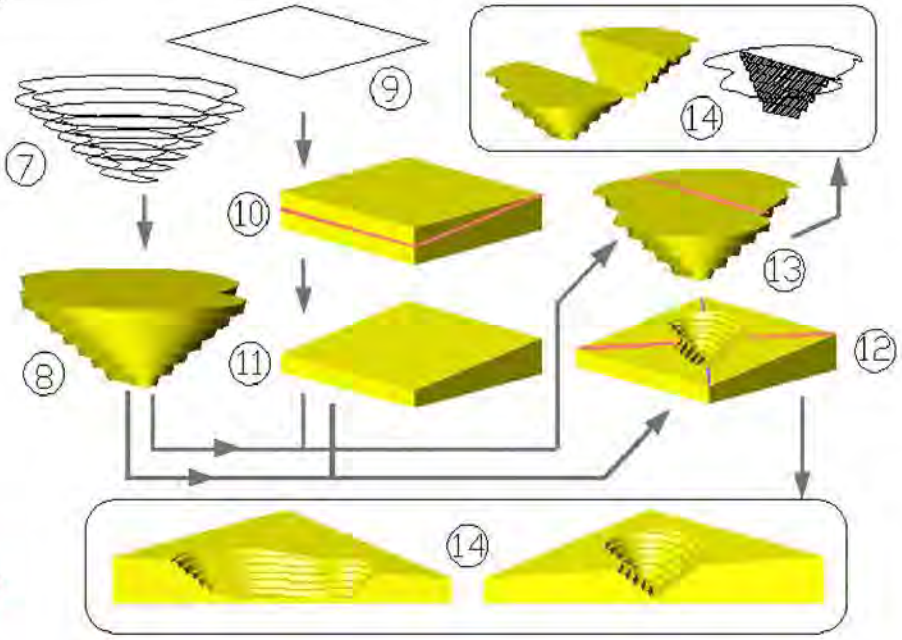
1. Разнесение контуров бровок на свои высотные отметки (определяются по высоте уступа) путем переноса на вектор (0,0,0) → (0,0,<отм>) – рис. 7.
2. Выдавливание из контуров бровок тел горизонтов карьера на высоту уступа H и угол откоса уступа α (рис. 8.):
   а) из нижних бровок: на (H) и на (α-90)
   а) из верхних бровок: на (-H) и на (90-α)
   3.Создание плоского контура участка горного отвода Z=0 – рис. 9.
3. Выдавливание тела горного отвода на высоту, равную максимальной отметке рельефа на участке отработки – рис. 10.
4. Отсечение верхней части тела горного отвода по характеристикам рельефа, т.е. формирование горного отвода с учетом рельефа – рис. 11.
5. Построение карьерного пространства в пределах рельефа и горного отвода. Вычитание : [(результаты п.5) - (результаты п.2)] – рис. 12.
6. Подготовка тел к подсчету объемов : горизонты с постоянной высотой не изменяются (глубинная часть), а горизонты верхней части пересекаются с поверхностью рельефа – рис.13. Объем полученных тел горизонтов подсчитывается системными средствами.
7. Построение вертикальных разрезов и сечений по карьеру – рис. 14.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

По выданному заданию (см.варианты заданий) создать в AutoCAD-2000 плоскую модель рабочей зоны методами подобия, используя последовательность операций, изложенных в п.1.3. В результате работы

получить изображение аналогичное рис. 6. В табличной форме представить определение координат узловых точек дна траншеи, определение площадей и объемов горизонтов.

Модифицировать плоскую модель рабочей зоны в объемную модель карьерного пространства, используя технологию твердотельного моделирования, пользуясь последовательностью операций, изложенных в п.1.4. В результате работы получить изображения аналогичные серии рис. 7-14. В табличной форме представить определение объемов горизонтов с учетом рельефа местности.



4. ОТЧЕТНОСТЬ ПО РАБОТЕ

1. Краткое описание хода выполнения работы.
2. Распечатки изображения 6 и таблицы определения координат, площадей и объемов.
3. Распечатки изображения 12, 13, 14 (выбрать оптимальную точку обзора) и таблицы определения объемов.
4. Вывод о причинах расхождения в результатах подсчета объемов.

Практическая работа №2
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цель выполнения работы

Изучение компьютерной технологии моделирования рельефа (и других гипсометрических поверхностей) участка местности в ПП SURFER

1.2. Используемое аппаратно-программное обеспечение:

Сканер, ПП: PhotoSHOP, Surfer

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ В ПП SURFER

2.1. Краткая теория моделирования поверхностей

Модели поверхностей реализованы с помощью GRID-технологий (моделирование нерегулярных поверхностей при помощи регулярных сетей - GRID). Моделируемые поверхности: рельеф местности; кровля пласта ПИ; почва пласта ПИ; уровень подземных вод; уровень загрязнения; другие карты изолиний. Моделирование таких поверхностей называется геокартированием, т.е.:

-получение топографических планов и карт участка
-карты изомощности вскрыши и полезного ископаемого
-карты изолиний почвы и кровли пласта
-получение соответствующих 3D-изображений

2.2. Общие сведения о работе в ПП SURFER

Общий вид панели инструментов



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Краткое описание пунктов верхнего меню и соответствующие им номера кнопок на панели инструментов (даны в квадратных скобках - [ ])

1. **FILE** – создание[1], открытие[2], запись[3] и закрытие файла, переход в режим Worksheet (электронная таблица – файл .DAT) [4], импорт [20] и экспорт, печать[5], настройки, выход
2. **EDIT** – работа с объектами через буфер обмена (Cut [6] Copy[7] Paste[8]), режимы выбора объектов (Select…), редактирование вершин ломаной (Reshape), цветовая схема (Color Palette)

3. **VIEW** – режимы изображения : окно (Fit to Window), экран (Full Screen), масштабирование изображения – рамка, увеличение, уменьшение (Zoom Rectangle[17] Zoom In[18] Zoom Out[19]), регенерация рисунка (Redraw)
4. **DRAW** – рисование объектов: текст-Text[10], многоугольник-Polygon[11], ломаная-Polyline[12], Точка-Symbol[13], Прямоугольние-Rectangle[14], Скругленный прямоугольник-Rounded Rectangle[15], Эллипс-Ellipse[16], установка атрибутов линии, текста, заливки, символа (…Attributes)
5. **ARRANGE** – порядок показа объектов (Move to Front/Back), группировка и разгруппировка объектов (Combine, Break Appart), Поворот объектов (Rotate)
6. **GRID** – работа с файлами сетей
   - **Data** – построение файла сети .GRD из файла пикетов .DAT
   - **Function** – построение файла сети .GRD по функции вида Z=F(X,Y)
   - **Math** - построение файла сети .GRD(C) из .GRD(A) и .GRD (B) как C=A+B
   - **Calculus** – перевычисление сетей по специальным методам (дифференциальные и интегральные операторы, спектральный анализ Фурье и др.)
   - **Smooth** – сглаживание сетей
   - **Slice,Blank** – очистка части узлов сети (Z=0)
   - **Convert** – конвертирование двоичного файла .GRD в текстовый .GRD (Binary - ASCII) и в файл пикетов .DAT (X,Y,Z)
   - **Extrac**t – извлечение части сети из исходного файла сети
   - **Transform** – трансформация сетей (подобие, масштаб, поворот, зеркало)
   - **Volume** – подсчет объемов между сетями
   - **Residuals** – вычисление превышений (dZ) между точками в файлах .GRD и .DAT
   - **Grid Node Editor** – редактор узлов сети
7. **MAP** – работа с картами и объемными видами рельефа
   - **Load Base Map** – загрузка растровой карты (файл сканирования) – для оцифровки или обведения
   - **Contour** – построение 2D-карты рельефа в изолиниях из файла .GRD [21]
   - **Post** – построение карты пикетов из файла .DAT [22]
   - **Image** – построение градиентно-тонированного изображения
   - **Shaded Relief** – постр освещенного изображения участка («аэрофотоснимок»)
   - **Surface** – 3D-вид рельефа [23]
   - **Axis** – вкл / выкл осей координат
   - **Scale Bar** – установка шкалы высотного масштаба
   - **Background** – заливка базовой поверхности 3D-вида
   - **Digitize** – встроенный программный дигитайзер: оцифровка растровой карты с занесением координат (X,Y) в файл .DAT, координата Z

заносится вручную, для соответствия координат размер растрового файла (в пикселях) должен быть равен размеру снимаемого участка (м)

- **3Dview** – трехмерное вращение объекта
- **Scale-** масштабирование карт
- **Limits** – изменение габарита карты
- **Stack, Overlay Maps** – сшивка смежных карт
- **Edit Overlays** – редактирование атрибутов карты (линии сети, оси координат)

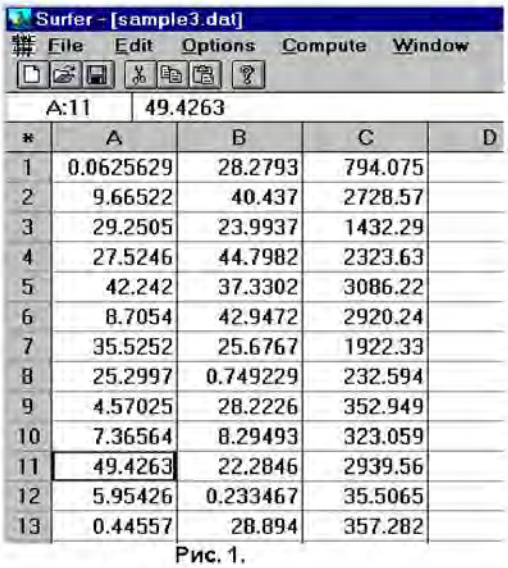
8. **WINDOW**-стандарт. функции режима окон
9. **HELP**-справка

Кроме того, для работы с объектами на поле SURFER используются :
- пометка объекта – ЛКМ; редактирование свойств объекта – 2 х ЛКМ ;
- снятие пометки – ЛКМ вне объекта

2.3. Подготовка файла исходных данных для геокартирования (.DAT)

Исходные данные могут быть в виде:

1. результатов тахеосъемки в виде таблицы пикетов (X,Y,Z)
2. плана пикетов с указанием их высотных отметок (Z)
3. топографического плана с изолиниями рельефа



*	A	B	C	D
1	0.0625629	28.2793	794.075	
2	9.66522	40.437	2728.57	
3	29.2505	23.9937	1432.29	
4	27.5246	44.7982	2323.63	
5	42.242	37.3302	3086.22	
6	8.7054	42.9472	2920.24	
7	35.5252	25.6767	1922.33	
8	25.2997	0.749229	232.594	
9	4.57025	28.2226	352.949	
10	7.36564	8.29493	323.059	
11	49.4263	22.2846	2939.56	
12	5.95426	0.233467	35.5065	
13	0.44557	28.894	357.282	

Рис. 1.

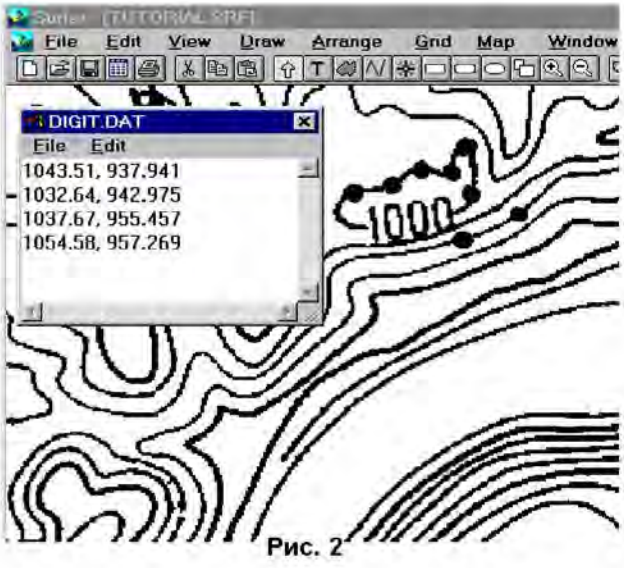


Рис. 2

По варианту №1: исходные данные заносятся в форму электронной таблицы (см. рис.1) и сохраняются в файле .DAT. Возможен импорт данных из форматов .XLS, .DBF и др. В таблице должно быть минимум 3 колонки (например: колонка A –координата X, колонка B – координата Y, колонка C – координата Z)

По вариантам №2 и 3: **используется встроенный дигитайзер (рис.2.)**. Предварительно план сканируется с записью в растровый формат (рекомендуется .JPG), затем файл корректируется в редакторе PhotoSHOP: файл кадрируется (удаляются ненужные внешние поля) и устанавливается его

размер (пкс.) равный размеру участка в (м). Растровый файл считывается в SURFER средством меню MAP-LOAD BASE MAP и помечается курсором. Включается средство MAP-DIGITIZE. Курсором «мыши» (ЛКМ) производится контрольная оцифровка левого нижнего угла плана (д.б. начало координат – 0,0) и правого верхнего угла (д.б.размер плана в метрах=размеру в пкс.). Координаты точек (X,Y) при этом появляются в окне дигитайзера. Аналогично оцифровываются все изолинии или отдельные пикеты. Координата (Z) проставляется в окне дигитайзера вручную (через запятую после X,Y). После оцифровки файл дигитайзера сохраняется как .DAT (Меню дигитайзера – File - Save As) и дигитайзер отключается (MAP-DIGITIZE). Далее с файлом .DAT можно работать как по варианту №1, т.е. редактировать и добавлять в него данные.

2.4.Построение файла регулярной сети (.DAT →.GRD)

Принцип: из набора пикетов, случайно описывающих произвольную поверхность, генерируется файл регулярной сети, т.е. вычисляются координаты (X,Y,Z) в каждом узле сети. Габарит и шаг сети определяется автоматически (возможна ручная корректировка).

Вычисление координат узлов сети происходит по 8 алгоритмам (методам) интерполяции.

1. Метод обратных расстояний (Inverse Distanse).
2. Метод Кригинга (Kriging).
3. Метод минимальных искривлений (Minimum Curvature).
4. Метод ближайших соседей (Nearest Neighbor).
5. Метод радиальных базовых функций (Radial Basis Functions)
6. Метод полиномиальной регрессии (Polynomial Regression).
7. Метод Шепарда (Shepard's Method).
8. Метод триангуляции и линейной интерполяции (Triangulation &…).

Для построения участка ненарушенного рельефа рекомендованы все алгоритмы кроме (4, 6).

Построение файла .GRD

Открыть файл .DAT (GRID-DATA), при открытии появляется окно (рис.3). В окне необходимо указать:

1. в каких колонках таблицы (A,B,C…) находятся координаты (X,Y,Z) – Data Columns
2. проверить и скорректировать настройку параметров сети (Grid Line Geometry): MIN д.б. (0,0) MAX – соответствовать размерам плана в (м). Шаг ячейки (Spacing) и количество ячеек (# of Lines) подбираются автоматически.
3. Выбрать алгоритм интерполяции
4. При необходимости изменить имя файла .GRD
5. Нажать <OK> - файл .GRD будет готов.

2.5. Построение карт и 3D-изображений

Из .GRD-файлов (а в случае рис. 6 и 7 – из файлов .DAT) генерируются следующие построения (в рисунках указано окно настройки и получаемое изображение):

- 2D-карта рельефа в изолиниях (**MAP- Contour**) – рис.4 и 5
- построение карты пикетов из файла .DAT (**MAP- Post**) – рис.6 и 7
- градиентно-тонированное изображения (**MAP- Image**) – рис.8 и 9
- освещенное изображение - «аэрофотоснимок» (**MAP- Shaded Relief**) – рис.10 и 11
- 3D-вид рельефа в виде регулярной сети (**MAP- Surface**) – рис. 12 и 13

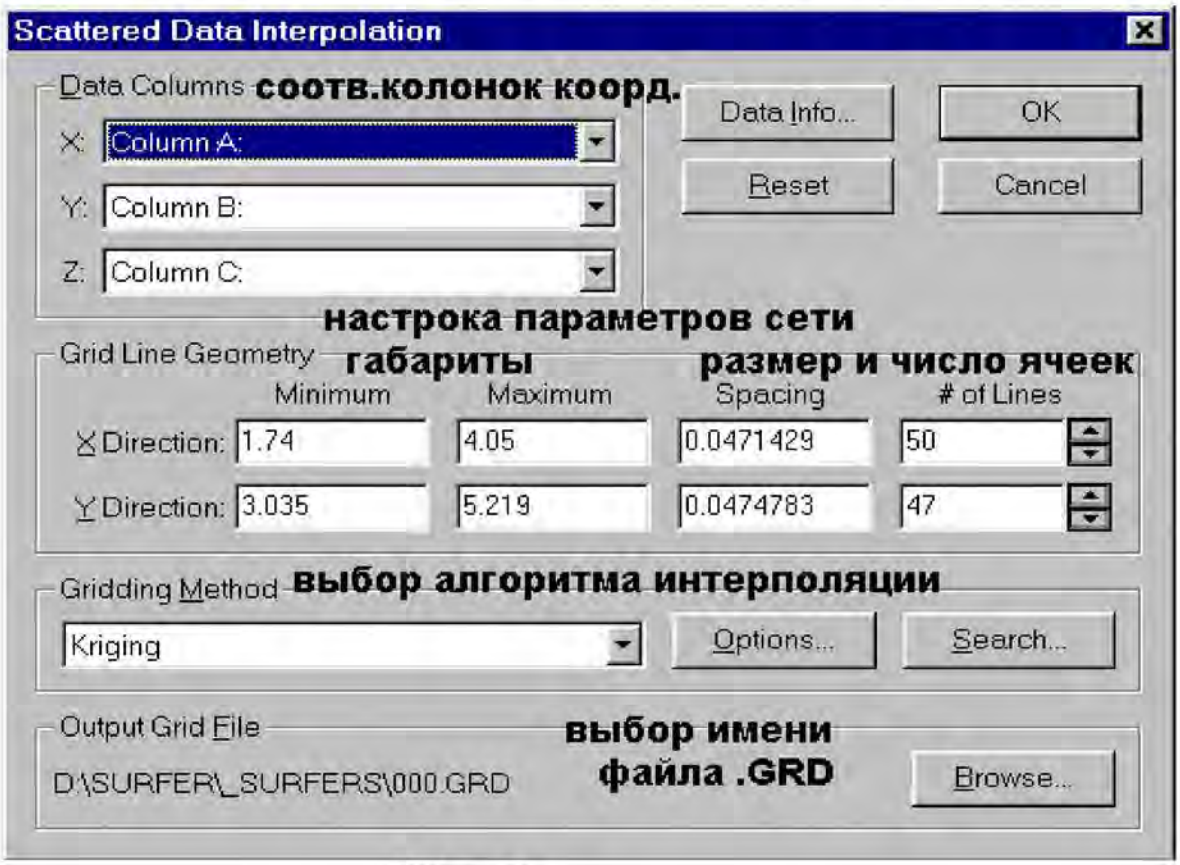


Рис. 3.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

По выданному заданию (участок рельефа в изолиниях, в отдельных пикетах с высотными отметками и в виде таблицы тахеосъемки) создать в ПП SURFER объемную модель участка рельефа.

Для получения модели:

1. отсканировать план с заданием
2. перевести полученный растр в соответствующие размеры (1пкс = 1м), обрезать лишние поля в изображении (использовать PhotoSHOP)
3. считать подготовленный растр в SURFER, оцифровать изолинии и пикеты, используя встроенный дигитайзер, сформировать файл .DAT. Добавить а этот файл данные из таблицы тахеосъемки (X,Y,Z). Таким образом, будет сформирован файл .DAT с полной исходной информацией по заданию.
4. Создать файлы (.GRD) по двум алгоритмам : KRIGING и SHEPARD's method.
5. Получить изображения участка, как на рис. 5, 7, 9, 11, 13 по обоим алгоритмам
6. Определить объем, заключенный между сетью и плоскостью Z=0 (VOLUME).
7. Определить наименьшее среднее отклонение по Z при моделировании по 2 алгоритмам (RESIDUALS, занесение отклонений в колонку D и оценка ее среднего значения – COMPUTE-STATISTICS).

4. ОТЧЕТНОСТЬ ПО РАБОТЕ

5. Краткое описание хода выполнения работы.
6. Распечатки изображений 5 и 7 (совмещенное) и изображения 13 по двум алгоритмам.
7. Результаты подсчета объемов и погрешностей моделирования (отклонения по Z)

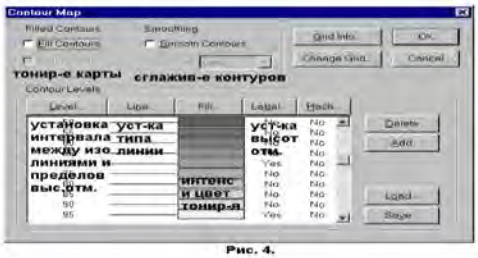


Рис. 4.

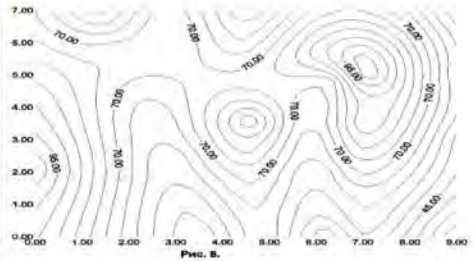


Рис. 5.

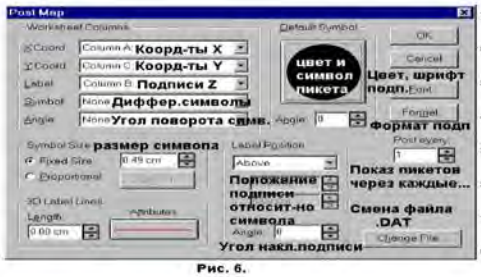


Рис. 6.

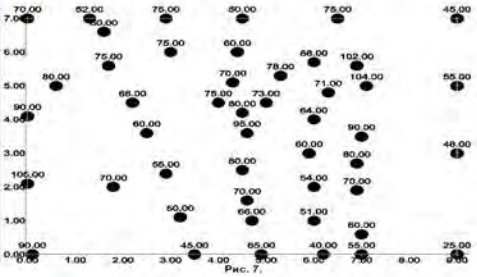


Рис. 7.

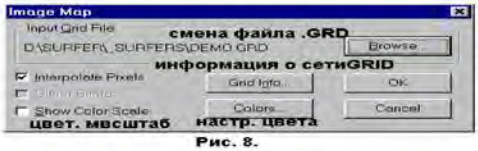


Рис. 8.

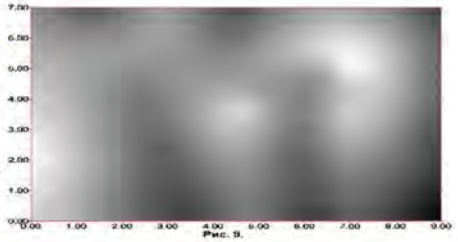


Рис. 9.

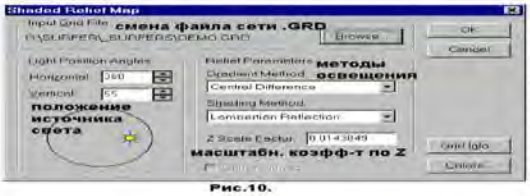


Рис.10.

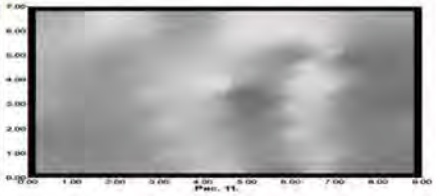


Рис. 11.

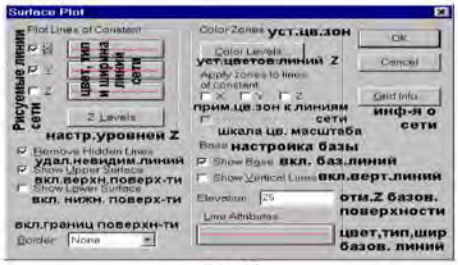


Рис. 12.

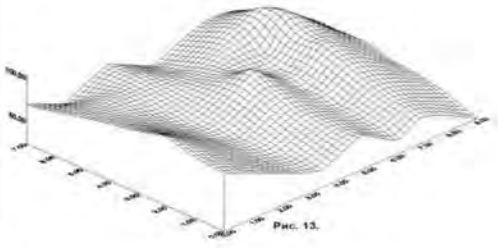


Рис. 13.

Практическая работа №3
ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Цель работы: освоить графический метод решения задач линейного программирования.

Краткая теория:

Линейное программирование - техника поиска максимального значения функционала, являющегося предметом известных линейных ограничений.

Под линейным программированием понимают раздел прикладной математики, имеющий дело с теорией и численными методами минимизации линейных функций при наличии ограничений, описываемых конечными системами линейных неравенств.

Первые постановки задач линейного программирования были сформулированы известным советским математиком Л.В.Канторовичем, которому за эти пионерские работы была присуждена Нобелевская премия по экономике.

Значительное развитие теория и алгоритмический аппарат линейного программирования получили с изобретением и распространением ЭВМ и формулировкой американским математиком Дж. Данцингом симплекс-метода.

В настоящее время линейное программирование является одним из наиболее употребительных аппаратов математической теории оптимального принятия решения. Для решения задач линейного программирования разработано сложное программное обеспечение, дающее возможность эффективно и надежно решать практические задачи больших объемов. Эти программы и системы снабжены развитыми системами подготовки исходных данных, средствами их анализа и представления полученных результатов.

ПРИМЕР:

Задача: Пусть имеется три забоя, дающих руду с различным содержанием полезного компонента: содержание в первом забое α_1=35%, во втором - α_2=40% и в третьем - α_3=42%. Обозначим максимальную производительность, которую могут выдать забои через D_1=900 т/сут, D_2=850 т/сут и D_3=950 т/сут. При этом по возможностям откатки с первого и второго участков можно вывезти не более $M_1 + M_2$ = 1700 т/сут, а с третьего - не более M_3 = 900 т/сут.

Требуется: составить каждому из участков суточные задания на добычу таким образом, чтобы среднее содержание полезного компонента было равно $\alpha_{ПЛ}$=38%, а общая производительность предприятия была максимальной

Решение:

Математическая формулировка задачи выглядит следующим образом (производительность каждого из забоев обозначим через xi):

$$D = x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow max$$
$$A_1x_1 + A_2x_2 + A_3x_3 = A_{nn}(x_1 + x_2 + x_3)$$
$$0 \le x_1 \le 900$$
$$0 \le x_2 \le 850$$
$$0 \le x_3 \le 950$$
$$x_1 + x_2 \le 1700$$
$$x_1 \le 900$$

Второе равенство, являющееся ограничением по качеству, можно преобразовать, перенеся правую часть в левую и подставив числовые значения содержаний полезного компонента:

$$-3x_1 + 2x_2 + 4x_3 = 0.$$

Выразив x_1 через x_2 и x_3 и подставив это выражение, получаем формулировку задачи, удобную для графического решения:

$$D = \frac{5x_2 + 7x_3}{3} \rightarrow max$$
$$x_2 + 2x_3 \le 1350$$
$$x_2 \le 850$$
$$x_3 \le 950$$
$$5x_2 + 4x_3 \le 5100$$
$$x_1 \le 900$$
$$x_2 \ge 0$$
$$x_1 \ge 0$$

Построим на плоскости в осях x_2 и x_3 систему ограничений в виде прямых линий (рис. 1). Также построим прямую $D=(5x_2+7x_3)/3=0$, т.е. прямую, соответствующую нулевому значению целевой функции. В результате получим область существования функции D (так называемый многоугольник ограничений). Для того, чтобы найти максимально возможное значение целевой функции, проведем несколько прямых, параллельных прямой D=0. Очевидно, что прямая, показывающее искомое значение целевой функции $D=D_{max}$ будет проходить через одну из вершин многоугольника ограничений.

Величина D_{max} численно будет равна расстоянию между прямой, параллельной линии целевой функции, и началом координат. Из графических построений имеем: $x_2=800$, $x_3=275$, $x_1=(2x_2+4x_3)=900$, D=1975.

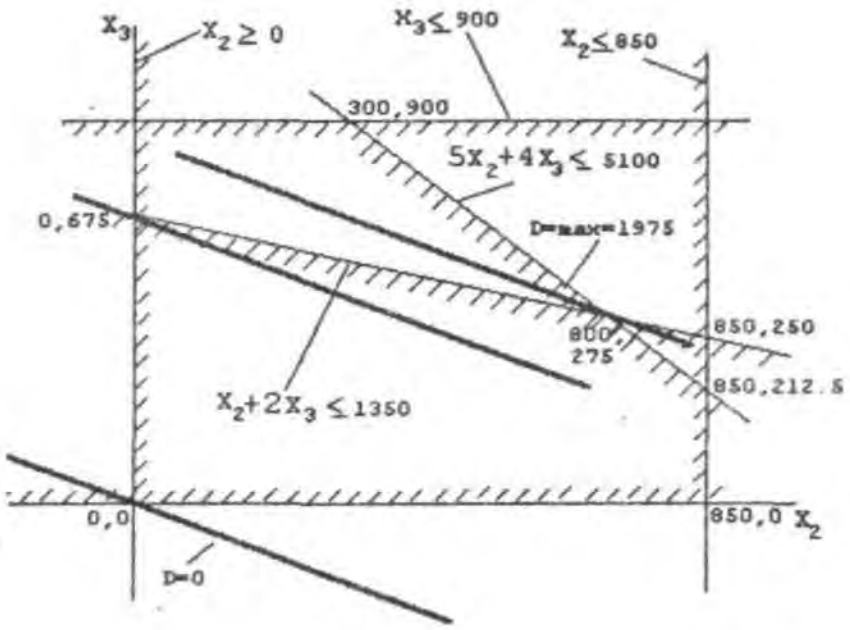


Рис.1. Многоугольник ограничений и целевая функция

Практическая работа №4
ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА

Задача:

Существует некоторое число производителей (карьеров) с заданными производительностями и несколько потребителей (отвалов) с заданными потребностями.

Цель работы:

Составить такой план перевозок, что бы затраты были минимальные, а потребности были максимально удовлетворены.

Затраты на перевозку от каждого производителя каждому потребителю приведены в таблице 1.

	1	**2**	**3**	**4**	**Произв.**
1	1	3	6	2	**142**
2	5	3	6	4	**115**
3	4	4	1	1	**128**
Потреб.	**88**	**62**	**115**	**142**	

Табл.1

Краткая теория:

Основные задачи оптимизационных моделей:

1. Выбор наиболее выгодных решений в предлагаемых условиях.
2. Проведение сравнительной оценки различных вариантов решения, а также анализ факторов, влияющих на результат.

$f(x_1, x_2, x_3, \ldots., a_1, a_2, a_3) \rightarrow \min/\max$ - целевая функция (функционал)
x_1, x_2, x_3 - управляемые параметры
a_1, a_2, a_3 – неуправляемые параметры

На множестве задан функционал, если известно правило, которое каждому элементу множества ставит в соответствие, определенное действительное число.

Структура задач оптимизации:

1. функционал
2. управляемые параметры
3. неуправляемые параметры
4. ограничения (дисциплинирующие условия)

Оптимизационная задача является решенной, если найдены такие значения управляемых параметров x при которых целевая функция достигает максимума или минимума.

Выполнение работы:

1.Проверяем условие $\sum_{потр.} = \sum_{произв.}$

$$142+115+128 = 385$$
$$88+62+115+142 = 407$$
$$385 \neq 407$$

т.к. возникла разница, то мы добавляем фиктивного производителя или потребителя с затратами на перевозку равными 0.

Матрица примет вид:

	1	**2**	**3**	**4**	**Произв.**
1	1	3	6	2	**142**
2	5	3	6	4	**115**
3	4	4	1	1	**128**
4	0	0	0	0	**22**
Потреб.	**88**	**62**	**115**	**142**	

Табл.2

2.По методу северо-западного угла получаем опорное решение т.е. составим такой план, который удовлетворяет системе значений.

	1	**2**	**3**	**4**	**Произв.**	
1	88	54	0_0	0_4	**142**	**0**
2	0_{-4}	8	107	0_2	**115**	**0**
3	0_{-8}	0_{-6}	8	120	**128**	**5**
4	0_{-5}	0_{-3}	0_0	22	**22**	**6**
Потреб.	**88**	**62**	**115**	**142**		
	1	**3**	**6**	**6**		

Табл.3

Затраты на перевозку:

$$Z = 88*1+54*3+8*3+107*6+8*1+120*1+22*0 = 1044$$

Приравняем вторую строку 0. $U_2=0$

$V_2 - U_2 = 3$	$V_2 = 3 + 0$	$V_2 = 3$
$V_2 - U_1 = 3$	$U_1 = 3 - 3$	$U_1 = 0$
$V_1 - U_1 = 1$	$V_1 = 1 + 0$	$V_1 = 1$
$V_3 - U_2 = 6$	$V_3 = 6 + 0$	$V_3 = 6$
$V_3 - U_3 = 1$	$U_3 = 6 - 1$	$U_3 = 5$
$V_4 - U_3 = 1$	$V_4 = 1 + 5$	$V_4 = 6$
$V_4 - U_4 = 0$	$U_4 = 6 - 0$	$U_4 = 6$

Проверим невязки

$$S_{13} = 6 - 0 - 6 = 0$$
$$S_{14} = 6 - 0 - 2 = 4$$

$S_{21} = 1 - 0 - 5 = -4$
$S_{24} = 6 - 0 - 4 = 2$
$S_{31} = 1 - 5 - 4 = -8$
$S_{32} = 3 - 5 - 4 = -6$
$S_{41} = 1 - 6 - 0 = -5$
$S_{42} = 3 - 6 - 0 = -3$
$S_{43} = 6 - 6 - 0 = 0$

Т.к. мы получили невязки большие нуля(S_{14}= 4; S_{24}= 2), то производим перерасчет плана распределения.

	1	**2**	**3**	**4**	**Произв.**	
1	88	54	0_{0}	0_{4}	**142**	**0**
2	0_{-4}	8	107↓	←0_{2}	**115**	**0**
3	0_{-8}	0_{-6}	8→	↑120	**128**	**5**
4	0_{-5}	0_{-3}	0_{0}	22	**22**	**6**
Потреб.	**88**	**62**	**115**	**142**		
	1	**3**	**6**	**6**		

Табл.4

	1	**2**	**3**	**4**	**Произв.**	
1	88	54	0_{-2}	0_{2}	**142**	**0**
2	0_{-4}	8	0_{-2}	107	**115**	**0**
3	0_{-6}	0_{-4}	115	13	**128**	**3**
4	0_{-3}	0_{-1}	0_{0}	22	**22**	**4**
Потреб.	**88**	**62**	**115**	**142**		
	1	**3**	**4**	**4**		

Табл.5

Приравняем вторую строку 0. U_2=0

$V_2 - U_2 = 3$ $V_2 = 3 + 0$ $V_2 = 3$
$V_2 - U_1 = 3$ $U_1 = 3 - 3$ $U_1 = 0$
$V_1 - U_1 = 1$ $V_1 = 1 + 0$ $V_1 = 1$
$V_4 - U_2 = 4$ $V_4 = 4 + 0$ $V_4 = 4$
$V_4 - U_3 = 1$ $U_3 = 4 - 1$ $U_3 = 3$
$V_3 - U_3 = 1$ $V_3 = 1 + 3$ $V_3 = 4$
$V_4 - U_4 = 0$ $U_4 = 4 - 0$ $U_4 = 4$

Проверим невязки

$S_{13} = 4 - 0 - 6 = -2$
$S_{14} = 4 - 0 - 2 = 2$
$S_{21} = 1 - 0 - 5 = -4$
$S_{23} = 4 - 0 - 6 = -2$
$S_{31} = 1 - 3 - 4 = -6$
$S_{32} = 3 - 3 - 4 = -4$
$S_{41} = 1 - 4 - 0 = -3$
$S_{42} = 3 - 4 - 0 = -1$

$S_{43} = 4 - 4 - 0 = 0$

Т.к. мы получили невязки большие нуля(S_{14}= 2), то производим перерасчет плана распределения.

	1	**2**	**3**	**4**	**Произв.**	
1	88	54 ↓	0_{-2}	← 0_{2}	**142**	**0**
2	0_{-4}	8 →	0_{-2}	↑ 107	**115**	**0**
3	0_{-6}	0_{-4}	115	13	**128**	**3**
4	0_{-3}	0_{-1}	0_{0}	22	**22**	**4**
Потреб.	**88**	**62**	**115**	**142**		
	1	**3**	**4**	**4**		

Табл.6

	1	**2**	**3**	**4**	**Произв.**	
1	88	0_{-2}	0_{-4}	54	**142**	**2**
2	0_{-2}	62	0_{-2}	53	**115**	**0**
3	0_{-4}	0_{-4}	115	13	**128**	**3**
4	0_{-1}	0_{-1}	0_{0}	22	**22**	**4**
Потреб.	**88**	**62**	**115**	**142**		
	3	**3**	**4**	**4**		

Табл.7

Приравняем вторую строку 0. U_2=0

$V_2 - U_2 = 3$	$V_2 = 3 + 0$	$V_2 = 3$
$V_4 - U_2 = 4$	$V_4 = 4 - 0$	$V_4 = 4$
$V_4 - U_1 = 2$	$U_1 = 4 - 2$	$U_1 = 2$
$V_1 - U_1 = 1$	$V_1 = 1 + 2$	$V_4 = 3$
$V_4 - U_3 = 1$	$U_3 = 4 - 1$	$U_3 = 3$
$V_3 - U_3 = 1$	$V_3 = 1 + 3$	$V_3 = 4$
$V_4 - U_4 = 0$	$U_4 = 4 - 0$	$U_4 = 4$

Проверим невязки

$S_{13} = 4 - 2 - 6 = -4$
$S_{12} = 3 - 2 - 3 = -2$
$S_{21} = 3 - 0 - 5 = -2$
$S_{23} = 4 - 0 - 6 = -2$
$S_{31} = 3 - 3 - 4 = -4$
$S_{32} = 3 - 3 - 4 = -4$
$S_{41} = 3 - 4 - 0 = -1$
$S_{42} = 3 - 4 - 0 = -1$
$S_{43} = 4 - 4 - 0 = 0$

Затраты на перевозку:

$Z = 88*1+62*3+115*1+54*2+53*4+13*1+22*0 = 722$

Вывод: мной найден оптимальный план перевозок, который приведен в таблице №7 и соответствует затратам в 722

Практическая работа №5
ТЕОРИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИГР

Матрица игры:

	y_1	y_2
x_1	0,2	0,3
x_2	0,6	0,5
x_3	0,5	0,7

Требуется: найти стратегию, дающую максимальный выигрыш игроку X.

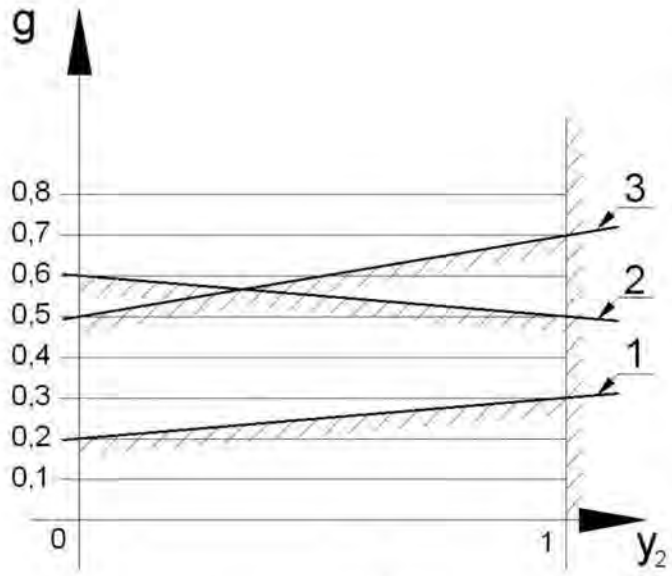
Решение:

$$g \to max$$

$$\begin{cases} 0{,}2x_1 + 0.6x_2 + 0{,}5x_3 \geq g \\ 0{,}3x_1 + 0{,}5x_2 + 0{,}7x_3 \geq g \\ x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{cases}$$

$$g \to min$$

$$\begin{cases} 0{,}2y_1 + 0.3y_2 \leq g \\ 0{,}6y_1 + 0{,}5y_2 \leq g \\ 0{,}5y_1 + 0{,}7y_2 \leq g \\ y_1 + y_2 = 1 \\ y_1, y_2 \geq 1 \end{cases}$$



$$y_1 = 1 - y_2$$

$$\begin{cases} 0{,}2 + 0.1y_2 \leq g \\ 0{,}6 + 0{,}1y_2 \leq g \\ 0{,}5 + 0{,}2y_2 \leq g \end{cases}$$

$$0{,}1 - 0{,}3y_2 = 0 \to y_2 = \frac{1}{3} \approx 0{,}33, \quad y_1 = \frac{2}{3} \approx 0{,}67.$$

$$g = 0{,}6 - 0{,}1y_2 = 0{,}6 - 0{,}1 \cdot 0{,}33 \approx 0{,}567$$

$$\begin{cases} 0{,}6x_2 + 0{,}5x_3 = 0{,}567 \\ 0{,}5x_2 + 0{,}7x_3 = 0{,}567 \end{cases}$$

$$x_2 = \frac{(0{,}567 - 0{,}5x_3)}{0{,}6}$$

$$\frac{0,5(0,567-0,5x_3)}{0,6}+0,7x_3=0,567$$

$$0,5(0,567-0,5x_3)+0,42x_3=0,34$$

$$0,28-0,25x_3+0,42x_3=0,34$$

$$0,17x_3=0,06$$

$$x_3=\frac{0,06}{0,17}=0,35$$

$$x_2=0,65$$

$$g=0,567$$

$$0,1-0,3y_2=0\to y_2=\frac{1}{3}\approx 0,33,\quad y_1=\frac{2}{3}\approx 0,67.$$

$$g=0,6-0,1y_2=0,6-\frac{0,1}{3}=\frac{1,8-0,1}{3}=\frac{1,7}{3}$$

$$\begin{cases}0,6x_2+0,5x_3=\frac{1,7}{3}\\ 0,5x_2+0,7x_3=\frac{1,7}{3}\end{cases}$$

$$x_2=\frac{\left(\frac{1,7}{3}-0,5x_3\right)}{0,6}$$

$$\frac{0,5\left(\frac{1,7}{3}-0,5x_3\right)}{0,6}+0,7x_3=\frac{1,7}{3}$$

$$\frac{0,5\cdot 1,7}{3}-0,25x_3+0,7\cdot 0,6x_3=\frac{1,7\cdot 0,6}{3}$$

$$\frac{0,85}{3}-0,25x_3+0,42x_3=\frac{1,02}{3}$$

$$0,17x_3=\frac{0,17}{3}$$

$$x_3=\frac{1}{3}$$

$$x_2=\frac{2}{3}$$

$$g=\frac{1.7}{3}\approx 0.567$$

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.В.02 МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Исаков С.В., к.т.н.; Стариков А.Д., к.т.н., доцент;

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **3**

ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ **3**

1. Сбор случайных данных 3
2. Первичная обработка одномерной информации 4
3. Построение гистограммы распределения 5
4. Определение эмпирических моментов 7
5. Проверка правильности статистической гипотезы о соответствии распределения случайной величины нормальному закону 10

ПРИЛОЖЕНИЯ **15**

ВВЕДЕНИЕ

Цель выполнения работы

Освоение методов сбора и обработки случайных данных.

Краткая теория

Проблема статической обработки информации многогранна. Задачи, связанные с ней, имеются и в области управления технологическими процессами, и в области управления производством в целом, они актуальны также в экономике, социологии при проведении научно-экспериментальных исследований и т.д.

Сама обработка информации необходима для того, чтобы иметь возможность управлять ходом процессов и явлений. На управляемые процессы воздействует бесчисленное множество случайных факторов, которые невозможно учесть, поэтому обработка информации должна иметь статистический характер. Задачей этой статистической обработки является выявление тенденций в развитии тех или иных процессов и явлений и повышении достоверности получаемых сведений.

Задача статистической обработки информации является весьма сложной, многоплановой и требующей больших временных и материальных затрат. Поэтому важна обоснованность требований, предъявляемых к качеству статистической обработки информации-достоверности и оперативности.

ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Сбор случайных данных

Случайные величины - величины, способные принимать в результате опыта то или иное неизвестное заранее значение.

С вероятностной точки зрения случайная величина полностью описана в том случае, если для каждого конкретного значения *(x)*, случайной величины *(X)* указана вероятность его появления *(p)*.

Различают два типа случайных величин:

- непрерывная величина может быть описана только функцией распределения вероятностей

- дискретная величина - таблицей, связывающей конкретное значение случайной величины с вероятностью появления этого значения. Графически дискретная величина наиболее часто изображается с помощью полигона частот или гистограммы.

Сбор случайных данных осуществить в зависимости от указаний преподавателя одним из двух способов:

а) Получить заранее подготовленные исходные данные в соответствии с вариантом;

б) Выбрать явление, характеризующееся случайной величиной предположительно подчиняющееся нормальному закону распределения (например, антропологические данные – рост, вес и т.п.). Согласовать свой выбор с преподавателем. Провести не менее 20 опытов (измерений), результаты записать в виде таблицы.

2. Первичная обработка одномерной информации

2.1. Построить график реализации случайной величины x (рис.1)

2.2. По графику определяют максимальное и минимальное значение случайной величины x_{min} и x_{max}.

2.3. Вычислить разброс ряда по формуле:

$$R = x_{max} - x_{min}$$

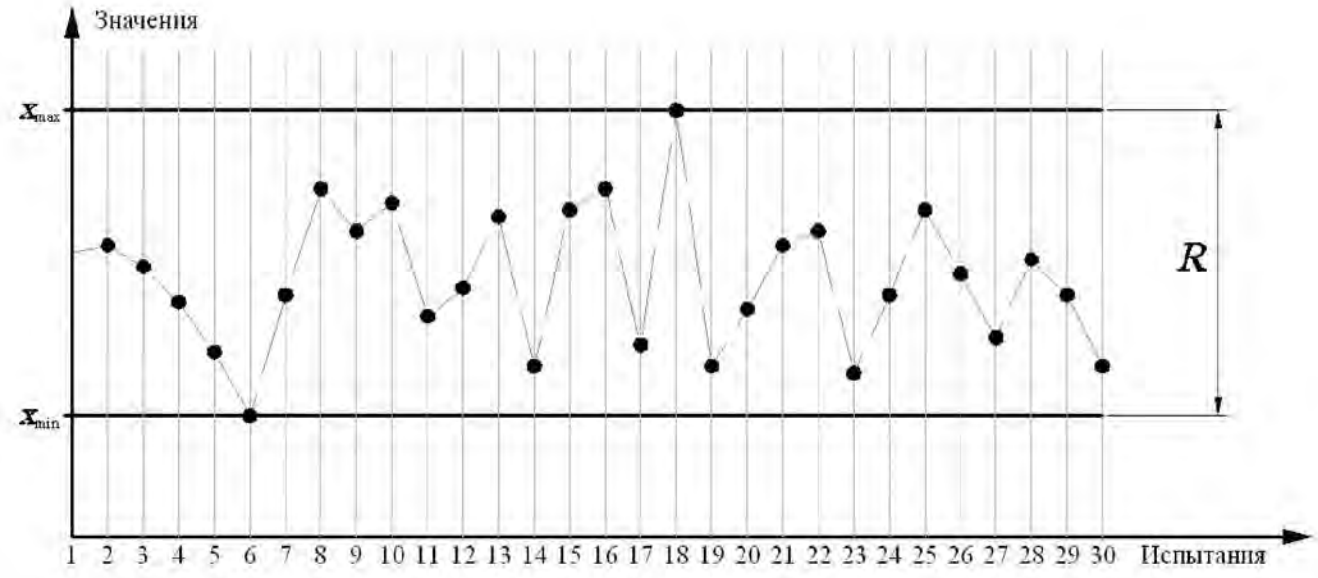


Рис.1. Пример графика реализации случайной величины

3. Построение гистограммы распределения

Гистограммой называется полигон частот для случайных величин, сгруппированных по интервалам возможных значений

3.1. Определить количество интервалов:

Величины интервалов определяются эмпирическими правилами:

- в каждый интервал должно попасть не менее 5 наблюдений,
- общее количество интервалов должно быть не менее 5-7.

Ориентировочное значение числа интервалов может быть определено по формуле Г.А. Стерджесса:

$$n = 1 + 3.322 * lg\,(N) \qquad (3.1)$$

где N - количество измерений (объем выборки).

Полученное значение округляется до ближайшего целого числа и проверяется на вхождение в пределы от 5 до 7 (рис.2).

3.2. Вычислить размер интервала:

$$h = R / n \qquad (3.2)$$

3.3. Определить границы интервалов и вписать соответствующие значения в табл.1. столбец I.

3.4. Определить значения середин интервалов и вписать в табл.1. столбец II.

3.5. На график реализации случайной величины нанести горизонтали соответствующие границам интервалов (рис.2.). Частоту попадания случайной величины в каждый интервал ($x_э$) подсчитать и зафиксировать в табл.1. столбец III. Пример заполнения табл. 1. приведен в табл.2.

3.6. По данным столбца III, табл.1. построить гистограмму распределения случайной величины (рис.3.).

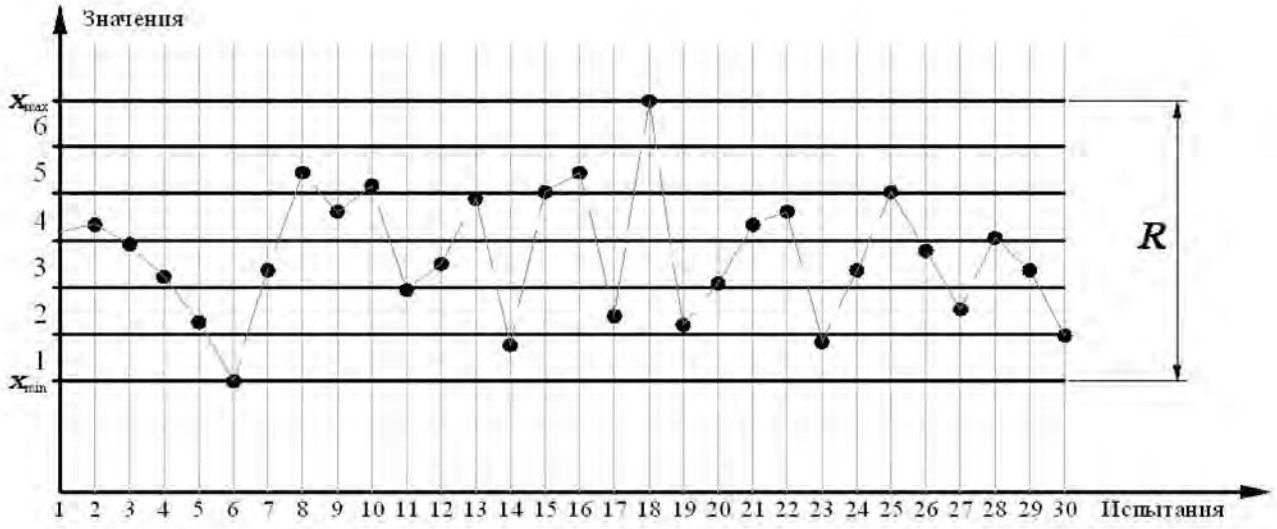


Рис.2. Пример графика реализации случайной величины
с нанесенными границами интервалов (n' = 6)

Пример 1:

В результате серии из 5 опытов получен следующий ряд реализации случайной величины:

1;2;3;4;5

В этом случае:

Xmin=1

Xmax=5

$R = x_{max} - x_{min} = 5 - 1 = 4$

$n' = 1+3{,}322 \cdot \lg 5 = 3{,}000043 \approx 3$

$h = 4/3 = 1{,}333(3) \approx 1{,}34$

Таким образом, получаем три интервала:*

[1.00;2.34) или (-∞; 2.34)

[2.34;3.68)

[3.68;5.02) или [3.68; +∞)

Середины интервалов:

1 интервал – (1.00+2.34)/2 = 1.67

2 – (2.34+3.68)/2 = 3.01

3 – (3.68+5.02)/2 = 4.35

* [- число входит в интервал;
) - число не входит в интервал.

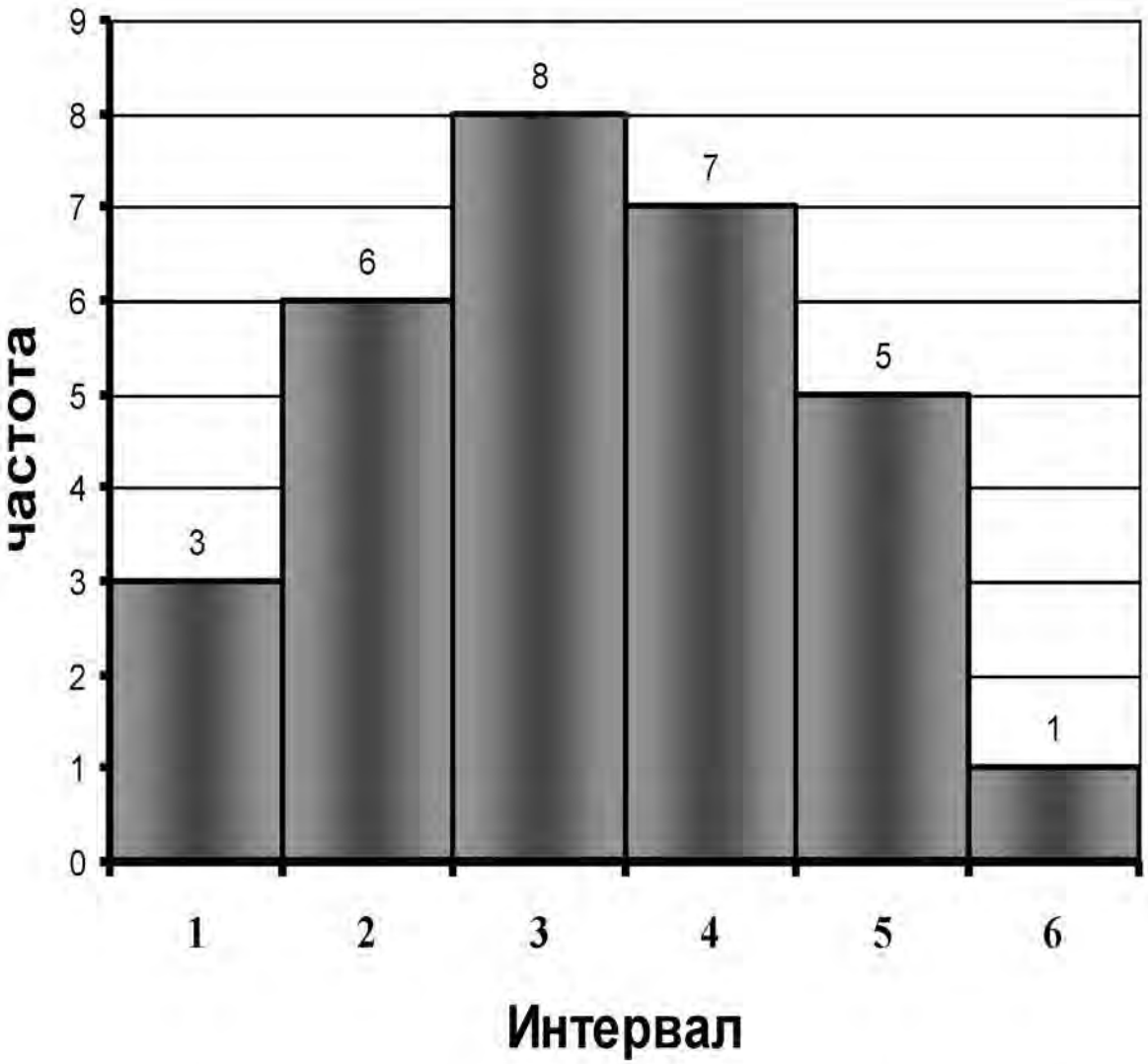


Рис.3. Гистограмма распределения случайной величины

4. Определение эмпирических моментов

Эмпирическим моментом *k*-го порядка называется математическое ожидание *k*-х степеней разностей случайной величины и какой-либо константы:

$$\mu_k = M\left[(x_i - c)^k\right] \qquad (4.1)$$

Если константа с совпадает с началом отсчета значений случайной величины, то момент распределения называют начальным, если константа с равна математическому ожиданию случайной величины, то такой момент называется центральным. В

случае условного выбора значения константы говорят об условном моменте распределения.

4.1. Математическим ожиданием случайной величины называется сумма произведений всех значений случайной величины на их вероятности. Математической ожидание является начальным моментом первого порядка:

$$M(x) = \mu_1 = M\left[(x_i - 0)^1\right] = \Sigma x_i \cdot p(x_i) \approx \frac{\Sigma x_i}{N} \qquad (4.2)$$

4.2. Центральный момент второго порядка является дисперсией. Под дисперсией случайной величины понимается математическое ожидание квадрата разности между случайной величиной и ее математическим ожиданием:

$$D(x) = \mu_2 = M\left[(x_i - M(x))^2\right] \approx \frac{\Sigma(x_i - M(x))^2}{N} \qquad (4.3)$$

4.3. Для практических целей также широко используются среднеквадратическое (стандартное) отклонение σ:

$$\sigma = \sqrt{D(x)} \qquad (4.4)$$

4.4. Асимметрия характеризует меру скошенности кривой плотности распределения относительно от ее максимума (моды*)

- Если асимметрия равна нулю, то кривая плотности распределения симметрична относительно своего максимума.
- Положительная асимметрия говорит о том, что распределение случайной величины характеризуются повышенной частотой появления значений больших, чем значение, соответствующее наиболее вероятному (максимуму кривой плотности распределения вероятностей).
- Отрицательная асимметрия, напротив, свидетельствует о большем количестве отрицательных отклонений.

---

* ***Мода*** - наиболее вероятное значение случайной величины. В тех случаях, когда кривая плотности распределения, построенная по результатам проведенных измерений, имеет несколько локальных максимумов, то говорят о полимодальном распределении случайной величины. Это может быть обусловлено как неверно выбранным интервалом группирования при построении гистограммы или малым количеством измерений, не отражающим генеральную совокупность, так и грубыми ошибками измерений или регистрацией в одной выборке значений, обусловленных различными факторами.

Ассиметрия – центральный момент третьего порядка:

$$A(x) = \mu_3 = M\left[\left(x_i - M(x)\right)^3\right] \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^3}{N} \qquad (4.5)$$

4.5. Эксцесс используется для характеристики островершинности кривой плотности распределения. Эксцесс – центральный момент четвертого порядка:

$$Э(x) = \mu_4 = M\left[\left(x_i - M(x)\right)^4\right] \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^4}{N} \qquad (4.6)$$

Пример 2:

*Для упрощения процесса вычислений эмпирических моментов удобно воспользоваться таблицей (см. табл.3.). В этом случае значения в столбцах начиная с III определяется путем умножения предыдущего столбца на столбец II (III = II * II, IV = III * II, V = IV * II).*

При проведении вычислений можно воспользоваться электронными таблицами. Пример организации вычислений в среде MS Excel приведен на рис.4.

Полученные таким образом значения сумм Σx, $\Sigma(x\text{-}xcp)^2$, $\Sigma(x\text{-}xcp)^3$ и $\Sigma(x\text{-}xcp)^4$ подставляются в соответствующие формулы для определения эмпирических моментов.

В данном случае:

$$M(x) = \mu_1 \approx \frac{\Sigma x_i}{N} = \frac{15}{5} = 3$$

$$D(x) = \mu_2 \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^2}{N} = \frac{10}{5} = 2$$

$$\sigma = \sqrt{D(x)} = \sqrt{2} \approx 1{,}41$$

$$A(x) = \mu_3 \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^3}{N} = \frac{0}{5} = 0$$

То что A = 0, означает, что кривая плотности распределения симметрична относительно своего максимума.

$$Э(x) = \mu_4 \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^4}{N} = \frac{34}{5} = 6{,}8$$

Таблица 3.

Результаты вычисления эмпирических моментов

Измерение	x	(x-M(x))	$(x- M(x))^2$	$(x- M(x))^3$	$(x- M(x))^4$
	I	II	III	IV	V
1.	1	-2	4	-8	16
2.	2	-1	1	-1	1
3.	3	0	0	0	0
4.	4	1	1	1	1
5.	5	2	4	8	16
∑	15	0	10	0	34
∑ / N	3	0	2	0	6,8

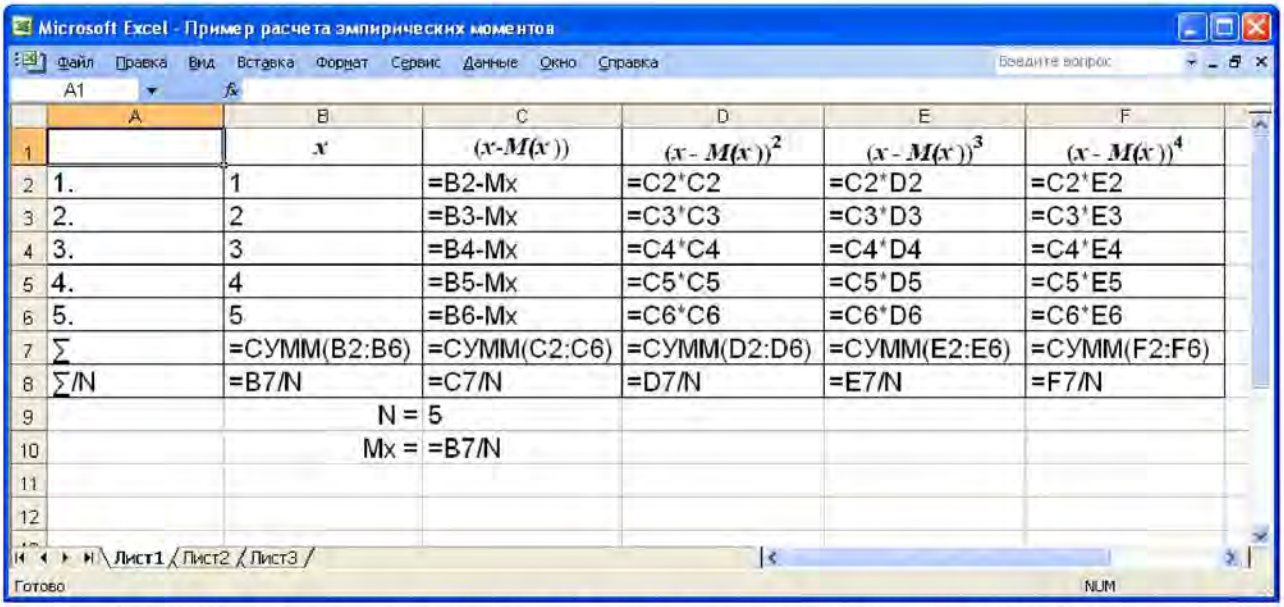


Рис. 4. Пример расчета данных для определения эмпирических моментов с использованием среды MS Excel

5. Проверка правильности статистической гипотезы о соответствии распределения случайной величины нормальному закону

Закон распределения - любое соотношение, устанавливающее связь между значением случайной величины и вероятностью ее появления.

Нормальным называется распределение вероятностей непрерывной случайной величины, которое описывается плотностью вероятности:

$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \qquad (5.1)$$

где a – математическое ожидание случайной величины.

Нормальный закон распределения также называется законом Гаусса.

График плотности нормального распределения называется нормальной кривой или кривой Гаусса (рис.5.).

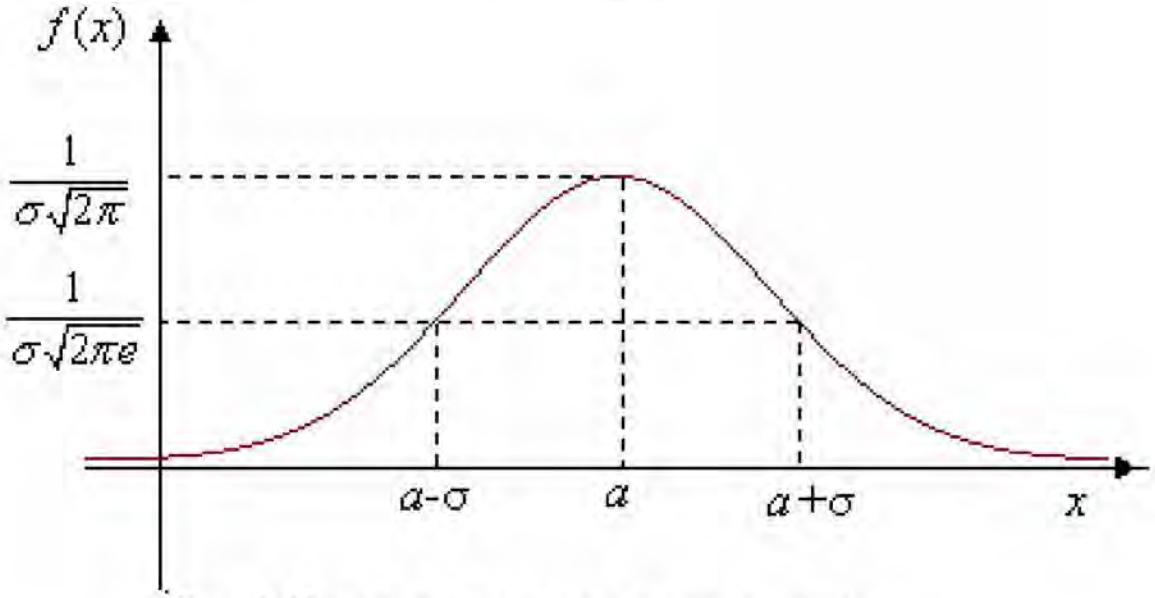


Рис. 5. Кривая нормального распределения

Часто необходимо знать закон распределения генеральной совокупности. Если он неизвестен, но есть основания предположить, что он имеет определенный вид (назовем его «З»), выдвигают гипотезу: генеральная совокупность распределена по закону «З». Таким образом, в этой гипотезе речь вдет о виде предполагаемого распределения.

Статистической называют гипотезу о виде неизвестного распределения или о параметрах известных распределений.

В качестве количественной оценки согласия выбранного теоретического закона распределения с полученной кривой обычно используется критерий А.Н. Колмогорова.

5.1. На основании формы гистограммы распределения случайной величины принимается или отвергается статистическая гипотеза

о соответствии распределения случайной величины нормальному закону. Для этого:

- производится визуальное сравнение формы полученной гистограммы с формой кривой нормального распределения (рис.5.).
- если форма гистограммы близка к форме нормального распределения, делается вывод о принятии статистической гипотезы, в противном случае гипотеза отвергается.

	В учебных расчетах проверка гипотезы должна быть продолжена независимо от результатов полученных при выполнении пунктов 5.1. и 5.2., а в описании хода работы после этих пунктов должны быть сделаны соответствующие выводы.

5.2. Вычисляются относительные значения ассиметрии (*A'*) и эксцесса (*Э'*):

$$A' = \frac{A}{\sigma^3}, \quad Э' = \frac{Э}{\sigma^4} - 3. \qquad (5.2)$$

Если значения *A'* и *Э'* близки к нулю, делается вывод о принятии статистической гипотезы, в противном случае гипотеза отвергается.

5.3. Производится проверка статистической гипотезы с использованием критерия А.Н. Колмогорова.

В столбец IV табл.1. заносятся значения параметра *t*, рассчитанные для каждого интервала по формуле:

$$t = \frac{c - A}{\sigma}, \qquad (5.3)$$

где c – середина интервала.

Используя функцию Лапласа (5.4), вычисляются теоретические значения функции распределения для каждого интервала и фиксируются в табл.1. столбец V:

$$F(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \qquad (5.4)$$

где e – основание натурального логарифма, $e \approx 2{,}718$;

π - число «пи», $\pi \approx 3{,}14$.

Рассчитываются значения теоретических частот попадания случайной величины в интервал (x_m):

$$x_m = F(t) \cdot N \qquad (5.5)$$

Полученные значения округляются до меньшего целого и фиксируются в столбце VI табл.1.

Вычисляются накопленные эмпирические (полученные в результате опыта) и теоретические частоты (столбцы VII, VIII табл.1).

В столбце IX табл.1. приводятся разности накопленных теоретических и эмпирических частот.

Вычисляется величина λ:

$$\lambda = \frac{D}{\sqrt{N}}, \qquad (5.6)$$

где $D = \max|x_э - x_m|$ - максимум модуля разности между эмпирической и теоретической накопленными частотами (максимальное из значений столбца IX, табл. 1).

Вычисляется критерий Колмогорова:

$$P(\lambda) = 1 - \sum_{k=-\infty}^{\infty} (-1)^k e^{-k^2\lambda^2} \qquad (5.7)$$

Значения функции P(λ) приведены в табл. 4.

Таблица 4.

λ	**P(λ)**	**λ**	**P(λ)**	**λ**	**P(λ)**	**λ**	**P(λ)**
0,37	1,000	0,47	0,980	0,57	0,901	1,30	0,068
0,38	0,999	0,48	0,975	0,58	0,890	1,40	0,040
0,39	0,998	0,49	0,970	0,59	0,877	1,50	0,022
0,40	0,997	0,50	0,964	0,60	0,864	1,60	0,012
0,41	0,996	0,51	0,957	0,70	0,711	1,70	0,006
0,42	0,995	0,52	0,950	0,80	0,544	1,80	0,003
0,43	0,993	0,53	0,941	0,90	0,393	1,90	0,001
0,44	0,990	0,54	0,933	1,00	0,270	2,00	0,001
0,45	0,987	0,55	0,923	1,10	0,178	2,10	0,000
0,46	0,984	0,56	0,912	1,20	0,120		

Если полученное значение критерия Колмогорова больше чем 0.5, то делается вывод о правильности статистической гипотезы – распределение случайной величины соответствует нормальному закону.

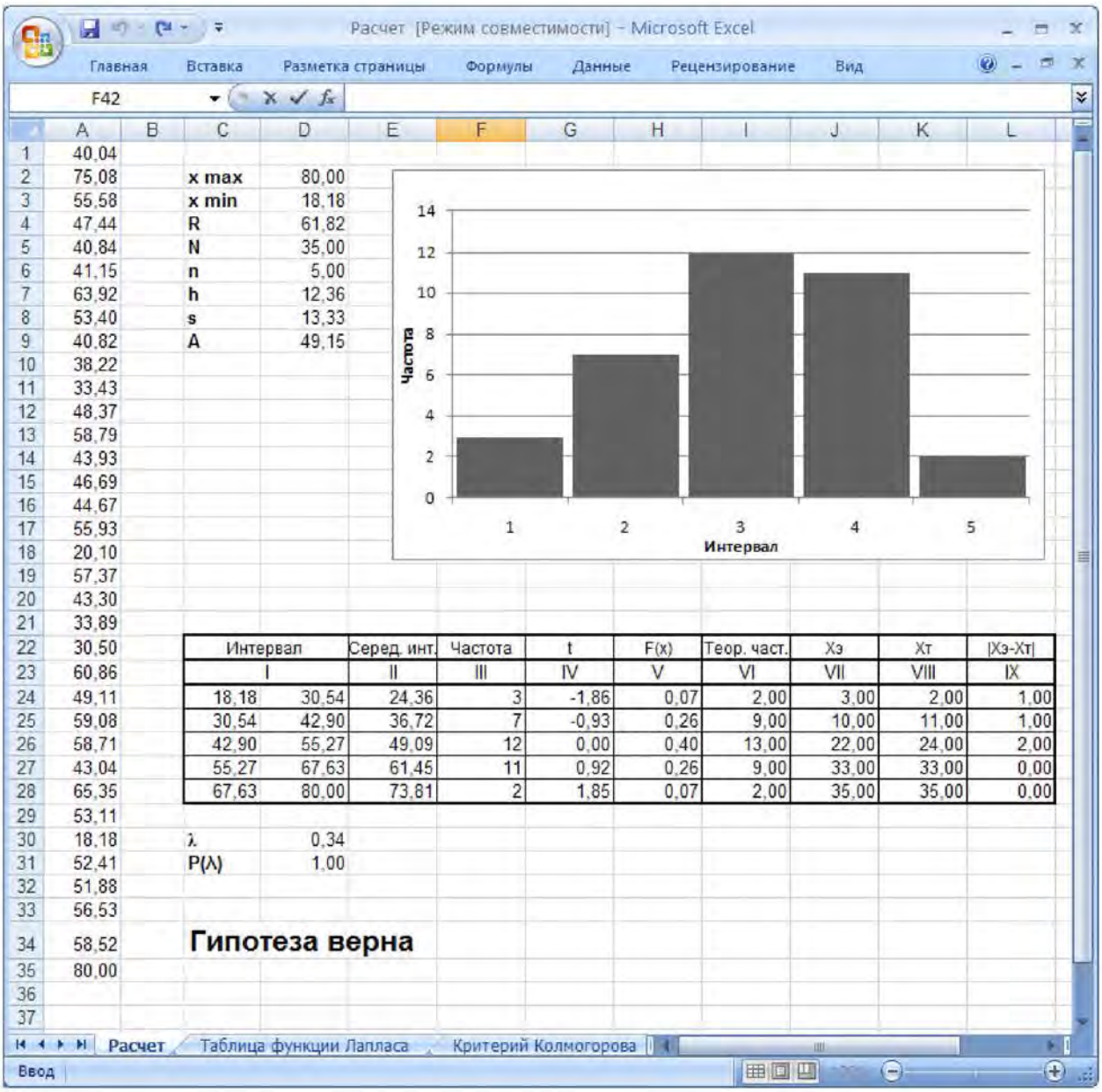
Если значение $P(\lambda)$ меньше 0,5 – гипотеза ошибочна. В этом случае в качестве гипотезы принимается предположение о соответствии распределение случайной величины другому закону распределения и проводится процедура проверки соответствующая этому закону.

	В учебных расчетах при не подтверждении гипотезы работа прекращается, в отчете по расчетно-графической работе делается соответствующий вывод.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Пример проверки статистической гипотезы с использованием среды MS Excel



x max	80,00		
x min	18,18		
R	61,82		
N	35,00		
n	5,00		
h	12,36		
s	13,33		
A	49,15		

Интервал		Серед. инт.	Частота	t	F(x)	Теор. част.	Xэ	Xт	|Xэ-Xт|
I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
18,18	30,54	24,36	3	-1,86	0,07	2,00	3,00	2,00	1,00
30,54	42,90	36,72	7	-0,93	0,26	9,00	10,00	11,00	1,00
42,90	55,27	49,09	12	0,00	0,40	13,00	22,00	24,00	2,00
55,27	67,63	61,45	11	0,92	0,26	9,00	33,00	33,00	0,00
67,63	80,00	73,81	2	1,85	0,07	2,00	35,00	35,00	0,00

λ	0,34
P(λ)	1,00

Гипотеза верна

Приложение 2

Набор случайных величин для самостоятельных занятий

5	52	37	63	53	49	44	69	64	60	36	66	58	51	42	17	30	45	34	35
35	56	48	44	26	54	62	63	51	42	67	59	76	72	51	34	49	39	66	38
45	30	57	26	14	71	41	41	53	57	65	59	49	38	60	49	48	75	60	31
51	85	60	44	36	56	50	27	58	50	34	75	34	70	58	42	47	28	77	57
59	46	41	53	57	60	59	49	33	45	65	23	51	56	47	31	75	71	52	44
37	61	65	46	50	68	21	88	53	25	51	37	65	55	56	37	65	33	32	60
40	34	6	27	63	66	38	32	52	17	32	48	60	57	52	28	48	37	58	42
37	44	36	89	48	93	31	55	30	48	72	25	69	42	39	61	47	37	55	54
37	60	52	70	40	37	54	58	53	44	50	29	60	54	55	57	63	34	53	67
31	67	66	60	35	43	29	29	55	64	52	48	47	42	49	50	35	43	60	43
54	76	28	67	56	43	31	50	39	42	71	52	56	32	50	45	50	62	50	46
60	50	45	62	52	45	76	55	36	45	33	60	75	54	21	43	26	55	33	65
36	55	44	43	45	56	63	63	51	54	63	69	34	55	46	40	34	66	27	47
69	62	60	54	45	66	39	66	39	40	52	82	26	29	51	47	30	40	69	39
74	65	51	65	58	46	40	11	51	75	46	39	53	40	57	74	48	68	13	73
66	27	63	56	58	63	51	57	34	57	59	61	22	67	56	58	29	52	74	27
39	51	69	31	69	48	29	62	36	79	61	67	38	48	10	60	32	46	43	87
56	56	70	48	71	56	35	55	53	47	74	52	53	51	40	46	44	23	62	37
48	57	46	65	53	37	75	67	46	84	37	69	53	48	55	58	25	42	40	46
44	59	60	59	60	34	37	41	57	70	45	51	32	70	38	51	56	48	57	30
59	37	58	54	56	52	31	52	25	79	49	78	59	51	57	58	45	46	25	63
54	61	46	44	65	74	55	92	26	52	66	46	42	41	21	54	46	19	22	48
62	49	53	53	53	64	57	44	15	41	44	39	61	45	67	32	59	55	69	36
55	37	54	41	40	59	62	36	58	49	29	63	66	33	42	53	49	61	37	59
45	62	39	55	39	38	78	41	20	61	35	25	15	44	56	44	47	47	30	52
66	49	30	52	58	62	66	66	42	67	56	60	64	61	67	70	70	51	48	31
57	63	35	34	25	44	19	80	56	26	71	55	47	20	40	46	56	62	20	64
54	31	82	60	35	48	58	95	61	55	55	74	57	42	53	42	52	58	40	52
55	70	53	71	50	50	48	68	73	36	40	38	59	73	55	24	55	23	52	52
56	47	47	38	57	35	50	50	63	48	11	44	45	33	64	59	68	56	56	51
67	61	24	47	73	28	35	38	32	53	32	55	53	57	59	71	57	42	63	45
45	42	32	37	25	61	61	68	6	48	47	63	49	50	60	39	52	30	71	69
52	26	51	62	58	20	59	52	71	67	62	42	46	49	26	56	3	61	60	38
42	49	67	29	31	34	34	71	43	45	63	25	63	39	69	40	41	38	39	65
69	55	52	70	51	59	98	78	67	65	34	45	41	36	79	60	59	22	56	63
48	14	39	47	35	71	50	40	60	70	38	22	61	39	52	63	66	43	51	86
43	69	37	73	33	66	69	48	39	55	52	55	47	18	66	34	41	42	57	52
60	44	69	49	61	25	55	20	57	78	50	58	41	64	56	54	41	65	48	60
47	72	46	51	15	79	67	48	58	44	54	50	52	24	45	39	73	66	77	54
53	38	41	52	67	40	42	59	67	39	37	48	68	53	22	89	27	55	40	36
47	72	54	42	49	46	75	52	65	62	63	54	67	43	73	41	74	59	33	61
62	62	56	42	62	71	65	40	50	20	28	22	44	59	47	36	42	36	60	33
40	53	44	52	56	67	72	74	31	35	52	63	69	28	67	64	46	52	57	48
44	39	49	58	74	57	82	39	51	39	69	49	43	51	53	44	44	36	42	38
44	24	49	19	65	55	52	54	53	61	55	58	61	67	35	47	62	20	48	24
66	44	39	42	25	87	36	28	38	42	62	56	29	40	34	38	52	36	55	31
62	10	55	55	54	54	37	80	39	24	39	40	46	62	41	69	45	59	38	26
37	41	44	51	42	38	31	31	58	65	57	64	12	50	54	73	42	54	60	67
31	47	21	57	40	36	39	37	66	61	25	49	26	76	29	52	77	53	68	47
47	75	54	37	47	44	55	63	11	31	46	41	43	64	66	43	37	52	49	89
47	54	61	29	35	38	30	43	49	55	44	29	54	34	41	64	48	88	38	31
39	42	49	43	47	61	65	46	47	59	59	30	29	60	65	55	45	49	30	47

Сергей Владимирович Исаков
Андрей Дмитриевич Стариков

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОДНОМЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Специальность – ***21.05.04 Горное дело***

Специализация № 3 – ***Открытые горные работы***

Форма обучения: очная, заочная

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Автор: Беляев В. Л., старший преподаватель

Екатеринбург

Оглавление

Введение 2
Методические указания по организации самостоятельной работы студента 2
Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 3
Контрольная работа «Расчет скорости углубки в карьере» 5
Рекомендуемая литература 9

Введение

Самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Открытые горные работы».

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Управление качеством минерального сырья» объем учебной нагрузки студента составляет 144 часа или 4 зачетных единицы. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы обучения – 112 часа, заочной – 128 часов.

По курсу «Управление качеством минерального сырья» обязательная самостоятельная работа студентов осуществляется в следующих направлениях: освоение материалов по отдельным темам, входящим в рабочую программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий; выполнение и защита контрольных работ. Данное учебное пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоение отдельных тем дисциплины и выполнение контрольных работ. Контрольные вопросы и задания предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Управление качеством минерального сырья». Она содержит названия 8 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 учебниках по курсу [1,2]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре разработки месторождений открытым способом имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. 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 учебникам [1, 2] 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.

Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения

Тема 1: Основные понятия, формирующие термин «Качество минерального сырья»

Актуальность проблемы. Понятия о квалиметрии. Общие понятия, формирующие термин «качество продукции карьеров» при эксплуатации горного предприятия.

Сведения о качестве продукции горного предприятия. Промышленные требования к качеству продукции карьеров. Оценка уровня качества. Качество полезных ископаемых в недрах. Качество добытого полезного ископаемого. Качество горных работ.

Технико-экономическая сущность качества (ценность) полезного ископаемого. [1, 2]

Дополнительная литература [3-6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Актуальность проблемы качества.
2. Понятие о квалиметрии.
3. Назовите основные факторы формирующие «качество минерального сырья» при эксплуатации горного предприятия.
4. Назовите показатели качества минерального сырья.
5. Какие промышленные требования предъявляются к качеству минерального сырья?
6. Основные понятия и категории, формирующие термин «качество минерального сырья».
7. Какая категория ценности минерального сырья предопределяет комплексное использование недр?
8. Как оптимизируют требования к качеству минерального сырья?

Тема 2: Планирование качества полезного ископаемого

Информация о качестве. Критерии и показатели, качества минерального сырья. Порядок установления кондиций на полезное ископаемое - временных, постоянных, эксплуатационных. Порядок разработки и | утверждения стандарта качества. Показатель комплексной оценки качества полезного ископаемого. Опробование.

Промышленно-экономическая оценка месторождений. Геопотенциал месторождения. Задачи геолого-маркшейдерского обслуживания горных работ на карьерах.

Количественные и качественные потери полезного ископаемого. Методы расчёта потерь. Нормирование потерь. [1, 2]

Дополнительная литература **[**3-6**].**

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите критерии и показатели качества минерального сырья.
2. Общая схема формирования качества.
3. Элементы системы управления качеством минерального сырья.
4. Задачи геолого-маркшейдерского обслуживания горных работ на карьере.
5. Схема получения информации о качестве минерального сырья.
6. Дайте характеристику количественных и качественных потерь полезного ископаемого при добыче.
7. Назовите методы расчета потерь. Нормирование потерь в черной и цветной металлургии.

Тема 3: Способы формирования качества карьерных рудопотоков

Основные методы стабилизации качества продукции на карьерах. Обеспечение качества в процессе подготовки полезных ископаемых к выемке. Обеспечение качества в процессах добычи. Селекция руд. Усреднение качества полезного ископаемого

Технология и организация внутрикарьерного усреднения. Усреднение руд на промежуточных (прикарьерных) складах. Усреднение руд на складах и в приемных бункерах обогатительных фабрик. [1, 2]

Дополнительная литература **[**3-6**].**

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные методы стабилизации качества минерального сырья на карьерах.
2. Какие дополнительные требования должны соблюдаться к буровзрывным работам в сложных забоях?
3. Назовите способы раздельного взрывания, дайте их краткую характеристику.
4. Чем определяется эффективность того или иного способа раздельного взрывания.
5. Назовите виды селективной разработки горной массы во взорванных сложных забоях.
6. Дайте определение термину «усреднение минерального сырья».
7. Характеризуйте способы усреднения по месту его проведения.

Тема 4: Технология обеспечения заданного качества полезного ископаемого

Управление протяженностью фронта работ при стабилизации качества полезного ископаемого. Управление протяженностью фронта работ при изменении интенсивности отработки и регулировании готовых и подготовленных запасов полезного ископаемого

Технологическая связь карьера и обогатительной фабрики. Взаимосвязь качества полезного ископаемого с технологией открытых горных работ. Контроль качества полезных ископаемых. [1, 2]

Дополнительная литература [3-6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте характеристику систем управления качеством минерального сырья.
2. Технологическая связь взрыва и обогатительной фабрики.
3. Управление горными работами при стабилизации качества.
4. Контроль качества горных работ.
5. Оперативное управление качеством минерального сырья на карьере.
6. Проблемы оперативного обеспечения стабильности минерального сырья при открытой добыче.

Контрольная работа «Расчёт нормативных потерь и разубоживания при разработке горизонтальных залежей»

Цель работы: освоить принципы подсчёта нормативных потерь и разубоживания для рудных месторождений на примере горизонтальной залежи.

Задачи работы:

1. Ознакомиться с технологическими и экономическими показателями, характеризующими процесс добычи и переработки сырой руды в концентрат.
2. Выполнить расчёты потерь и разубоживания по заданным вариантам.
3. Сделать оценку влияния технологии и ценовых факторов на величину потерь и разубоживания.

Условные обозначения:

$V_б$ – утверждённые балансовые запасы сырой руды, млн. т;

$\alpha_б$ – среднее содержание полезного компонента (железа) в балансовых запасах, %

m – мощность залежи, м;

$\gamma_р$ – плотность полезного ископаемого, т/м^3;

$\gamma_п$ – плотность вмещающих пород, т/м^3;

β – среднее содержание железа в концентрате, %;

θ – среднее содержание полезного компонента (железа) в хвостах обогащения, %;

Ц – отпускная цена концентрата, руб./т;

С – себестоимость концентрата, руб./т.

Порядок выполнения работы:

1. Для установления нормативных потерь и разубоживания производится технико-экономическая оценка вариантов ведения горных работ в приконтакных зонах:

вариант 1 – разработка залежи с разубоживанием без потерь;

вариант 2 – разработка залежи полезного ископаемого без разубоживания;

вариант 3 – разработка залежи с потерями (в почве пласта) и разубоживанием (примешивается слой породы в кровле залежи);

Примечание: во всех случаях высота примешиваемого и теряемого слоя принимается равной 0,5 м.

вариант 4 – разработка залежи с разубоживанием без потерь (как вариант 1). Высота примешиваемого слоя в кровле и почве залежи принимается равной 1,0 м.

2. Потери полезного ископаемого ($k_п$) в долях единицы определяются по формуле:

$$k_п = \frac{h_П + h_К}{m}, \text{ ед}$$

где $h_П$, $h_К$ – высота теряемого слоя полезного ископаемого в почве и кровле пласта, соответственно, м;

3. Коэффициент разубоживания ($k_р$) в долях единицы определяется по формуле:

$$k_р = \frac{(h_{ПП} + h_{КП}) \cdot \gamma_П}{m \cdot \gamma_Р}, \text{ ед.}$$

где $h_{ПП}$, $h_{КП}$ – высота примешиваемого слоя породы, соответственно в почве и кровле пласта, м.

4. Объём извлекаемого полезного ископаемого ($V_д$) с учётом потерь и разубоживания:

$$V_д = V_б(1 - k_П + k_Р), \text{ тыс. т.}$$

5. Содержание железа в добытом (с учётом потерь и разубоживания) объёме руды ($\alpha_д$) определяется по формуле:

$$a_д = \frac{V_б \cdot a_б (1 - k_П)}{V_д}, \%$$

6. Выход концентрата ($\gamma_к$) определяется по формуле:

$$\gamma_к = \frac{\alpha_д - \theta}{\beta - \theta}, \text{ ед}$$

Примечание: Выход концентрата ($\gamma_к$) представляет собой отношение массы концентрата ($V_к$ с содержанием железа β) к массе сырой руды ($V_д$ с содержанием железа $\alpha_д$), т.е. значение $\gamma_к$ можно так же определить исходя из уравнений баланса металлов, т.е. равенства железа в исходной (сырой) руде количеству железа в концентрате и в хвостах после обогащения

7. Определяется объём концентрата по вариантам по формуле:

$$V_к = V_д \cdot \gamma_к, \text{ тыс. т}$$

8. Определяем экономические показатели по вариантам:

8.1. Стоимость произведённого концентрата ($C_к$)

$$C_к = Ц_к \cdot V_к, \text{ руб}$$

8.2. Суммарные затраты на добычу, транспорт и обогащение ($C_д$)

$$C_д = C \cdot V_д, \text{ руб}$$

8.3. Прибыль по вариантам

$$П = C_к - C_д$$

Пример расчёта нормативов потерь и разубоживания

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Вариант			
			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
1	Утверждённые запасы, $V_б$	тыс. т	100	100	100	100
2	Содержание полезного компонента (Fe) в руде, $\alpha_б$	м	40	40	40	40
3	Мощность слоя полезного ископаемого	м	15	15	15	15
4	Мощность теряемого слоя • в почве, $h_П$ • в кровле, $h_К$	 м м	 - -	 0,5 0,5	 0,5 -	 - -
5	Мощность примешиваемого слоя • в почве, $h_{ПП}$ • в кровле, $h_{КП}$	 м м	 0,5 0,5	 - -	 - 0,5	 1,0 1,0
6	Коэффициент потерь $k_п = \frac{h_П + h_К}{m}$		0	0,067	0,033	0
7	Коэффициент разубоживания $k_р = \frac{(h_{ПП} + h_{КП}) \cdot \gamma_П}{m \cdot \gamma_Р}$		0,051	0	0,026	0,103
8	Плотность руды, $\gamma_Р$	т/м^3	3,5	3,5	3,5	3,5
9	Плотность породы, $\gamma_П$	т/м^3	2,7	2,7	2,7	2,7

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
10	Объём извлекаемого полезного ископаемого, $V_д$ $V_д = V_б(1-k_П+k_Р)$	тыс.т	105,1	93,3	99,3	110,3
11	Содержание полезного компонента (Fe) в добытом объёме руды, $\alpha_д$ $a_д = \frac{V_б \cdot a_б(1-k_П)}{V_д}$	%	38,06	40,0	38,95	36,26
12	Содержание полезного компонента (Fe) в концентрате, $\beta_к$	%	64	64	64	64
13	Содержание полезного компонента (Fe) в хвостах обогащения, θ	%	6	6	6	6
14	Выход концентрата $\gamma_к = \frac{\alpha_д - \theta}{\beta - \theta}$	ед.	0,553	0,586	0,586	0,522
15	Объём концентрата $V_к = V_д \cdot \gamma_к$	т.т.	58,1	54,7	56,4	57,6
16	Стоимость концентрата $C_к = Ц_к \cdot V_к$ (принято $Ц_К$=3000 руб/т)	млн. руб.	174,3	164,1	169,2	172,6
17	Суммарные затраты на добычу, транспорт и обогащение $C_д = C \cdot V_д$	млн. руб.	157,7	140,0	149,0	165,5
18	Прибыль $П = C_к - C_д$	млн. руб.	16,6	24,1	20,2	7,1

Выводы: по величине прибыли делается вывод об эффективности вариантов при заданной цене концентрата.

Приложение 1

Исходные данные для контрольной работы

№ Вар.	$V_б$, тыс. т	$\alpha_б$, %	m, м	$\gamma_р$, т/м^3	$\gamma_п$, т/м^3	β, %	θ, %	Цк, руб./т	С, руб./т
1	70	47	15	3,5	2,7	64,0	6,0	4500	1500
2	80	46	14	3,6	2,8	63,5	6,5	4200	1500
3	90	45	13	3,7	2,9	63,0	7,0	3900	1500
4	100	44	12	3,8	3,0	62,5	7,5	3600	1500
5	110	43	11	3,9	3,1	62,0	8,0	3300	1200
6	120	42	10	4,0	3,2	61,5	8,5	3000	1200
7	130	41	9	3,5	2,7	64,0	6,0	4500	1400
8	140	40	15	3,6	2,8	63,5	6,5	4200	1400
9	150	39	14	3,7	2,9	63,0	7,0	3900	1400
10	160	38	13	3,8	3,0	62,5	7,5	3600	1200
11	170	37	12	3,9	3,1	62,0	8,0	3300	1200
12	180	36	11	4,0	3,2	61,5	8,5	3000	1200
13	190	35	10	3,5	2,7	64,0	6,0	4500	1400
14	200	34	9	3,6	2,8	63,5	6,5	4200	1400
15	100	33	15	3,7	2,9	63,0	7,0	3900	1400
16	110	32	14	3,8	3,0	62,5	7,5	3600	1400
17	120	31	13	3,9	3,1	62,0	8,0	3300	1200
18	130	30	12	4,0	3,2	61,5	8,5	3000	1200
19	140	29	11	3,5	3,3	61,0	9,0	2800	1200
20	150	28	10	3,6	3,4	62,0	9,0	3300	1200

Рекомендуемая литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. , Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2010. - 700 с.	32
2.	Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Технология открытых горных работ. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2008. - 472 с., илл.	38
3.	Шестаков В. А. Рациональное использование недр. - М: Недра, 1990. – 223 с.	13
4.	Грачёв Ф. Г. Управление качеством сырья на горнорудных предприятиях. – М: Недра, 1997. - 208 с.	5
5.	Ломоносов Г. Г. Формирование качества руды при открытой добыче. – М.: Недра, 1975. – 224 с.	4
6.	Бызов В. Ф. Управление качеством продукции карьеров: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1991. – 239 с: илл.	2

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Управление качеством минерального сырья»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Екатеринбург

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Управление качеством
минерального сырья»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»**

Екатеринбург

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень источников.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Управление качеством минерального сырья» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА» 6

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОРЯДКА РАЗВИТИЯ ФРОНТА ДОБЫЧНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРЕ» 9

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА ПО УГЛЮ С УЧЁТОМ ВЫХОДА ШТЫБА» 12

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 «РАСЧЁТ ПАРКА ЭКСКАВАТОРОВ НА ДОБЫЧЕ ПРИ УСРЕДНЕНИИ КАЧЕСТВА РУД» 15

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 «РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМОВ ДОБЫЧИ РУДЫ МЕЖДУ ЭКСКАВАТОРАМИ ПРИ ТРЕБУЕМОМ СОДЕРЖАНИИ МЕТАЛЛА В РУДЕ» 18

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 «РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА УСРЕДНЕНИЯ НА ВНУТРИКАРЬЕРНЫХ СКЛАДАХ» 22

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7 «ОПЕРАТИВНОЕ (ДИСПЕТЧЕРСКОЕ) УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РУДНОГО СЫРЬЯ (ДЕЛОВАЯ ИГРА)» 26

Приложение №1 30

Приложение №2 31

Приложение №3 32

Приложение №4 33

Приложение №5 34

Рекомендуемая литература 35

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Управление качеством минерального сырья» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Управление качеством минерального сырья» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии отвалообразования и организации производственных процессов, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров карьеров;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональной организации горных работ в конкретных условиях.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ, наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА»

Цель работы: Определить элементы залегания пласта

Задачи работы: Построить гипсометрический график поверхности пласта, определить углы простирания пласта.

Порядок выполнения работы:

На участке месторождения пробурено три скважины, известны их координаты в ортогональных проекциях "X" и "Y" и абсолютная отметка "Z" поверхности пласта.

Таблица 1.1

№ скважины	**Координаты устья скважин (м)**		
	X	**Y**	**Z**
1	195	5	+50
2	180	122	+100
3	20	120	+30

Исходные данные: Для выбора исходных данных, студент должен изменить табличные данные (см. таблицу 1.1) в соответствии со своим номером варианта.

$$\begin{cases} X_3 + 2N \\ Z_3 + 2N \end{cases}, \text{ где } N - \text{номер варианта}$$

Графический метод: Угол падения пласта определяется следующим образом: по направлению наибольшего ската между изогипсами под прямым углом берется отрезок АВ (рис. 1.1). От точки А откладывается величина Δh - превышение между двумя изогипсами. Отмечается точка С, угол СВА и будет углом падения пласта (δ_o).

Масштаб плана поверхности пласта принять 1 : 1000, сечение изолиний через 10 м.

1.1. По координатам X, Y нанести скважины (№№ 1, 2, 3) на план, написать номер скважины, её координаты и абсолютную отметку поверхности пласта (рис 1.1).

1.2. Соединить скважины пунктирной линией и каждую сторону получившегося треугольника проградуировать палеткой по отметке Z с шагом 10 м. Точки с отметками, кратными 10 м, соединить между собой прямыми сплошными линиями. Это будут изогипсы поверхности пласта.

1.3. Определить угол простирания плоскости пласта (α_i). Он измеряется транспортиром между положительным направлением оси X и положительным направлением изогипс. За положительное принимается направление, при расположении лицом по которому падение пласта будет наблюдаться вправо.

1.4. Определить угол падения пласта (δ_o) графическим (см. рисунок 1.1) и аналитическим способами.

Аналитический метод: Угол падения пласта определяется по формуле:

$$tg\delta_0 = \frac{\Delta h}{l}$$

где Δh – разница высотных отметок между изогипсами, м;

l – кратчайшее расстояние между изогипсами, м.

Форма отчётности: По результатам занятия представляется отчет, содержащий краткую теорию существа вопроса, таблицу исходных данных, результат работы в виде чертежа и расчетов.

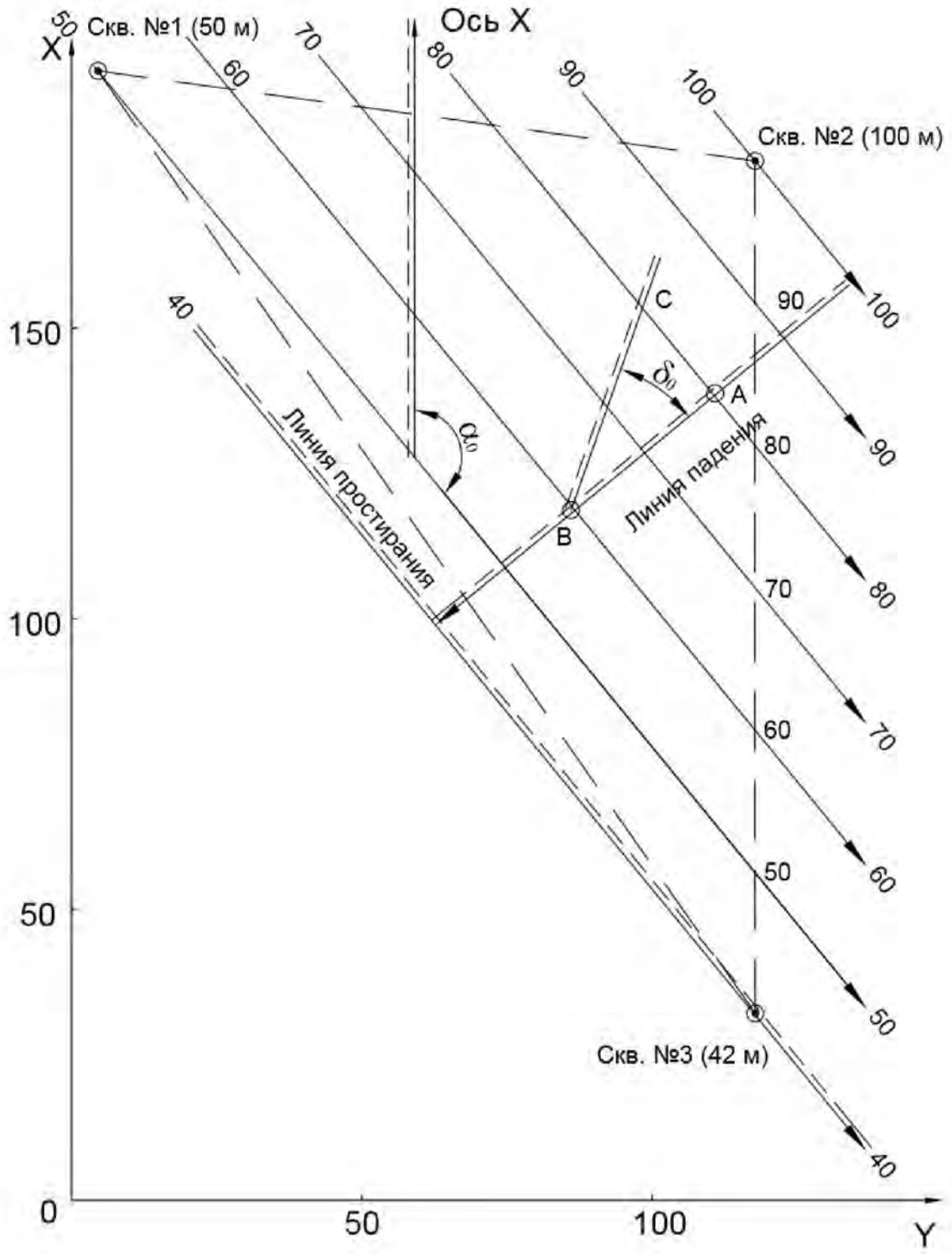


Рис. 1.1 План изогипс поверхности пласта 1:1000

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОРЯДКА РАЗВИТИЯ ФРОНТА ДОБЫЧНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРЕ»

Цель работы: Выбрать направление развития фронта добычных работ и положение экскаваторных заходок относительно рудной залежи, при которой потери (***П***) полезного ископаемого не будут превышать нормативные значения потерь (***П***) при заданных значениях засорения (***R***).

На рисунке показано произвольное положение откосов заходки ***АВ*** при отработке залежи ***СД***. Положение АВ определяется значением (a_0) высотой треугольника пустых пород, включаемых в руду в процессе отбойки, которое в свою очередь определяет ΔP и ΔV - объёмы, соответственно, теряемых руд и засоряющих руду пород.

Порядок выполнения работы:

1. В соответствии с исходными данными по варианту (см. приложение 1) выбирается расчётная схема развития фронта работ, (рис. 3.1.).

Примечание: Расчёты производятся по двум направлениям развития фронта: при работе от висячего бока залежи к лежачему и от лежачего бока к висячему в зависимости от варианта задания. Все расчёты приводятся на 1 м длины фронта.

2. Определяется высота треугольника пустых пород, попадающих в руду в процессе отбойки (a_0):

$$a_0 = R \cdot H_y + \sqrt{(R \cdot H_y)^2 + \frac{R \cdot H_y \cdot m}{\mp ctg\beta \pm ctg\alpha} - R \cdot H_y^2}\ , \text{м}$$

где H_y – высота уступа, м;

R – разубоживание (засорение) руды, доли ед.;

m – мощность залежи, м;

□ – угол откоса забоя, град.;

□ – угол падения контакта руды, град.

Примечание: Знаки «+» и «+» ставят при направлении работ от лежачего бока к висячему; «–» и «+» - при направлении работ от висячего бока к лежачему и $\beta > \alpha$, «+» и «–» - при направлении работ от висячего бока к лежачему и $\beta < \alpha$ (см. рисунок 3.1).

По установленному значению a_0 находятся объёмы ΔP и ΔV:

$$\Delta P = \frac{(H_y - a_0)^2}{2} \cdot (\mp ctg\beta \pm ctg\alpha), \text{ м}^3$$

$$\Delta V = \frac{a_0^{\,2}}{2} \cdot (\mp ctg\beta \pm ctg\alpha), \text{ м}^3$$

3. По коэффициенту μ_0 проводится сравнение вариантов и выбирается направление развития фронта работ:

$$\mu_0 = \frac{\Delta V}{\Delta P} \to \min .$$

4. Для принятого направления развития фронта определяется допустимое значение потерь (***П***):

$$П = \frac{(H_y - a_0)^2 \cdot (\mp ctg\beta \pm ctg\alpha)}{m \cdot H_y} \cdot 100, \text{ \%}$$

5. Полученные потери сравнить с нормативными.

Примечание: Нормативные значения потерь (***П***) приняты в работе 3-4%.

6. Сделать вывод по работе. Например: для принятого направления развития фронта работ потери соответствуют нормативным.

Форма отчётности: Для выбранного направления развития фронта вычертить схему и показать положение экскаваторной заходки (рис. 2.1).

Исходные данные к работе приведены в приложении 1.

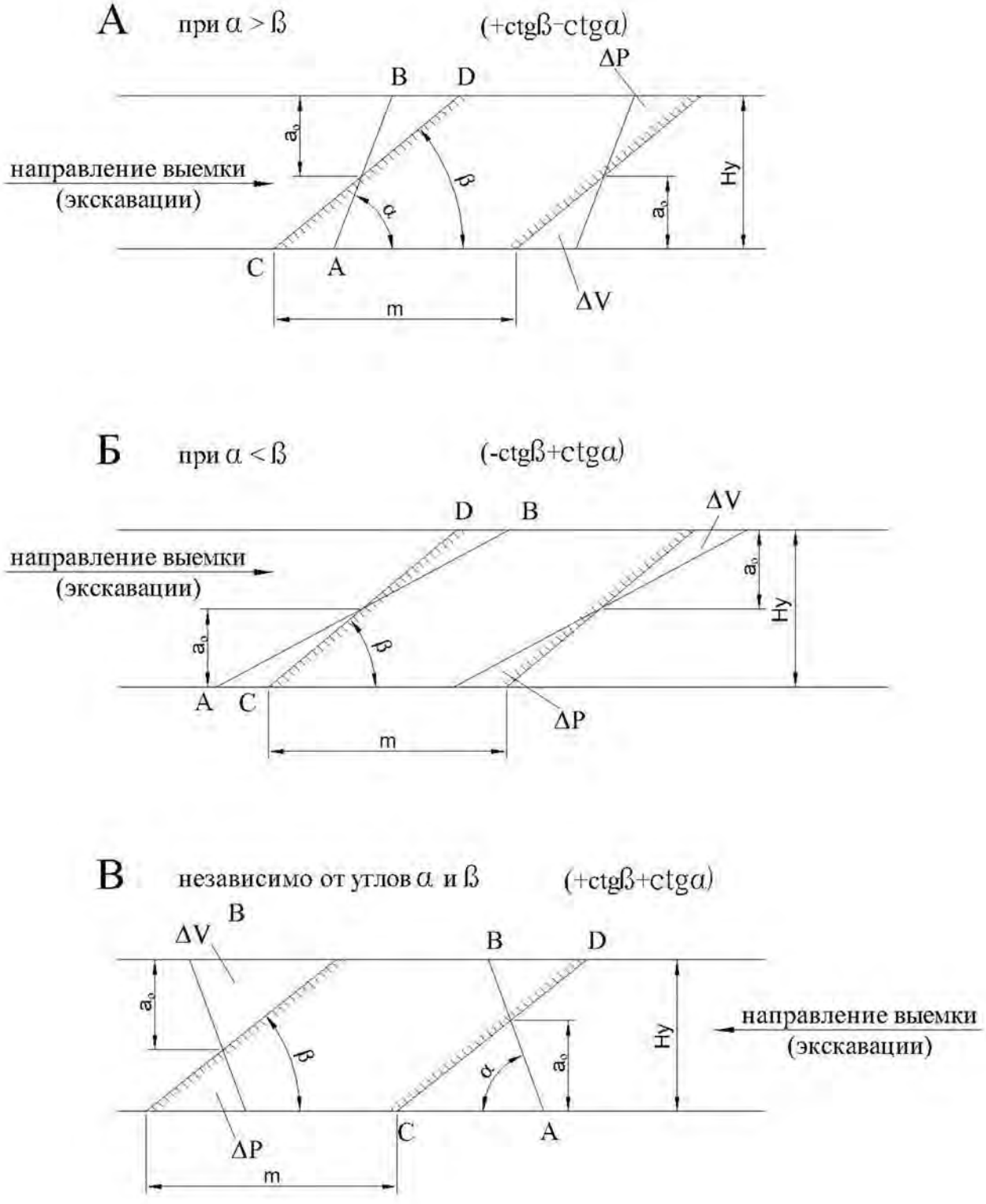


Рис.2.1. Направление развития фронта работ в зависимости от угла откоса заходки (α) и угла падения залежи (β).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА ПО УГЛЮ С УЧЁТОМ ВЫХОДА ШТЫБА»

Цель работы:

1. Найти такие годовые объёмы добычи угля по пластам, при которых годовой объём добычи всего карьера был бы максимальным.
2. Найти выход штыба с первого и второго пластов. Исходя из имеющегося круга потребителей годовой объём выхода штыба на карьере не должен превышать 121 тыс. тонн.

Примечание: Штыб – это уголь (антрацитовая мелочь) с размером фракции менее 3 мм, служит как топливо для ТЭЦ, ГРЭС и др.

Исходные данные к работе приведены в приложении 2.

Пример выполнения работы: Карьер разрабатывает два угольных пласта. Первый пласт даёт выход штыба 20%, второй 30%. При разработке только первого пласта объём годовой добычи карьера составил бы 500 тыс. тонн угля; при разработке только второго пласта – 200 тыс. тонн угля. По условию опережения горных работ добыча со второго пласта не может опережать добычу с первого пласта.

Порядок выполнения работы:

1. Пусть X и Y – годовая добыча (тыс.тонн) соответственно по первому и по второму пласту. Тогда годовая добыча по карьеру составит:

$$Z = X + Y$$

Кроме того, согласно условию:

$$X \leq 500$$

$$Y \leq 200$$

$$Y \leq X$$

2. Так как годовой объём выхода штыба с первого пласта равен $0{,}2\boldsymbol{X}$, а со второго $0{,}3\boldsymbol{Y}$, то их суммарный выход $0{,}2\boldsymbol{X} + 0{,}3\boldsymbol{Y}$ не должен превышать 121 тыс. тонн, т.е. $0{,}2\boldsymbol{X} + 0{,}3\boldsymbol{Y} \leq 121$.

Таким образом необходимо найти максимум величины $\boldsymbol{Z} = \boldsymbol{X} + \boldsymbol{Y}$ при ограничениях:

$$0 \leq \boldsymbol{X} \leq 500$$

$$0 \leq \boldsymbol{Y} \leq 200$$

$$\boldsymbol{Y} \leq \boldsymbol{X}$$

$$0{,}2\boldsymbol{X} + 0{,}3\boldsymbol{Y} \leq 121$$

3. Решаем эту задачу графически (рисунок 3.1).

Область допустимых значений, определяемая системой неравенств-ограничений, есть многоугольник ***OPQRS*** вместе со своей границей (на рисунке он заштрихован). Заметим, что для построения этого многоугольника все неравенства следует заменить равенствами и построить соответствующие прямые.

$$x = 500$$

$$y=200$$

$$y=x$$

$$2x+3y=1210$$

Рассмотрим выражение $\boldsymbol{Z} = \boldsymbol{X} + \boldsymbol{Y}$. Придавая $\boldsymbol{Z}$ различные значения получим семейство параллельных прямых.

Заметим, что все эти прямые проходят через вершины многоугольника ***OPQRS***. Наибольшее значение величин $\boldsymbol{Z}$ принимает в вершине ***R***.

Таким образом, $\boldsymbol{Z}_{\max}$ = 570 тыс. тонн, $\boldsymbol{X}_{\max}$ = 500 тыс. тонн, $\boldsymbol{Y}_{\max}$ = 70 тыс. тонн.

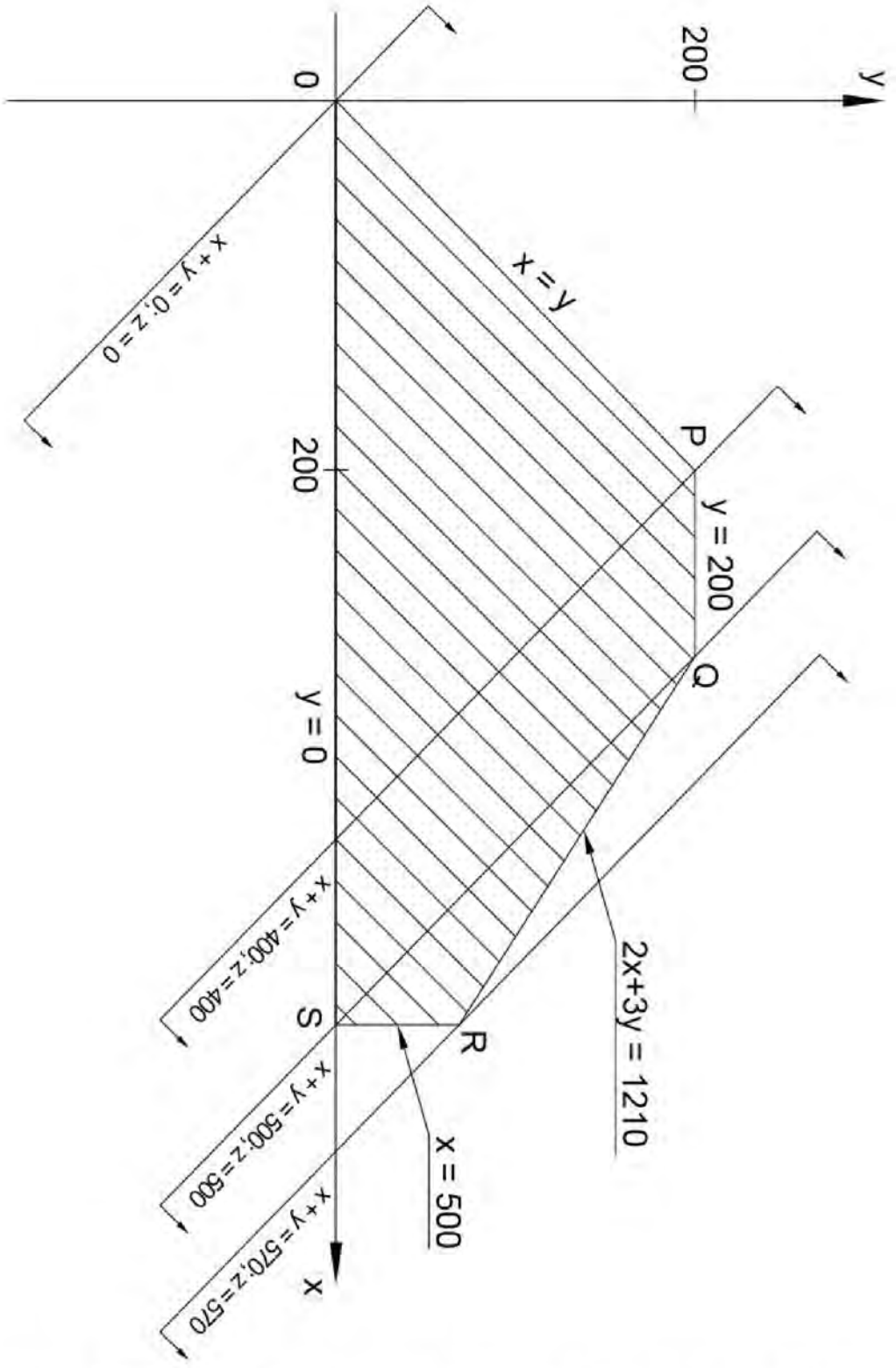


Рисунок 3.1. Область допустимых значений, определяемая системой неравенств - ограничений

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 «РАСЧЁТ ПАРКА ЭКСКАВАТОРОВ НА ДОБЫЧЕ ПРИ УСРЕДНЕНИИ КАЧЕСТВА РУД»

Цель работы: Рассчитать резерв производительности экскаваторов на добыче и в случае необходимости организацию подшихтовочно-усреднительного склада.

Необходимое количество экскаваторов (***n***) на добыче, с учётом выполнения требований к усреднению качества определяется по графику (рис. 4.1) в зависимости коэффициента однородности качества от коэффициента резерва производительности экскаваторов на добыче:

$$k_0 = f(k_p)$$

Под коэффициентом неоднородности качества (k_0) понимается отношение максимального допустимого значения среднеквадратичного отклонения усредняемого компонента в сменных объёмах добычи к среднеквадратичному отклонению содержания усредняемого компонента в экскаваторных забоях.

Под коэффициентом резерва производительности экскаваторов (k_p) понимается отношение суммарной производительности работающих на добыче в течении смены экскаваторов к сменной производительности карьера по полезному ископаемому.

Исходные данные: Принимаются согласно приложению №3.

1. Производительность карьера по руде (***Qк***), т/смену.
2. Производительность экскаватора по руде (***Qэ***), т/смену.
3. среднеквадратичное отклонение содержания усредненного компонента в экскаваторном забое (***σk***), %.
4. Максимально допустимое значение среднеквадратичного отклонения содержания усредняемого компонента (***σдоп***), %.

Примечание: Расчёт выполняется для железорудных карьеров.

Порядок выполнения работы:

1. Определяется допустимое значение коэффициента неоднородности качества руды:

$$k_o = \frac{\sigma_{доп}}{\sigma_к}$$

2. Определяется минимально необходимое число экскаваторов на добыче:

$$n = \frac{Q_к}{Q_э}$$

Если n – дробное число, оно округляется до ближайшего целого в большую сторону.

3. Определяется коэффициент резерва производительности экскаватора на добыче:

$$k_р = \frac{n \cdot Q_э}{Q_к}$$

4. На графике (рис. 5.1) по оси абсцисс откладывается значение $k_р$ и из этой точки восстанавливается перпендикуляр до пересечения с кривой, соответствующей принятому числу экскаваторов n. Ордината точки пересечения k_0 сравнивается с величиной $k_{доп}$ и, если $k_0 \leq k_{доп}$ расчёт закончен, т.к. принятое число экскаваторов n обеспечивает выполнение требований, предъявляемых к качеству руды. В противном случае число экскаваторов увеличивается на единицу и расчёт повторяется.
5. Рассчитывается необходимость организации подшихтовочно-усреднительного склада. Для оценки необходимости организации склада принимается:

Вывод по работе:

Если $n \cdot (k_p - 1) \leq 1$ - организация подшихтовочно-усреднительного склада нецелесообразна.

Если $n \cdot (k_p - 1) \geq 1$ - организация подшихтовочно-усреднительного склада целесообразна.

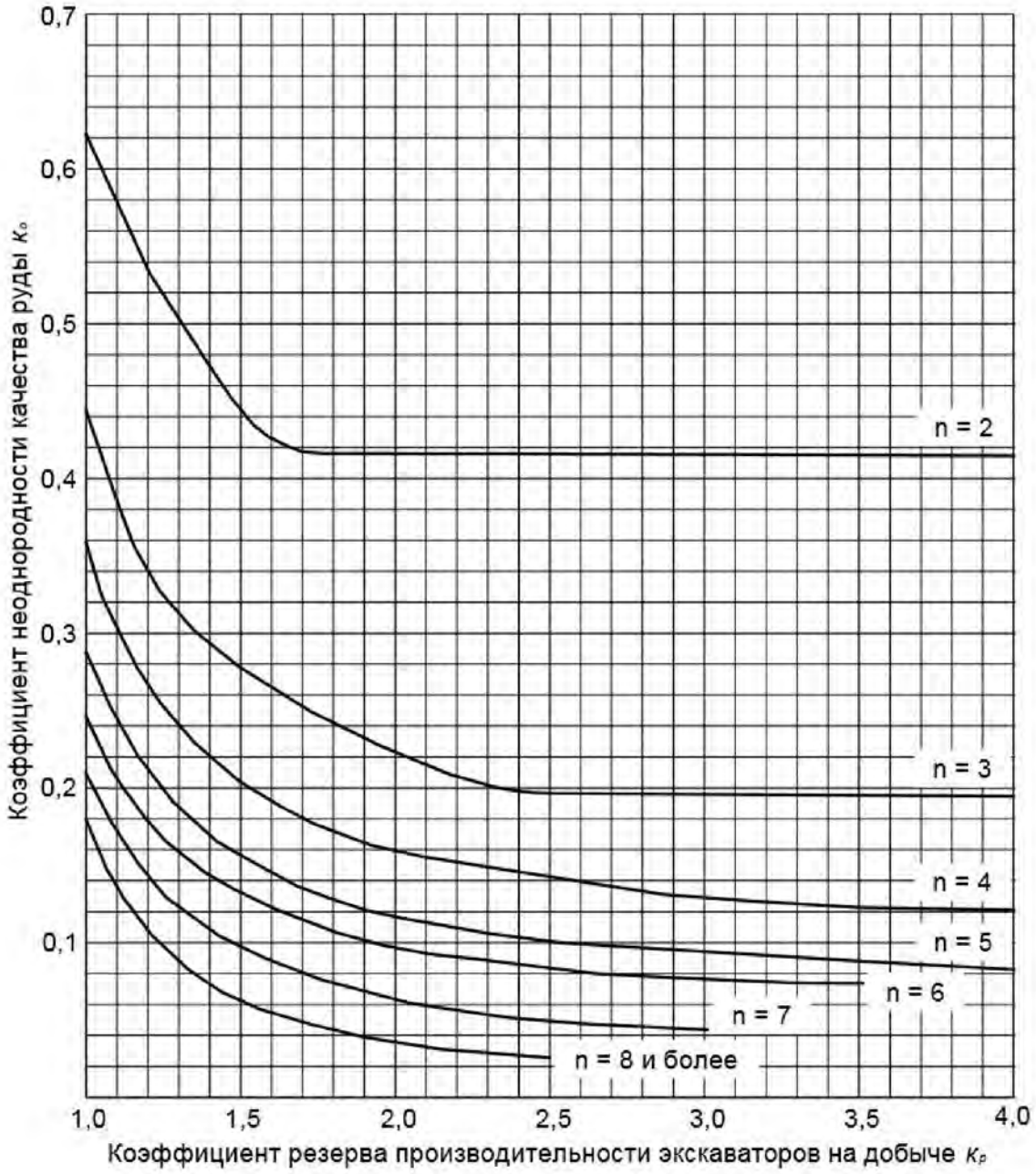


Рисунок 4.1 – График зависимости $k_0 = f(k_p)$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 «РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМОВ ДОБЫЧИ РУДЫ МЕЖДУ ЭКСКАВАТОРАМИ ПРИ ТРЕБУЕМОМ СОДЕРЖАНИИ МЕТАЛЛА В РУДЕ»

Цель работы: Распределение объёмов добычи руды между экскаваторами при требуемом содержании металла в руде

Исходные данные: Принимаются согласно приложению №4. В работе находятся 5 экскаваторов, продолжительность смены 8 часов. Планируемый объём добычи в смену ***Q***, тыс. т. Требуемое содержание железа α_i , %. Требуемый объём добычи у каждого забоя q_i, тыс.т. Предполагается, что сумма $\sum q_i \triangleright Q$. Содержание железа в ***i***-ом забое равно α_i, %.

Методика выполнения работы: При решении данного класса задач (оптимизации) требуется найти вектор ***X***, минимизирующий целевую функцию ***L***.

$$L = \min\left|F(x) - \overline{M}\right|$$

где ***F(x)*** – содержание основного усредняемого компонента в запланированном объёме.

M – требуемое содержание основного компонента.

Сущность метода решения представляется в виде линейных комбинаций решения двух вспомогательных задач:

1. Поиск максимальной функции ***F(x)***;
2. Поиск минимальной функции ***F(x)***;

Нахождение набора $\{b_i\} i = 1,\ldots, n$ - решение максимальной задачи.

Нахождение набора $\{c_i\} i = 1,\ldots, n$ - решение минимальной задачи.

$i = 1 \ldots n$ – количество забоев экскаваторов.

B_i и c_i – объёмы добычи, которые необходимо планировать ***i***-му экскаватору, что бы решение основных задач было оптимальным.

Оптимальный план находится по формуле:

$$a_i = b_i \cdot \gamma + c_i \cdot (1 - \gamma)$$

где γ – коэффициент взвешенности, определяется:

$$\gamma = \frac{\overline{M} - M''}{M' - M''}$$

где $M'' = \sum_{i=1}^{n} c_i \cdot \alpha_i$; $M' = \sum_{i=1}^{n} b_i \cdot \alpha_i$; $\overline{M} = Q \cdot \overline{\alpha}_{cp}$, при этом должно выполняться условие:

$$M' \geq \overline{M} \geq M''$$

Пример выполнения работы: Пусть в работе находятся 5 экскаваторов, следовательно, ***i*** изменяется от 1 до 5. ***Q*** = 9,500 тыс. т/смену, $\alpha_{ср}$ = 28%.исходная информация и решение приводится в табличной форме.

Таблица 5.1.

Число экска-ватор-ов, Nэ	**Исходные данные**		**Максимальная задача**		**Минимальная задача**		**Оптимальный вариант**
	q_i	α_i	b_i	$b_i\,\alpha_i$	c_i	$c_i\,\alpha_i$	$\alpha_i = b_i\gamma + c_i(1-\gamma)$
1	3,2	35	3,2	112	0	0	α_1=0,6
2	3,2	33	3,2	105,6	1,9	62,7	α_2=2,1
3	3,2	30	3,1	93	3,2	96	α_3=3,2
4	2,2	24	0	0	2,2	52,8	α_4=1,8
5	2,2	20	0	0	2,2	44	α_5=1,8
Σ	**Σ q_i=** 14 тыс.т	**$\alpha_{ср}$=** 28,4%	**Σ b_i=** 9,5 тыс.т	***M'*=** 310	**Σ c_i=** 9,5 тыс.т	***M»*=** 255,5	***Q*=** 9,5 тыс.т

1. Экскаваторы в таблице располагаются ***в порядке убывания содержания железа в руде.***

2. Решается максимальная задача, экскаваторы, начиная с первого, загружаются на полную мощность до требуемого объёма добычи, 9,5 тыс. т руды и находим среднее содержание железа

$$b_i \begin{cases} 3,2-1,2 \\ 3,1-3 \\ 0-4,5 \end{cases}$$

$$b_{i-n} = \alpha_i \cdot b_i$$

$$b_{i-1} = 35 \cdot 3,2 = 112$$

$$b_{i-2} = 33 \cdot 3,2 = 105,6$$

$$b_{i-3} = 30 \cdot 3,1 = 93$$

$$b_{i-4} = 0$$

$$b_{i-5} = 0$$

3. Решается минимальная задача, экскаваторы загружаются так же на полную мощность, но в обратном порядке, начиная с 5-го забоя.

$$c_i \begin{cases} 1,9-2 \\ 2,2-4,5 \\ 3,2-3 \\ 0-1 \end{cases}$$

$$c_{i-n} = c_i \cdot \alpha_i$$

$$c_{i-1} = 0$$

$$c_{i-2} = 33 \cdot 1,9 = 62,7$$

$$c_{i-3} = 30 \cdot 3,2 = 93$$

$$c_{i-4} = 24 \cdot 2,2 = 52,8$$

$$c_{i-5} = 20 \cdot 2,2 = 44$$

Примечание: Второй экскаватор загружается на величину, не достающую до требуемого объёма добычи 9,5 тыс. т.

4. устанавливается требуемое содержание железа в руде (***M***) и определяется коэффициент взвешенности:

$$\overline{M} = Q \cdot \alpha_{cp} = 9{,}5 \cdot 28 = 266$$

$$310 \triangleright 266{,}0 \triangleright 255{,}5$$

$$\gamma = \frac{\overline{M} - M''}{M' - M''} = \frac{266 - 255{,}5}{310 - 255{,}5} = 0{,}19$$

5. Находим оптимальный вариант загрузки экскаваторных забоев с заданной производительностью с учётом предъявляемых требований по содержанию железа в руде:

$\alpha_1 = 3{,}2 \cdot 0{,}19 + 0 \cdot (1 - 0{,}19) = 0{,}6$, тыс. т

$\alpha_2 = 3{,}2 \cdot 0{,}19 + 1{,}9 \cdot (1 - 0{,}19) = 2{,}1$, тыс. т

$\alpha_3 = 3{,}1 \cdot 0{,}19 + 3{,}2 \cdot (1 - 0{,}19) = 3{,}2$, тыс. т

$\alpha_4 = 0 \cdot 0{,}19 + 2{,}2 \cdot (1 - 0{,}19) = 1{,}8$, тыс. т

$\alpha_5 = 0 \cdot 0{,}19 + 2{,}2 \cdot (1 - 0{,}19) = 1{,}8$, тыс. т

Вывод по работе: приведённые в таблице значения α_i обеспечивают содержание железа в запланированном объёме добычи руды, равное требуемому содержанию 28%.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 «РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА УСРЕДНЕНИЯ НА ВНУТРИКАРЬЕРНЫХ СКЛАДАХ»

Цель работы: Ознакомить студентов с оценкой технологической эффективности усреднения руд на складах.

Эффективность организационно технических мероприятий по усреднению руд на карьерных складах оценивается через коэффициент усреднения (η) сравнением стандартов в рудном потоке, поступающем на склад, и выходном потоке со склада:

$$\eta = 1 - \frac{\sigma'}{\sigma}$$

где σ' – среднеквадратичное отклонение в потоке руды со склада, %

σ – среднеквадратичное отклонение в потоке руды, поступающем на склад, %

Примечание: коэффициент усреднения (η) изменяется в пределах 0,0-1,0. Значение $\eta = 0$ означает отсутствие эффекта усреднения, $\eta = 1$ идеальное усреднение.

Для определения усреднительной способности склада необходимо изучить влияние следующих параметров:

- коэффициент разрыхления (K_p),
- среднего диаметра куска рудной массы ($d_{ср}$),
- высоты забоя (H),
- ёмкости ковша экскаватора (E),
- показателя изменчивости качества в сечении забоя (λ), см. рисунок.

Основные расчётные формулы:

$$\eta = 1 - \frac{\sigma'}{\sigma} = 1 - \sqrt{\frac{\frac{\alpha^2}{\beta^2} \cdot T \cdot \lambda + k}{(1 + \alpha + \frac{\alpha}{\beta}) \cdot (T \cdot \lambda \cdot K + 1)}},$$

$$k = \frac{\alpha}{\beta} \cdot T \cdot \lambda + \frac{\alpha}{\beta} + \alpha + 1$$

где: $\boldsymbol{\alpha}$ – показатель обрушения, ед.;

$\boldsymbol{\beta}$ – относительный параметр массообмена, ед.;

$\boldsymbol{T}$ – постоянная времени, с.;

$\boldsymbol{k}$ – параметр, учитывающий объём обрушения пород при единичном акте копания.

Условные обозначения:

Физические характеристики рудной массы

Коэффициент разрыхления, ед	k_p
Средний диаметр куска, м	$d_{ср}$
Коэффициент крепости пород по шкале М.М. Протодьяконова, ед	f
Плотность пород в целике, т/м^3	γ=2,9-3,2

Технологические параметры склада и горно-выемочного оборудования

Высота склада, м	H
Ширина заходки, м	B
Длина склада, м	L
Ёмкость ковша экскаватора, м^3	E
Глубина внедрения ковша, м	H
Высота копания, м	$h_{коп}$
Ширина ковша, м	$b_к$

Текущая производительность черпания (интенсивность копания), $м^3/с$	Q
Удельное сопротивление копанию, $кгс/см^2$	k_F
Коэффициент экскавации, ед	$k_э$
Коэффициент подвижности рудной массы, ед	m
Коэффициент мощности рабочего оборудования мехлопаты (для ЭКГ-5А – 0,8; для ЭКГ-8И(10) – 0,87)	A
Коэффициент разрыхления породы в забое, доля ед. (1,2-1,4)	k_p
Глубина подработки забоя, достаточная для возникновения обрушения сверху, м	$\alpha_{ср}$

Горнотехнические параметры:

Угол естественного откоса, град. ($35^0 – 36^0$)	φ
Угол откоса забоя, град. ($60^0 – 70^0$)	μ
Количество технологических слоёв в течении склада, ед.	N
Коэффициент внутреннего трения, ед.	v

Исходные данные к работе: см. приложение 5.

Порядок выполнения работы:

1. определяется коэффициент подвижности рудной массы в забое экскаватора:

$$m = 1 + 2v^2 - 2v \cdot \sqrt{1 + v^2}\ ;$$

$$v = tg\varphi$$

2. Устанавливается глубина внедрения ковша экскаватора (h).

$$h = 2{,}6 \cdot k_p^2 - 4{,}26 \cdot k_p + 1{,}8p$$

3. В зависимости от коэффициента экскавации рудной массы ($K_э$) и рабочих параметров экскаватора (E, $в_к$) находим высоту копания

$$h_{коп} = \frac{E \cdot k_э}{b_к \cdot h}$$

Примечание: Коэффициент экскавации устанавливается на основе зависимости $k_э = f(\alpha_{ср})$ (см. рис. 7.2) при $d_{ср} = (0{,}15 \div 0{,}3) \cdot \sqrt[3]{E}$

4. Определяется показатель обрушения породы в забое (***α***), относительный параметр массообмена (***β***) в зоне непосредственного черпания ковшом экскаватора и текущая производительность черпания (интенсивность копания) (***Q***):

$$\alpha = (\frac{H - h_{кол}}{Z \cdot h_{кол}} + \frac{h \cdot ctg\varphi}{4b_k}) \cdot k_p,$$

$$Z = \frac{a_{ср}}{h},$$

$$a_{ср} = \frac{0{,}92(k_F - 0{,}3)k_p}{\gamma \cdot \sin 2\mu \cdot (tg\mu - tgQ)},$$

$$k_F = 3{,}18(\frac{6{,}47}{k_p} - 4{,}14) \cdot (\frac{0{,}108}{h} + 0{,}38) \cdot (0{,}51 + 0{,}11f) \cdot (0{,}41 + 2d_{ср}),$$

$$\beta = \alpha \cdot m,$$

$$Q = \frac{A}{k_F \cdot k_p},$$

$$\lambda = -\ln\zeta = \ln\left[\cos(\frac{\pi}{2}(1 - \frac{1}{N}))\right].$$

5. По зависимости (7.2) рассчитывается коэффициент усреднения на складе за постоянную времени (***T***):

$$T = \frac{E \cdot k_э}{Q}.$$

6. Определяется объёма склада (***V***) и вместимостью склада (***$Q_{ск}$***)

$$V = b \cdot H \cdot L,$$

$$Q_{ск} = \frac{V \cdot \gamma}{k_р}.$$

Отчётность по работе: Даётся оценка эффекта усреднения руды на внутрикарьерном складе.

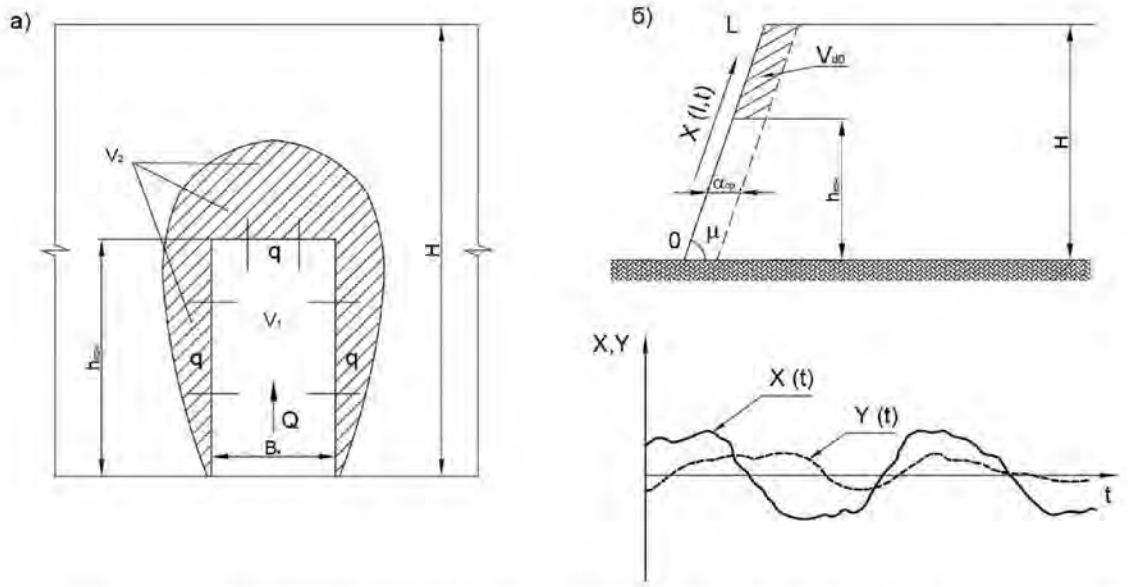


Рисунок 6.1 - Принимаемые схемы массообмена руды (а) и формирования входного потока (б) в забое

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7 «ОПЕРАТИВНОЕ (ДИСПЕТЧЕРСКОЕ) УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РУДНОГО СЫРЬЯ (ДЕЛОВАЯ ИГРА)»

Цель работы: Проведение со студентами профессионального тренинга на тему «Оперативное управление качеством рудного сырья». Тренинг проводится с использованием специализированного программного обеспечения «Горно-обогатительный комбинат», разработанного кафедрой «Прикладной математики и вычислительной техники» Ленинградского горного института. Лабораторная работа направлена на приобретение опыта прогнозирования результатов решения, освоение алгоритма и правил принятия решений, способствующих достижению плановых технико-экономических показателей в условиях существующих ограничений.

Исходные данные: В распоряжении участников имеется20 транспортных средств, обслуживающих три добычных участка, каждому из которых, с помощью генератора случайных чисел определена производственная задача следующего вида:

- расстояние транспортирования - l_i, м;
- скорость движения машин - V_i, км/ч;
- качество рудной массы - α_i, %;
- себестоимость добычи руды - C_i, руб/т(i=1,2,3);

В ходе тренинга с помощью программного обеспечения рассчитываются суммарные плановые показатели:

- по количеству руды - $Q_{пл}$, т;
- по качеству руды - $\alpha_{пл}$, %;
- по себестоимости добычи руды - $C_{пл}$, руб/т.

Теоретические положения: Смысл оперативного (диспечерского) управления качеством рудного сырья заключается в том, что каждый участник, зная систему условий среды (расстояние от участков карьера до обогатительной фабрики, скорость движения транспортных средств по участкам, качество и себестоимость добычи руды на них), должен распределить 20 транспортных средств между 3-мя рудными участками таким образом, что бы обеспечить выполнение плановых показателей по количеству, качеству и себестоимости добычи сырья на 100%.

Сложность управления состоит в том, что при сбалансированной работе значительное перевыполнение, а тем более невыполнение плана даже одного из показателей отрицательно сказывается на работе всего комплекса.

Предусмотрено два режима программы: обучающий и игровой.

Для участников тренинга главное быстро оценить обстановку и выбрать наиболее рациональное решение так, чтобы скорректировать «худший» учитываемый показатель управления, не внося при этом большой ущерб другим показателям.

Каждое решение оценивается по бальной шкале, представленной на рис. 7.1.

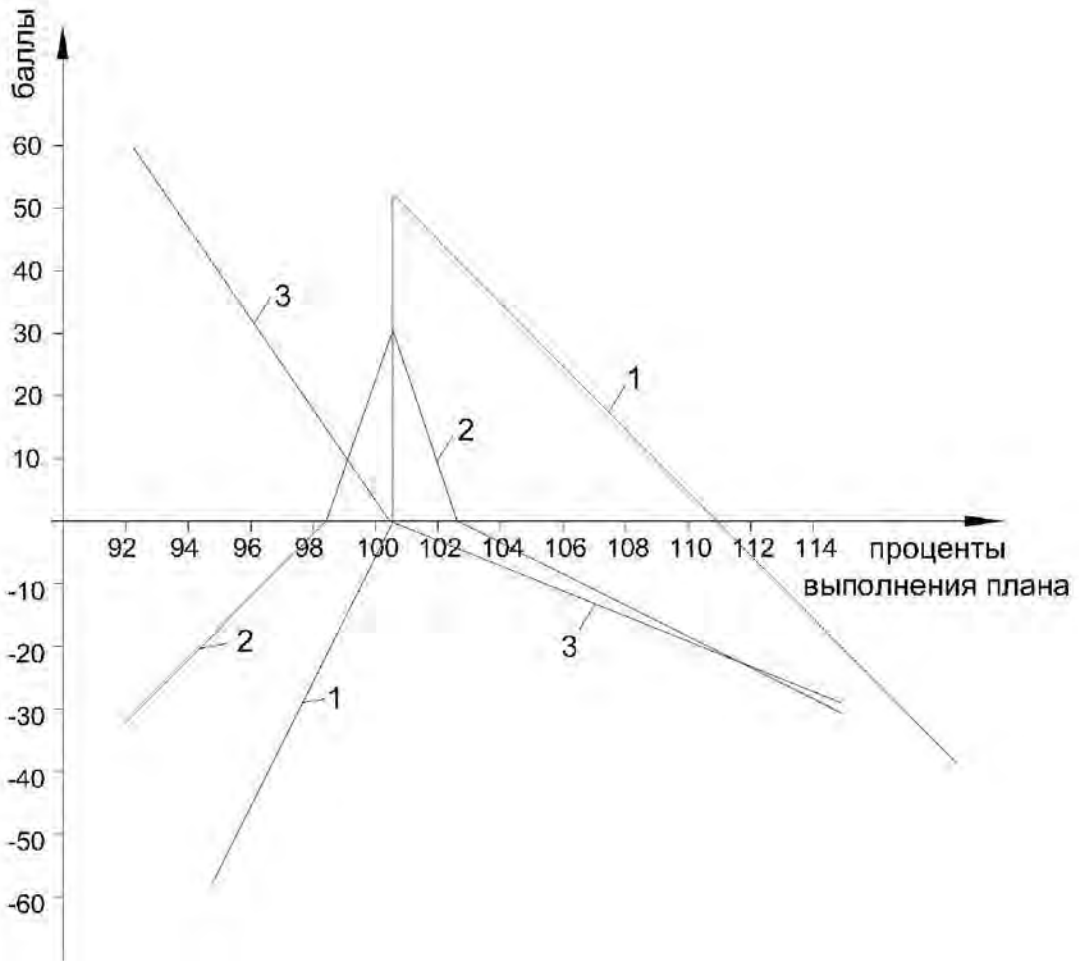


Рис. 7.1. Оценка принятых решений.

Для принятия оптимальных решений следует руководствоваться следующими условиями:

1. Все 20 транспортных средств, имеющихся в наличии у каждого участника, имеют одинаковый типоразмер и одну и туже производительность.
2. Объём сменной добычи рудного сырья с *i*-го участка (Q_i) пределяется по формуле:

$$Q_i = Pn_i \frac{l_i}{v_i}$$

где n_i – количество транспортных средств, отправляемых на i-й участок;

$\frac{l_i}{v_i}$ - интенсивность движения транспорта;

P - грузоподъёмность

3. Качество добычи сырья в карьере ($\alpha_К$) определяется как:

$$\alpha_К = \sum_{i=1}^{3} \alpha_i \cdot \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^{3} Q_i}$$

4. Участки добычи руды в карьере находятся в разных горно-геологических условиях. Это условие учитывается вычислением значений следующей функции:

$$C_i = l_i \frac{\alpha_{max}}{(V_i \cdot \alpha_i)}$$

где α_{max} – максимальное значение качества руды на всех участках.

5. Себестоимость добычи сырья по карьеру ($C_К$) определяется как:

$$C_К = \sum_{i=1}^{3} C_i \cdot \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^{3} Q_i}$$

Порядок выполнения работы:

1. Преподаватель задаёт режим работы программы: обучающий или игровой.
2. Участнику необходимо ввести предположительное распределение транспортных средств по участкам добычи руды (три целых числа, разделённых между собой запятой).
3. Провести анализ данных, оценить ситуацию и принять рациональное решение по перераспределению транспортных средств между участками так, чтобы подтянуть «худший» показатель управления, не нанося большой ущерб другим показателям.
4. Игра проводится в течении заданных смен или до победы участника.

ПРИЛОЖЕНИЕ №1

Исходные данные для работы 2

№ п/п	R, %	H_y, м	α, град	β, град	m, м
1	3	10	70	60	9
2		12		50	
3		15		45	
4	4	10	45	50	
5		12		60	
6		15		70	
7	5	10	60	45	12,5
8		12		50	
9		15		70	
10	2	10	70	45	
11		12		50	
12		15		60	
13	3	10	45	50	14
14		12		60	
15		15		70	
16	6	10	60	45	
17		12		50	
18		15		70	
19	7	10	70	50	18,5
20		12		45	

ПРИЛОЖЕНИЕ №2

Исходные данные для работы 3

№ п/п	Пласт 1		Пласт 2	
	выход штаба, %	объём добычи угля, тыс. тонн	выход штаба, %	объём добычи угля, тыс. тонн
1	10	400	20	200
2		500		250
3		550		400
4		600		300
5		650		250
6	15	400	25	200
7		500		250
8		550		400
9		600		300
10		650		250
11	20	550	10	400
12		600		300
13		650		250
14		400		200
15		500		250
16	25	550	30	400
27		600		300
28		650		250
19		400		200
20		500		250

ПРИЛОЖЕНИЕ №3

Исходные данные для работы 4

№ п/п	$Q_к$, тыс. т / смену	$Q_э$, т/смену	σ_k, %	$\sigma_{доп}$, %.
1	10	2500	2,0	0,8
2	12	2600	2,5	0,9
3	14	2700	3,0	1,0
4	16	2800	3,5	1,1
5	18	2900	4,0	1,2
6	20	3000	4,5	0,8
7	22	3100	5,0	0,9
8	24	3200	5,5	1,0
9	26	3300	6,0	1,1
10	10	3400	6,5	1,2
11	12	3500	7,0	0,8
12	13	3600	6,5	0,9
13	14	3700	6,0	1,0
14	15	3800	5,5	1,1
15	16	4000	5,0	1,2
16	17	3900	4,5	0,8
17	18	3700	2,5	0,9
18	19	3500	3,0	1,0
19	20	3300	3,5	1,1
20	21	3100	4,0	1,2

ПРИЛОЖЕНИЕ №4

Исходные данные для работы 5

№ п/п	Q, тыс. т	$\alpha_{ср}$ %	q_i, тыс. т					α_i, %				
			Номера забоев									
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	7,5	25	2,5	2,5	2,5	1,5	1,5	32	29	17	20	27
2	8	26	2,8	2,8	2,8	1,8	1,8	33	30	18	21	28
3	9	27	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	34	31	29	22	19
4	10	28	3,2	3,2	3,2	2,2	2,2	35	32	23	30	20
5	12	29	3,5	3,5	3,5	2,5	2,5	21	24	31	36	33
6	10	25	3,2	2,5	2,5	1,5	2,5	32	29	17	20	27
7	11	26	3,5	2,8	2,8	1,8	2,2	33	30	18	21	28
8	10	27	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	34	31	29	22	19
9	8	28	2,8	3,2	2,5	2,2	1,8	35	32	23	30	20
10	9	29	2,5	3,5	3,0	2,5	1,5	21	24	31	36	33
1	11	25	2,5	3,5	3,0	2,5	2,5	32	29	17	20	27
12	10,5	26	2,8	3,2	3,2	2,2	2,2	33	30	18	21	28
13	9	27	3,5	3,0	3,5	1,5	1,5	34	31	29	22	19
14	10	28	3,2	2,8	2,5	1,8	1,8	35	32	23	30	20
15	8	29	3,0	2,5	2,8	2,0	2,0	21	24	31	36	33
16	10,5	25	3,0	3,2	3,0	2,2	2,0	32	29	17	20	27
17	11	26	3,2	3,0	2,5	2,5	1,8	33	30	18	21	28
18	9,5	27	2,5	3,5	2,8	1,8	1,5	34	31	29	22	19
19	12	28	3,5	3,2	3,0	2,0	2,2	35	32	23	30	20
20	8,5	29	2,8	2,5	3,2	1,5	2,5	21	24	31	36	33

ПРИЛОЖЕНИЕ №5

Исходные данные для работы 6

№ варианта	Параметры склада, м			Параметры ковша		*f*	*N*
	H	*b*	*L*	*E*, $м^3$	$b_к$, *м*		
1	8	15	50	5	2,1	8	15
2							7
3							10
4	8	15	75	5	2,1	7	10
5							3
6							6
7	10	18	75	5	2,1	9	5
8							7
9							2
10	15	18	100	10	2,36	10	10
11							15
12							8
13							3
14	12	20	50	8	2,36	12	10
15							5
16							8
17	12	18	100	10	2,36	14	11
18							3
19							5
20							10

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. , Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2010. - 700 с.	32
2.	Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Технология открытых горных работ. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2008. - 472 с., илл.	38
3.	Шестаков В. А. Рациональное использование недр. - М: Недра, 1990. – 223 с.	13
4.	Грачёв Ф. Г. Управление качеством сырья на горнорудных предприятиях. – М: Недра, 1997. - 208 с.	5
5.	Ломоносов Г. Г. Формирование качества руды при открытой добыче. – М.: Недра, 1975. – 224 с.	4
6.	Бызов В. Ф. Управление качеством продукции карьеров: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1991. – 239 с: илл.	2

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.В.04 ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Мусихина О.В., к.т.н., доцент

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 4

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 4

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 5

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Основные определения: «технология», «планирование». Сущность планирования горных работ.
2. Общая концепция ресурсного обеспечения материального производства
3. Характеристика методов планирования материального производства
4. Классификация задач планирования горных работ
5. Причины отклонений горных работ от планируемых.
6. Этапность и непрерывность планирования ведения горных работ
7. Структура затрат горного производства.
8. Методы расчета и обоснования экономических показателей открытой разработки.
9. Основные технические задачи долгосрочных и перспективных планов разработки.
10. Планирование реконструкции вскрытия карьерного поля при железнодорожном и автомобильном транспорте.
11. Горнотехнические и горно-экономические задачи годовых планов разработки
12. Порядок разработки и согласования планов горных работ

13. Классификация фронтов уступов по степени их готовности к отработке
14. Сущность квартального и месячного планирования горных работ.
15. Оперативное недельно-суточное планирование: сущность и особенности планирования при различных видах транспорта
16. Особенности планирования горных работ на карьерах по производству строительных материалов и на угольных разрезах.
17. Особенности планирования горных работ на карьерах черной и цветной металлургии.
18. Особенности планирования горных работ на предприятиях по добыче облицовочного камня.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. , Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2010. - 725 с.	32
2.	Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. Проектирование карьеров: учебник. – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2009. – 694 с., илл.	40

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Хохряков В.С. Проектирование карьеров: учеб. для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 383 с.: илл.	112
3.	Ржевский В.В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: учебник. Изд. 8-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 512 с. (Классика инженерной мысли: горное дело)	2

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Горное дело: информационно-аналитический портал для горняков; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mwork.su/

Горное дело: информационно-справочный сайт; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gornoe-delo.ru/

Горнопромышленный портал России: информационный портал; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.miningexpo.ru/

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Тема 1: Методология планирования горных работ

Основные определения. Сущность планирования горных работ. Общая концепция ресурсного обеспечения материального производства. Характеристика методов планирования материального производства. Классификация задач планирования горных работ. Причины отклонений горных работ от планируемых. Этапность и непрерывность планирования ведения горных работ.

Тема 2: Экономические основы планирования горных работ

Методы расчета и обоснования экономических показателей открытой разработки. Укрупненные и детальные экономические расчеты. Расчет прямых эксплуатационных издержек, платежей и налогов. Анализ структуры себестоимости. Сущность бюджетного подхода к планированию открытой разработки. Экономическое обоснование главных показателей открытой разработки: текущего коэффициента вскрыши, производительности карьера по полезному ископаемому, качества добываемого полезного ископаемого.

Тема 3: Разработка долгосрочных и перспективных планов развития горных работ

Основные технические задачи долгосрочных и перспективных планов разработки. Способы управления рабочей зоной карьера. Порядок разработки стратегических и долгосрочных планов поддержания (развития) минерально-сырьевой базы предприятия. Горно-геометрические расчеты при долгосрочном и перспективном планировании открытой разработки. Планирование реконструкции вскрытия карьерного поля при железнодорожном и автомобильном транспорте.

Тема 4: Разработка годовых планов горных работ

Горнотехнические и горно-экономические задачи годовых планов разработки. Порядок разработки и согласования планов горных работ. Текстовая часть и графическая документация по годовому планированию. Классификация фронтов уступов по степени их готовности к отработке. Анализ состояния горных работ на карьере. Планирование работ

на участке перемещаемого борта. Способы поддержания фронта горных работ требуемой протяженности.

Тема 5: Разработка текущих и оперативных планов

Сущность квартального и месячного планирования горных работ. Разработка месячного плана-графика отработки экскаваторного блока на участке борта. Оперативное недельно-суточное планирование: сущность и особенности планирования при различных видах транспорта.

Тема 6: Особенности планирования открытой разработки в различных условиях

Особенности планирования горных работ на карьерах по производству строительных материалов и на угольных разрезах. Особенности планирования горных работ на карьерах черной и цветной металлургии. Особенности планирования горных работ на предприятиях по добыче облицовочного камня. Информационные технологии при планировании горных работ на карьерах. Характеристика программных средств планирования горных работ.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.В.05 РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Исаков С.В., к.т.н., Ганиев Р.С., Мусихина О.В. к.т.н., доцент, Костин А.Л.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР».....5

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР» 5

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР».....6

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Воздействие горного производства на подсистемы биосферы. Техногенное влияние на окружающую среду.
2. Основы законодательства о недропользовании.
3. Основные источники загрязнения окружающей среды при ведении горных работ.
4. Комплексное извлечение полезных ископаемых.
5. Воздействие горного производства на воздушную среду. Источники загрязнения.
6. Недра. Качественные и количественные потери полезного ископаемого.
7. Предельно-допустимые концентрации вредных примесей и их нормирование.
8. Общая схема борьбы с загрязнением воды на горном производстве.
9. Восстановление нарушенных земель.
10. Способы и средства охраны воздушного бассейна.
11. Ионизирующее загрязнение (источники, мероприятия по защите от ионизирующего воздействия).

12. Основы водного законодательства.
13. Методы электрохимической очистки сточных вод горного предприятия.
14. Шумовое загрязнение. Методы борьбы с шумом.
15. Воздействие горного производства на водную среду.
16. Отходы горных производств и их использование.
17. Принципы выбора типа и параметров очистных сооружений.
18. Электромагнитное излучение и методы защиты от его воздействия.
19. Виды энергетического загрязнения окружающей среды.
20. Качество воды. ПДК и ПДС.
21. Типы физико-химической очистки сточных вод.
22. Нарушение земной поверхности горным производством.
23. Способы химической очистки сточных вод горного предприятия.
24. Виды рекультивации.
25. Организованные и неорганизованные источники загрязнения.
26. Источники пылегазовых выбросов горного предприятия.
27. Физическое, механическое и химическое нарушение земной поверхности.
28. Биохимическая очистка сточных вод.
29. Категории горно-промышленных сточных вод.
30. Разубоживание и количественные потери полезного ископаемого.
31. Источники вибрации на горном предприятии. Методы снижения вибрации.
32. Источники загрязнения атмосферы.
33. Классификация источников загрязнения по геометрическим параметрам.
34. Мероприятия по охране воздушного бассейна.
35. Методы очистки от загрязняющих газообразных веществ.
36. Основные документы, регламентирующее требования и правила недропользования.
37. Классификация уровней загрязнения воздуха по степени опасности для здоровья.
38. Мероприятия по охране воздушной среды при ведении буровзрывных работ.
39. Термическая очистка сточных вод горного предприятия.
40. Оценка антропогенного воздействия на окружающую среду.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Горное дело и окружающая среда : учебник / С. В. Сластунов [и др.]. - Москва : Логос, 2001. - 272 с. : ил. - Библиогр.: с. 279-281. - **ISBN** 5-94010-110-0	104
2	Голик, Владимир Иванович. Горное дело и окружающая среда : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых" / В. И. Голик, В. И. Комащенко, И. В. Леонов. - Москва : Академический Проект : Культура, 2011. - 210 с. : ил. - (Gaudeamus). - ISBN 978-5-8291-1303-2	15
3	Боголюбов С.А. Правовые основы природопользования и охраны окружающей среды : учебник для академического бакалавриата / С. А. Боголюбов, Е. А. Позднякова ; Высшая школа экономики, Национальный исследовательский университет. - Москва : Юрайт, 2015. - 396 с. : ил. - (Бакалавр. Академический курс). - Библиогр.: с. 384-385. - ISBN 978-5-9916-4421-1	15
4	Чеснокова, Т.А. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов/ Т.А. Чеснокова, Н.В. Тукумова, А.П. Куприяновская, О.В. Кашина. Иваново: ИГ - ХТУ, 2014. — 170 с.	Электронный ресурс

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
2	Леонтьев, Александр Терентьевич. Рациональное использование и охрана недр. Планирование развития горных работ [Текст] : учебное пособие / А. Т. Леонтьев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2018. - 75 с. : табл. - Библиогр.: с. 74	40
3	Кругликов В.Н. Промышленная экология и рациональное природопользование. Нормативно-правовые основы деятельности : справочник / В. Н. Кругликов, Т. А. Мусихина, Ю. А. Нифонтов ; под ред. Т. А. Мусихиной ; Российская экологическая академия. - Санкт-Петербург : Профессионал, 2009. - 364 с. - Библиогр.: с. 356-357. - ISBN 978-5-91259-022-1	2

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР»

Горное дело: информационно-аналитический портал для горняков; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mwork.su/

Горное дело: информационно-справочный сайт; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gornoe-delo.ru/

Горнопромышленный портал России: информационный портал; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.miningexpo.ru/

Scopus: https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri

E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР»

Тема 1: Виды воздействия горного производства при эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых на подсистемы биосферы

Техногенное влияние на природную среду. Основные виды воздействия горно-добычного производства на окружающую среду. Основные виды управления природопользованием.

Тема 2: Энергетическое воздействие на окружающую среду

Шумовое, ультра- и инфразвуковое, электромагнитное, световое воздействие. Вибрация. Ионизирующее загрязнение. Методы защиты от энергетических воздействий.

Тема 3: Воздействие горного производства на атмосферу: способы оценки, методы защиты

Источники загрязнения атмосферы на горном предприятии. Классификация источников. Средства контроля за состоянием воздушной среды. Мероприятия по защите и снижению загрязнения атмосферы

Тема 4: Воздействие горного производства на гидросферу: способы оценки, методы защиты, использование воды в замкнутом цикле, оптимизация водного баланса

Классификация горно-промышленных сточных вод. Водный баланс. Регулирование водного баланса. Состав сточных вод. Способы и средства очистки сточных вод. Мероприятия по снижению уровня загрязнения сточных вод, повторное использование отработанных вод. Основы водного законодательства.

Тема 5: Воздействие горного производства на земную поверхность: способы оценки, методы защиты, рекультивационные мероприятия

Виды нарушений земной поверхности: химическое, физическое, механическое. Мероприятия по рациональному землепользованию при строительстве объектов горно-добычного производства. Инженерные способы защиты от деформаций земной поверхности вблизи горных выработок. Виды и направления рекультивации. Баланс изымаемых и возвращаемых в оборот земель.

Тема 6: Мало- и безотходные технологии, применяемые при комплексном подходе к освоению месторождений твердых полезных ископаемых

Отходы горных производств, способы утилизации и полезное использование отходов горного-добычного производства. Малоотходные, безотходные и ресурсовоспроизводящие горные технологии.

Тема 7: Охрана недр: законодательство в сфере недропользования. Горный отвод. Комплексный подход к освоению недр

Закон о недрах. Правила охраны недр. Геологическая и маркшейдерская ежегодная отчетность о движении запасов. Горный отвод. Основные принципы комплексного подхода к освоению недр.

Тема 8: Охрана недр: определение видов потерь твердых полезных ископаемых, места их образования. Возможные направления сокращения потерь

Виды потерь твердых полезных ископаемых: общекарьерные, эксплуатационные. Места образования потерь. Методы количественной оценки потерь. Пути сокращения нормативных показателей потерь.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ, ПРАКТИЧЕСКИХ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНА НЕДР

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Мусихина О.В., к.т.н., доцент

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ 3
2. ВЫПОЛНЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 4

1. Выполнение контрольной работы

Задание выполняется по одному из разделов лекционного курса группами по 2-3 человека. Все восемь разделов должны быть охвачены разными группами. В ходе контрольной работы студенты подготавливают по выбранной теме презентацию, которую представляют вместе с докладом для получения оценки. Остальные обучающиеся по завершении каждой презентации задают уточняющие вопросы, участвуют в обсуждении темы и конспектирует основные моменты презентации.

Перечень разделов:

1.	Виды воздействия горного производства при эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых на подсистемы биосферы
2.	Энергетическое воздействие на окружающую среду
3.	Воздействие горного производства на атмосферу: способы оценки, методы защиты
4.	Воздействие горного производства на гидросферу: способы оценки, методы защиты, использование воды в замкнутом цикле, оптимизация водного баланса
5.	Воздействие горного производства на земную поверхность: способы оценки, методы защиты, рекультивационные мероприятия
6.	Мало- и безотходные технологии, применяемые при комплексном подходе к освоению месторождений твердых полезных ископаемых
7.	Охрана недр: законодательство в сфере недропользования. Горный отвод. Комплексный подход к освоению недр
8.	Охрана недр: определение видов потерь твердых полезных ископаемых, места их образования. Возможные направления сокращения потерь

Темы докладов и презентаций:

1. Рекультивация выработанного пространства карьера. Виды рекультивации
2. Технологии утилизации отходов горного производства
3. Способы и методы оценки негативного воздействия горного производства на водную среду
4. Способы и методы очистки сточных вод
5. Способы и методы оценки негативного воздействия горного производства на атмосферу
6. Нарушения земной поверхности, связанные с производством горных работ
7. Виды техногенного влияния горного производства на окружающую среду
8. Защита атмосферы от вредного воздействия работы горного предприятия
9. Влияние газопылеобразных отходов добычи полезных ископаемых на климат планеты
10. Влияние открытых горных работ на геодинамическое состояние горного массива
11. Энергетические виды загрязнения окружающей среды
12. Правила охраны недр, основные принципы при добыче полезных ископаемых
13. Виды потерь полезных ископаемых.
14. Методики расчета потерь твердых полезных ископаемых.

Критерии оценивания: Наглядность представленных материалов – 0-2 балла, Полнота и глубина освоения материала – 0-2 балла, четкая и грамотная речь – 0-1 балл.

Критерии оценки:
5 баллов - оценка «отлично»;

4 балла - оценка «хорошо»;
3 балла - оценка «удовлетворительно»;
0-2 балла - оценка «неудовлетворительно».

2. Выполнение самостоятельной работы

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.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Рациональное использование природных ресурсов и охрана недр» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса;
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к тестированию;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

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 обучающегося преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы обучающегося по данной учебной дисциплине. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы обучающихся, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий, вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по разделам и 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.

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, обучающимся следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

Содержание курса

Тема 1: Виды воздействия горного производства при эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых на подсистемы биосферы

Техногенное влияние на природную среду. Основные виды воздействия горно-добычного производства на окружающую среду. Основные виды управления природопользованием.

Тема 2: Энергетическое воздействие на окружающую среду

Шумовое, ультра- и инфразвуковое, электромагнитное, световое воздействие. Вибрация. Ионизирующее загрязнение. Методы защиты от энергетических воздействий.

Тема 3: Воздействие горного производства на атмосферу: способы оценки, методы защиты

Источники загрязнения атмосферы на горном предприятии. Классификация источников. Средства контроля за состоянием воздушной среды. Мероприятия по защите и снижению загрязнения атмосферы

Тема 4: Воздействие горного производства на гидросферу: способы оценки, методы защиты, использование воды в замкнутом цикле, оптимизация водного баланса

Классификация горно-промышленных сточных вод. Водный баланс. Регулирование водного баланса. Состав сточных вод. Способы и средства очистки сточных вод. Мероприятия по снижению уровня загрязнения сточных вод, повторное использование отработанных вод. Основы водного законодательства.

Тема 5: Воздействие горного производства на земную поверхность: способы оценки, методы защиты, рекультивационные мероприятия

Виды нарушений земной поверхности: химическое, физическое, механическое. Мероприятия по рациональному землепользованию при строительстве объектов горно-добычного производства. Инженерные способы защиты от деформаций земной поверхности вблизи горных выработок. Виды и направления рекультивации. Баланс изымаемых и возвращаемых в оборот земель.

Тема 6: Мало- и безотходные технологии, применяемые при комплексном подходе к освоению месторождений твердых полезных ископаемых

Отходы горных производств, способы утилизации и полезное использование отходов горного-добычного производства. Малоотходные, безотходные и ресурсовоспроизводящие горные технологии.

Тема 7: Охрана недр: законодательство в сфере недропользования. Горный отвод. Комплексный подход к освоению недр

Закон о недрах. Правила охраны недр. Геологическая и маркшейдерская ежегодная отчетность о движении запасов. Горный отвод. Основные принципы комплексного подхода к освоению недр.

Тема 8: Охрана недр: определение видов потерь твердых полезных ископаемых, места их образования. Возможные направления сокращения потерь

Виды потерь твердых полезных ископаемых: общекарьерные, эксплуатационные. Места образования потерь. Методы количественной оценки потерь. Пути сокращения нормативных показателей потерь.

Вопросы для самоконтроля:

1. Воздействие горного производства на подсистемы биосферы. Техногенное влияние на окружающую среду.
2. Основные источники загрязнения окружающей среды при ведении горных работ.
3. Воздействие горного производства на воздушную среду. Источники загрязнения.
4. Предельно-допустимые концентрации вредных примесей и их нормирование.
5. Общая схема борьбы с загрязнением воды на горном производстве.
6. Восстановление нарушенных земель.
7. Способы и средства охраны воздушного бассейна.
8. Ионизирующее загрязнение (источники, мероприятия по защите от ионизирующего воздействия).
9. Основы водного законодательства.
10. Методы электрохимической очистки сточных вод горного предприятия.
11. Шумовое загрязнение. Методы борьбы с шумом.
12. Воздействие горного производства на водную среду.
13. Отходы горных производств и их использование.
14. Принципы выбора типа и параметров очистных сооружений.
15. Электромагнитное излучение и методы защиты от его воздействия.

16. Виды энергетического загрязнения окружающей среды.
17. Качество воды. ПДК и ПДС.
18. Типы физико-химической очистки сточных вод.
19. Нарушение земной поверхности горным производством.
20. Способы химической очистки сточных вод горного предприятия.
21. Виды рекультивации.
22. Организованные и неорганизованные источники загрязнения.
23. Источники пылегазовых выбросов горного предприятия.
24. Физическое, механическое и химическое нарушение земной поверхности.
25. Биохимическая очистка сточных вод.
26. Категории горно-промышленных сточных вод.
27. Источники вибрации на горном предприятии. Методы снижения вибрации.
28. Источники загрязнения атмосферы.
29. Классификация источников загрязнения по геометрическим параметрам.
30. Мероприятия по охране воздушного бассейна.
31. Методы очистки от загрязняющих газообразных веществ.
32. Классификация уровней загрязнения воздуха по степени опасности для здоровья.
33. Мероприятия по охране воздушной среды при ведении буровзрывных работ.
34. Термическая очистка сточных вод горного предприятия.
35. Оценка антропогенного воздействия на окружающую среду.
36. Основы законодательства о недропользовании.
37. Комплексное извлечение полезных ископаемых.
38. Недра. Качественные и количественные потери полезного ископаемого.
39. Разубоживание и количественные потери полезного ископаемого.
40. Основные документы, регламентирующее требования и правила недропользования.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ И КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА……4
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ……5
3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА…….. 9
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА……11

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 – 144 часов, заочной – 164 часов.

По курсу «Инновационная деятельность горных предприятий» 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 «*Инновационная деятельность горных предприятий*». Она содержит названия 6 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. Особенности инновационной деятельности горных предприятий.

Инновационная деятельность и ее регулирование. Особенности инновационной деятельности горных предприятий.

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные особенности инновационной деятельности горных предприятий?

2. Перечислите основные факторы влияющие на инновационную деятельность?

3. Назовите основные этапы инновационной деятельности горных предприятий?

Тема 2.Перспективное оборудование для бурения взрывных скважин на ОГР.

Особенности новых моделей, отечественных и импортных буровых станков. Перспективы совершенствования конструкции буровых станков.

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные особенности новых моделей отечественных и импортных буровых станков?

2. Перечислите основные направления совершенствования буровых станков?

6. Назовите основные направления роботизации бурового оборудования?

Тема 3. Перспективное выемочно-погрузочное оборудование для ОГР.

Особенности новых моделей, отечественных и импортных экскаваторов. Экскаваторы с активным ковшом. Экскаваторы - кранлайны. Компактные роторные экскаваторы. Перспективы совершенствования конструкции экскаваторов. Карьерные комбайны их конструкция и схемы работы.

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные особенности новых моделей отечественных и импортных экскаваторов?

2. Перечислите основные направления совершенствования канатных экскаваторов?

3. Перечислите основные направления совершенствования гидравлических экскаваторов?

4. Назовите основные особенности экскаваторов-кранлайнов?

5. Назовите основные особенности новых моделей карьерных комбайнов различных производителей?

6. Назовите основные направления роботизации выемочно-погрузочного оборудования?

Тема 4. Перспективные виды транспорта и транспортные машины для ОГР.

Особенности новых моделей , отечественных и импортных карьерных автосамосвалов. Шарнирно-сочлененные автосамосвалы. Дизель-

тролейвозы.. Перспективы совершенствования конструкции автосамосвалов. Перспективные вид карьерного транспорта..

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные особенности новых моделей отечественных и импортных автосамосвалов?

2. Перечислите основные направления совершенствования карьерных?

3.Перечислите основные направления совершенствования конвейеров?

4. Назовите основные особенности шарнирно-сочлененных автосамосвалов?

5. Назовите основные особенности новых моделей карьерных дизель-троллейвозов?

6. Назовите основные направления роботизации транспортного оборудования?

Тема 5. Комплексы мобильного оборудования на ОГР.

Виды и типы мобильного оборудования. Особенности и условия применения колесных погрузчиков, скреперов и бульдозеров.

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные особенности новых моделей отечественных и импортных колесных погрузчиков бульдозеров и скреперов?

2. Перечислите основные направления совершенствования мобильного оборудования?

3.Перечислите основные преимущества мобильного оборудования?

4. Назовите основные направления роботизации мобильного оборудования?

Тема 6. Эффективность инноваций на открытых горных работах.

Методы оценки эффективности внедрения инноваций на горных предприятиях.

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные особенности оценки эффективности инноваций?

2. Перечислите основные методы оценки эффективности внедрения инноваций на горных предприятиях?

3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

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. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Порядок выполнения и оформления контрольной работы

1. Ознакомиться с заданием на выполнение контрольной работы.
2. Произвести все необходимые вычисления.
3. Оформить и защитить контрольную работу.

Контрольная работа должна состоять из титульного листа с указанием ее названия, автора и руководителя. Должна быть приведена краткая теория вопроса, расчеты их результаты и выводы.

Все расчеты оформляются в виде формул и расчетов с подстановкой цифр.

При выполнении расчетов на компьютере приводятся их распечатки.

Цель работы – овладеть методикой определения эффективности внедрения инновационного оборудования.

Теоретическая основа – приведена в учебнике [1].

Пример задания на выполнение контрольной работы:

Вариант 1

Контрольная работа: Определить эффективность внедрения инновационного оборудования.

Условия: Себестоимость добычи полезного ископаемого до внедрения нового инновационного оборудования составляет 2900 руб./т, а после внедрения 2400 руб./т. Капитальные затраты на покупку оборудования, аналогичного, применяемому в настоящее время составляют - 40 млн. руб., а нового инновационного оборудования - 60 млн. руб.

1. Определите целесообразность внедрения нового инновационного оборудования.

2. Определите эффективность внедрения инновационного оборудования.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование карьеров: учеб. для вузов: 3-е изд., перераб. / К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, В. В. Хронин, В. С. Коваленко / М.: Высшая школа, 2009. 694 с.

2. Расчет производительности фрезерных комбайнов. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Инновационная деятельность горных предприятий» /Сандригайло И.Н..: Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. – 19 с.

3. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технология открытых горных работ. М.: ООО НТЦ «Горное дело», 2008. 472 с.

4. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. М.: НТЦ «Горное дело», 2010. 700 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Специализация № 3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторная работа «Расчет производительности фрезерных комбайнов» выполняется студентами в процессе изучения дисциплины «Инновационная деятельность горных предприятий».

Работа рассчитана на двухчасовое занятие, в течение которого студенты изучают задачу, методику расчетов и исходные данные, выполняют расчеты и графические построения, производят анализ полученных результатов и оформляют отчет по работе.

Задачи преподавателя:

- ознакомить студентов с задачей, стоящей перед ними, а также с порядком и методикой ее решения;
- обеспечить всех студентов исходными данными для расчетов;
- организовать выполнение каждым студентом лабораторной работы в соответствии с индивидуальным заданием;
- контролировать ход выполнения студентами лабораторной работы;
- принять отчет о работе.

Цель работы: закрепление и углубление теоретических знаний студентов, необходимых для выполнения расчета производительности фрезерных комбайнов.

Задачи работы:

- изучить алгоритм и содержание расчетов производительности фрезерных комбайнов, используя данное пособие и литературу, приведенную в списке;
- освоить методику расчетов, связанных с определением производительности фрезерных комбайнов;
- изучить влияние на производительность фрезерных комбайнов основных определяющих факторов.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы» (ОГР), изучающих дисциплину «Инноваци-

онная деятельность горных предприятий», а также может быть использовано в дипломном проектировании.

1.ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РАБОТЫ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ФРЕЗЕРНЫХ КОМБАЙНОВ

1.1.Особенности конструкции фрезерных комбайнов

В настоящее время при разработке скальных и полускальных пород на карьерах подготовка горной массы к выемке осуществляется с использованием буровзрывных работ.

К недостаткам такого способа подготовки горной массы к выемке относятся:

- значительные затраты (до 30-60% себестоимости 1 $м^3$ горной массы);
- повышенная опасность работ;
- увеличение потерь и разубоживания полезного ископаемого;
- сейсмическое воздействие взрывов на расположенные вблизи карьера здания и сооружения;
- выброс в атмосферу при взрыве больших объемов пыли и газов;
- значительные простои оборудования, связанные с проведением взрывных работ.

В связи с этим целесообразно применять при разработке крепких пород оборудование, позволяющее осуществлять их выемку без предварительной буровзрывной подготовки массива.

Обеспечить выполнение этой задачи позволяет использование при открытой разработке месторождений фрезерных комбайнов (называемых также машинами послойного фрезерования).

При этом за счет отказа от применения буровзрывной подготовки горной массы к выемке, улучшаются экономические показатели горных работ, создаются благоприятные условия для снижения отрицательного воздействия на окружающую

среду, исключается сейсмическое воздействие на расположенные близко к карьеру здания и сооружения.

Повышается безопасность разработки месторождения.

Кроме повышения общих технико-экономических показателей горных работ использование фрезерных комбайнов позволяет существенно снизить потери и разубоживание полезного ископаемого при отработке сложноструктурных месторождений. Относительно небольшая толщина отрабатываемого комбайном слоя и характер этой отработки позволяют извлекать те пласты полезного ископаемого, которые вследствие их малой мощности, поступали бы в отвалы при выемке их карьерными экскаваторами по традиционной технологии. Отсутствие буровзрывной подготовки горной массы исключает перемешивание полезного ископаемого и породы в местах их контакта, что так же способствует снижению потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Отсутствие у фрезерных комбайнов целого ряда традиционных для карьерных и роторных экскаваторов элементов, а так же ряд новых конструктивных решений, позволяют существенно снизить их габариты и массу. Транспортирование горной массы и ее погрузка в транспортные средства осуществляется ленточными конвейерами и совмещаются во времени с процессом экскавации.

Фрезерные комбайны, изготавливаемые различными фирмами-производителями, имеют различные конструктивно-компоновочные схемы и осуществляют разработку месторождения по различным технологическим схемам работы.

Обычно выделяют следующие конструктивно-компоновочные схемы фрезерных комбайнов:

- с передним (машины KSM фирмы «Krupp» и MTS фирмы «MAN TAKRAF») или центральным (машины WSM фирмы «Wirtgen»), расположением рабочего органа на раме;

- с передним расположением рабочего органа на стреле (консоли) отдельно от подающего конвейера (машина VASM фирмы «Voest Alpine») или совместно с ним (машина СМЕ-12 фирмы «RAHCO»).

Основные конструктивно-компоновочные схемы фрезерных комбайнов приведены на рисунке 1.1.

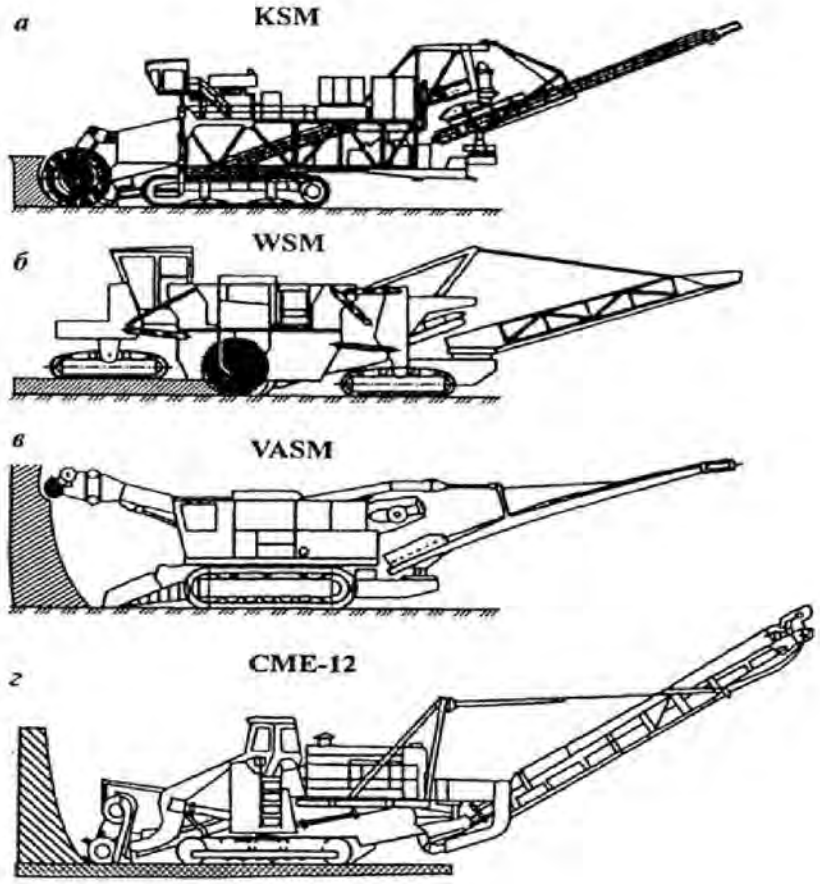


Рис.1.1. Основные конструктивно-компоновочные схемы фрезерных комбайнов: *а*- с передним и *б*- с центральным расположением рабочего органа на раме; *в*- с передним расположением рабочего органа на стреле (консоли) отдельно от подающего конвейера и *г* -совместно с ним.

Комбайны с передним расположением рабочего органа на раме серии KSM (рис. 1.1 *а*), выпускаемые фирмой «Krupp», предназначены для безвзрывной поточной разработки горной массы с одновременной погрузкой ее в транспортные средства или на забойный перегружатель. Они имеют рабочий орган в виде комплекта роторных колес с ковшами. Экскавация горной массы осуществляется за счет напорного усилия, создаваемого машиной в результате поступательного

движения на забой. Экскавируемый материал разгружается на ленточные питатели, расположенные непосредственно за рабочим органом. Затем горная масса передается на конвейер с которого она попадает на поворотную погрузочную консоль. Комбайны фирмы «Krupp» имеют двухгусеничную тележку, что обеспечивает их высокую маневренность.

Комбайны фирмы «MAN TAKRAF» серии MTS имеют рабочий орган роторного типа, оснащенный дисковыми фрезами с армированными резцами округлой формы, расположенный на раме в ее передней части. Они позволяют осуществлять поточную разработку горной массы с одновременной погрузкой ее в транспортные средства. Возможна так же работа на забойный перегружатель или бестранспортная отсыпка породы. Разработка горной массы осуществляется при движении комбайна вперед. Ходовой механизм трехгусеничный с задней направляющей гусеницей. За счет этого обеспечивается высокая маневренность и небольшой радиус поворота.

Комбайны с центральным расположением рабочего органа на раме фирмы «Wirtgen» (рис. 1.1 *б*), предназначены для безвзрывной разработки горной массы с одновременной погрузкой ее в транспортные средства. Они имеют рабочий орган в виде фрезерного барабана с резцами, закрепленными в специальных резцедержателях. При поступательном движении комбайна резцы срезают породу в виде стружки. Горная масса перемещается к центру барабана направляющими, имеющими вид встречного шнека, расположенными на барабане. Затем она поступает на первичный конвейер и далее на разгрузочную консоль. Разработка горной массы осуществляется при движении комбайна вперед. Ходовая часть может быть трех- или четырехгусеничной.

Комбайны с передним расположением рабочего органа на стреле отдельно от подающего конвейера серии VASM (рис.1.1 *в*) созданы фирмой «Voest Alpine». Они имеют широкозахватный рабочий орган небольшого диаметра, который вращается вокруг продольной оси так, чтобы разрушаемая им горная масса падала на подошву уступа, откуда она перемещается с помощью специального устройства на пластинчатый питатель, передающий ее на ленточный конвейер, а далее на

разгрузочную консоль. Рабочий орган располагается на подвижной в вертикальной плоскости стреле, которая в ходе отработки уступа перемещается сверху-вниз. После отработки уступа по всей высоте стрела поднимается от уровня его подошвы к кровле холостым ходом. Комбайны этого типа имеют двухгусеничную ходовую часть, обеспечивающую их высокую маневренность.

Комбайн с передним расположением рабочего органа на стреле совместно с подающим конвейером модели СМЕ-12 (рис. 1.1 *г*) фирмы «RAHCO» наиболее целесообразно использовать для выемки пологих угольных пластов средней мощности. Его конструкция позволяет успешно отрабатывать торец уступа. Горная масса, разрушаемая рабочим органом комбайна, конвейером передается на разгрузочную консоль, обеспечивающую погрузку ее в транспортные средства.

В настоящее время наибольшее распространение на карьерах и разрезах мира получили фрезерные комбайны фирмы «Wirtgen». Они эксплуатируются так же на ряде горных предприятий России и стран СНГ. В связи с этим в данной лабораторной работе рассмотрены технологические схемы работы и методика расчета производительности комбайнов этой фирмы.

1.2. Технологические схемы работы и производительность фрезерных комбайнов

Технологической особенностью фрезерных комбайнов, является то, что забоем при их использовании служит не уступ (как это имеет место при традиционной технологии), а поверхность горизонтальной или слабонаклонной площадки, где осуществляется выемка. Месторождение отрабатывается комбайном тонкими слоями. Толщина этих слоев зависит от возможной глубины фрезерования, которая определяется прочностными свойствами горных пород и типоразмером комбайна. По окончании отработки слоя выбранной мощности по всей площади блока, участка или всего карьера, начинается разработка следующего слоя, расположенного ниже. В процессе работы комбайна при отработке каждого последующего слоя формируются бермы и откосы уступов.

Исходя из условий работы возможно применение следующих принципиальных технологических схем отработки слоя (забоя):

-поточных схем с непрерывным фрезерованием;

-цикличных схем, которые в свою очередь подразделяют на:

1. Схему с непрерывным движением по передвигающейся петле;

2. Схему с разворотом в конце рабочего хода ;

3. Челноковую схему с обратным холостым ходом ;

Применение того или иного варианта схем отработки месторождения зависит от горно-геологических условий, типа комбайна и технологических требований.

Параметром, определяющим необходимость перехода с поточных схем на цикличные, является минимальный радиус, при котором производится фрезерование, равный по данным практики примерно 6-8 значениям ширины рабочего органа комбайна.

Исходя из этого, при наличии площадок шириной до 50 метров или при уменьшении ширины рабочей площадки до этих значений, необходимо применение цикличных схем работы. Область применения каждой из них определяется длиной фронта горных работ.

Если при разработке месторождения используется транспортная система разработки с перевозкой вскрышных пород автотранспортом во внешние или внутренние отвалы и горные работы осуществляются крупными блоками (участками) или небольшими карьерами, наиболее целесообразно применение схемы работы комбайна по форме близкой к концентрическому эллипсу с развитием горных работ от флангов к центру.

Слой (горизонт) отрабатывается концентрическими проходами по поточной схеме с последующим переходом на цикличные схемы работы. При цикличных схемах работы отработка слоя должна производиться из предварительно пройденных врубовых выработок, минимальная ширина которых зависит от габаритов и рабочих параметров комбайна.

Производительность комбайна зависит от конструктивных параметров, мощности двигателей, линейных размеров рабочего оборудования, расчетно-конструктивных скоростей движения. Но она также зависит от режима работы и от применяемой на данном месторождении схемы работы фрезерного комбайна. При различных схемах она будет разной.

При схеме работы с непрерывным движением по передвигающейся петле, первые несколько проходов (в нашем примере проходы I-III) осуществляются по периметру блока по поточной схеме. Когда радиусы поворота при движении комбайна с одновременным фрезерованием уменьшаются до минимально возможных значений (6-8 размеров ширины барабана) процесс фрезерования прерывается и начинается создание врубовых выработок.

Минимальная ширина каждой врубовой выработки должна равняться одному радиусу разворота плюс половина базы комбайна. С целью создания врубовых выработок по коротким сторонам блока выполняется по три прохода (в нашем примере проходы IV-VI и VII-IX) с каждой стороны – по челноковой схеме. Параметром, определяющим минимальную ширину блока в данном случае, является расстояние кратное радиусу поворота комбайна.

Исходя из этого в нашем примере на оставшейся после выполнения первых проходов комбайна по периметру блока (проходы по полосам I-III), ширине блока должно размещаться еще 12 проходов, отрабатываемых за шесть циклов.

При этом один рабочий цикл при отработке слоя включает:

- заезд комбайна из врубовой выработки в центр блока на полосу 1;
- фрезерование полосы;
- поворот в противоположной врубовой выработке;
- заезд на полосу 2 и ее фрезерование в обратном направлении;
- разворот в исходной врубовой выработке и заезд комбайна на полосу 3, после чего циклы и последовательность отработки повторяются.

Производительность комбайна при схеме с непрерывным движением по передвигающейся петле, $м^3/ч$:

$$P = \frac{60hbl_p k_u}{t_o + \frac{l_p}{v_p} + t_{пов} + t_n} \qquad (1.1.)$$

где h – глубина фрезерования, м;

b – ширина полосы фрезерования, м;

$l_р$ – длина рабочего прохода, м;

$v_р$ – скорость движения комбайна при фрезеровании, м/мин;

$k_и$ – коэффициент использования комбайна;

$t_о$ и $t_п$ – время на опускание и поднятие рабочего органа до и после производства работ, мин;

$t_{пов}$ –время на поворот комбайна, мин.

При схеме с разворотом комбайна и фрезерованием в обратном направлении ширина врубовых выработок должна обеспечивать безостановочный разворот комбайна при минимальном радиусе поворота. В связи с этим первые три прохода (минимально) осуществляются по поточной схеме (проходы I-III).

После трех первых проходов начинают создавать врубовые выработки в торцах блока, предназначенные для разворота комбайна. Перпендикулярно длинной оси блока выполняются проходы с IV по IX и с X по XV по челноковой схеме.

После того как пройдены врубовые выработки, проходы с 1 по 12 последовательно осуществляются по схеме с разворотом, и развитием фронта горных работ от одного фланга к другому.

Рабочий цикл при отработке слоя в этом случае включает:

- заезд комбайна из врубовой выработки на полосу;
- фрезерование полосы;
- поворот в противоположной врубовой выработке;
- заезд на следующую полосу и ее фрезерование в обратном направлении, после чего циклы повторяются.

Производительность комбайна при схеме с разворотом в конце рабочего хода определяется по формуле, м³/ч:

$$P = \frac{60hbl_{\text{р}}k_{\text{и}}}{t_{\text{о}} + \frac{l_{\text{р}}}{v_{\text{р}}} + t_{\text{разв}} + t_{\text{п}}}, \qquad (1.2.)$$

где h – глубина фрезерования, м;

b – ширина полосы фрезерования, м;

$l_{\text{р}}$ – длина рабочего прохода, м;

$v_{\text{р}}$– скорость движения комбайна при фрезеровании, м/мин;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования комбайна;

$t_{\text{разв}}$ – время на разворот комбайна, мин;

$t_{\text{о}}$ и $t_{\text{п}}$ – время на опускание и поднятие рабочего органа до и после производства работ, мин.

При челноковой схеме работы первоначально осуществляются как минимум три прохода комбайна по периметру блока по поточной схеме (проходы 1,2,3). Затем, при переднем расположении разгрузочного конвейера , рекомендуется следующая организация работ. В одном из торцов блока осуществляется расширение врубовой выработки, ширина которой в результате должна увеличиться примерно на величину, равную длине комбайна и автосамосвала (проходы комбайна 4-14). Затем комбайн устанавливается в противоположном от широкой врубовой выработки торце отрабатываемого блока и начинает дальнейшую его отработку, осуществляя оставшиеся проходы (с 15 по 24) по челноковой схеме работы.

Рабочий цикл при отработке слоя включает:

- заезд комбайна из врубовой выработки на полосу 15;
- фрезерование полосы 15 до въезда в противоположную врубовую выработку;
- возвращение назад на транспортной скорости (40-50 м/мин) в исходное положение, после чего циклы повторяются.

Производительность комбайна при челноковой схеме с обратным холостым ходом, м³/ч:

$$P = \frac{60hbl_{\text{р}}k_{\text{и}}}{t_{\text{о}} + \frac{l_{\text{р}}}{v_{\text{р}}} + t_{\text{п}} + \frac{l_{\text{х}}}{v_{\text{х}}}}, \qquad (1.3)$$

где h – глубина фрезерования, м;

b – ширина полосы фрезерования, м;

$l_{\text{р}}$ – длина рабочего прохода, м;

$v_{\text{р}}$– скорость движения комбайна при фрезеровании, м/мин;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования комбайна;

$t_{\text{о}}$ и $t_{\text{п}}$ – время на опускание и поднятие рабочего органа до и после производства работ, мин;

l_{x} – длина холостого прохода, м;

$v_{\text{х}}$ – скорость комбайна при холостом проходе, м/мин

2.ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с особенностями конструкции фрезерных комбайнов различных фирм-производителей.

2. Ознакомиться с техническими характеристиками фрезерных комбайнов фирмы «Wirtgen».

3. Изучить технологические схемы работы фрезерных комбайнов при различных условиях разработки.

4.Выполнить расчет производительности фрезерного комбайна фирмы «Wirtgen» при различных схемах его работы.

5. Исследовать зависимость технической производительности фрезерного комбайна от рабочей скорости его движения и глубины фрезерования.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. По учебнику и методическим указаниям ознакомиться с особенностями конструкции , техническими характеристиками и технологическими схемами работы фрезерных комбайнов.

2. Ознакомиться с исходными данными, приведенными в приложении 1 (в соответствии с заданным преподавателем вариантом).

3. С использованием методики, приведенной в разделе 1.2, выполнить расчет производительности фрезерных комбайнов при схеме с непрерывным движением по передвигающейся петле , схеме с разворотом в конце рабочего хода , а так же челноковой схеме с обратным холостым ходом .

4. Исследовать зависимость технической производительности фрезерного комбайна заданной модели от рабочей скорости его движения и глубины фрезерования. С этой целью произвести расчет P, для четырех значений V_p (V_{p1}, V_{p2}, V_{p3}, V_{p4}) при неизменном h, а затем расчет P, для четырех значений h, (h_1, h_2, h_3, h_4) при неизменном V_p.

Построить график $P=f(V_p)$ по пяти точкам (для V_p , V_{p1}, V_{p2}, V_{p3}, V_{p4}) и график $P = f(h)$ по пяти точкам (для h, h_1, h_2, h_3, h_4) .

5.Сделать вывод о степени влияния на техническую производительность фрезерного комбайна скорости его движения при фрезеровании и глубины фрезерования для различных схем его работы.

7. Выбрать схему и режим работы комбайна (скорость движения при фрезеровании и глубину фрезерования), обеспечивающие наибольшую его производительность.

8. Начертить на листе формата А4 схему работы комбайна, при которой обеспечивается наибольшая его производительность.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Какую конструктивно-компоновочную схему имеют фрезерные комбайны фирмы «Krupp»?
2. Какую конструктивно-компоновочную схему имеют фрезерные комбайны фирмы «MAN TAKRAF»?
3. Какую конструктивно-компоновочную схему имеют фрезерные комбайны фирмы «Wirtgen»?
4. Какую конструктивно-компоновочную схему имеют фрезерные комбайны фирмы «Voest Alpine»?
5. Почему необходимо осуществлять переход с поточной схемы работы фрезерного комбайна на цикличную?
6. Какой параметр определяет необходимость перехода с поточной схемы работы фрезерного комбайна на цикличную?
7. От каких факторов и параметров зависит производительность фрезерного комбайна?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАНЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование карьеров: Учебник / К.Н.Трубецкой, Г.Л. Краснянский, В.В. Хронин, В.С.Коваленко. – 3-е изд., перераб. – 2009.- М.: Высш. шк. - 694 с.: ил.

2. Справочник. Открытые горные работы/ К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Винницкий, Н.Н. Мельников и др. – 1994 -М.: Горное бюро.- 590 с.: ил.

3. Пихлер М., Панкевич Ю.Б. Технология и схемы ведения горных работ при использовании комбайнов 2100 и 2200SM фирмы Wirtgen GmbH.// Горная промышленность.- 2001. - № 4. – с.13-16.

4. Пихлер М., Панкевич Ю.Б. Некоторые технологические особенности работы комбайнов Wirtgen Surface Miner на открытых разработках.// Горная промышленность.- 2005.- № 1.

5. Коваленко С.К., Штейнцайг Р.М., Шендеров А.И., Александров А.А. К вопросу оценки эффективности схем горного производства на базе машин типа КСМ //Горная промышленность.- 1997.- № 3.

6. Коваленко С.К. Эффективность применения машин типа КСМ в схемах поточного производства горных работ// Горная промышленность.- 1997.- № 2.

7. Поточная технология горных работ на карьерах (современная карьерная техника фирмы Voest Alpine)// Горная промышленность.-1996.- № 2.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.07
«ОСНОВЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Специальность – ***21.05.04 Горное дело***

Специализация № 3 – ***Открытые горные работы***

Форма обучения: очная, заочная

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Автор: Лель Ю. И., профессор, д. т. н.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 2
1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов 2
2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 3
Рекомендуемая литература 6

Введение

Самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Открытые горные работы».

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Основы профессиональной деятельности» объем учебной нагрузки студента составляет 72 часа или 2 зачетных единицы. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы обучения – 40 часов, заочной – 60 часов.

По курсу «Основы профессиональной деятельности» обязательная самостоятельная работа студентов осуществляется в следующих направлениях: освоение материалов по отдельным темам, входящим в рабочую программу дисциплины, подготовка и решение тестовых заданий. Данное учебное пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоение отдельных тем дисциплины. Контрольные вопросы и задания предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Основы профессиональной деятельности». Она содержит названия 5 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 учебниках по курсу. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре разработки месторождений открытым способом имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. 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 учебникам [1-10] 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. 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

Темы 1-2. Введение в специальность. Основные сведения по истории горного дела.

Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования подготовки дипломированных специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело». Учебный план подготовки специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации № 3 «Открытые горные работы», его структура и содержание. Изучаемые дисциплины и их взаимосвязь. Компетентностный подход при освоении основной образовательной программы. Объекты профессиональной деятельности выпускника. Горный инженер на горном предприятии. Функции, задачи, возможности. Место горного инженера на рынке труда.

Возникновение горного дела в первобытном обществе (от древнейших времен до IV тыс. до н.э.). Горно-металлургическое производство в эпоху раннего металла (с III – II тыс. до н.э.).

Развитие горного дела в античном обществе (со II тыс. до н.э. до IX века н.э.).

Горное производство в средние века (IX – XVIII вв.). Горное производство на этапе становление машинного производства (XVIII – XIX вв.). Горное производство в период научно-технической революции XX в. (первая половина XX в.). Горное производство в период автоматизации производственных процессов (вторая половина XX в.). Горное производство в период роботизации производственных процессов (современный период) [1-3].

Дополнительная литература [5-10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите область профессиональной деятельности горного инженера специализации «Открытые горные работы».
2. Назовите объекты и виды профессиональной деятельности горного инженера-технолога.
3. Что такое компетенции? Какими профессионально-специализированными компетенциями должен обладать горный инженер специализации «Открытые горные работы».
4. Какими общекультурными компетенциями должен обладать горный инженер-технолог?
5. Чем отличается профессиональная деятельность горного инженера-технолога от горного инженера-механика? Горного инженера-маркшейдера?
6. Какие специальные дисциплины изучает горный инженер-технолог?
7. Какие базовые общетехнические дисциплины изучает горный инженер-технолог?
8. Какие практики предусмотрены учебным планом при обучении по специализации «Открытые горные работы»?
9. Какое место в экономике и хозяйственной жизни страны занимают горные отрасли?
10. Перечислите и охарактеризуйте виды горнодобывающих отраслей?
11. Перечислите способы добычи полезных ископаемых. Какой из способов разработки является превалирующим в настоящее время?
12. Назовите основные этапы развития горного дела. Каким этапом характеризуется современный период развития?
13. Какие полезные ископаемые добывают на Урале? Назовите основные месторождения.
14. Назовите основные отличия горнодобывающих отраслей от других отраслей производства.
15. Когда на Урале появились первые горнодобывающие предприятия? Какие полезные ископаемые они добывали?
16. Что включает государственная итоговая аттестация специалиста по специальности «Горное дело»?
17. Чем характеризовалось горное производство на этапе становления машинного производства (XVIII – XIX вв.)?

18. Характерные особенности горного производства в период автоматизации производственных процессов (вторая половина XX в.)?
19. Характерные особенности горного производства в период роботизации производственных процессов (современный период).
20. Основные тенденции в развитии горнодобывающей промышленности России.

Тема 3: Подземная разработка месторождений полезных ископаемых.

Основные понятия и определения. Горные выработки при подземной разработке. Основные технологические процессы. Способы вскрытия месторождений полезных ископаемых. Очистные работы. Системы разработки месторождений. Способы поддержания очистного пространства: возведение крепи, полная закладка. Предотвращение горных ударов и выбросов и методы управления горным давлением. Горнорудные предприятия Уральского регина, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых подземным способом, их производственные мощности, состояние, проблемы, возможные перспективы развития. Горное производство и окружающая среда. Основные факторы, влияющие на экологию в районе горного производства. Основные виды опасности при подземной разработке рудных месторождений и правила, обеспечивающие безопасное ведение горных работ при добыче [10].

Дополнительная литература [5-10].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите достоинства, недостатки и область применения подземного способа разработки полезных ископаемых.
2. Назовите основные горные выработки при подземной разработке. Их конструкция и площадь поперечного сечения?
3. Как проявляется горное давление?
4. Что такое сдвижение горных пород?
5. Основные технологические процессы при подземной разработке полезных ископаемых и их взаимосвязь.
6. Способы вскрытия месторождений при подземной разработке. Основные вскрывающие выработки. Особенности вскрытия рудных и угольных месторождений.
7. Основные способы проведения и крепления подземных горных выработок.
8. Буровзрывные работы при подземной разработке, их характерные особенности.
9. Основные способы крепления горных выработок. Виды и конструкции крепей.
10. Понятие о системах подземной разработки месторождений полезных ископаемых. Требования к системам разработки.
11. Основные особенности систем разработки угольных и рудных месторождений.
12. Охрана природы и рациональное использование недр при подземной разработке.
13. Состав атмосферного и шахтного воздуха. Основные способы проветривания подземных выработок. Вентиляция шахт.
14. Способы и средства перевозки грузов и людей при подземной разработке.
15. Подземные пожары. Способы тушения подземных пожаров.
16. Шахтная пыль и борьба с нею.
17. Основные предприятия Урала, разрабатывающие месторождения подземным способом.
18. Перспективы развития подземного способа разработки в Уральском регионе.
19. Основные правила, обеспечивающие безопасное ведение горных работ при подземной разработке месторождений.

Тема 4: Открытая разработка месторождений полезных ископаемых.

Основные понятия и термины открытых горных работ. Графическое изображение элементов открытых горных работ. Горные породы как объект разработки. Этапы создания и эксплуатации карьера. Процессы открытых горных работ и их взаимосвязь. Вскрытие месторождений. Системы открытой разработки. Достоинства и недостатки открытых горных работ. Горнорудные предприятия Уральского региона, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым способом, их состояние, проблемы, перспективы развития. Основные факторы, влияющие на экологию при разработке месторождений открытым способом. Основные виды опасности при открытой разработке месторождений и правила, обеспечивающие безопасное ведение горных работ при добыче [4].

Дополнительная литература [6, 7].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислите достоинства и недостатки открытого способа разработки. Назовите область его применения.
2. Назовите основные технологические свойства горных пород.
3. Что такое уступ? Назовите основные элементы уступа.
4. Что такое карьер? Назовите основные элементы карьера.
5. Назовите основные технологические процессы открытой разработки месторождения.
6. Назовите основные методы подготовки горных пород к выемке.
7. Назовите способы бурения взрывных скважин. Какие модели буровых станков при меняются на открытых горных работах?
8. Какие взрывчатые вещества и средства инициирования применяются на открытых горных работах?
9. Какое выемочно-погрузочное оборудование применяется на открытых горных работах? Его область применения.
10. Назовите рабочие параметры экскаваторов-мехлопат. Как они влияют на параметры экскаваторных забоев?
11. Назовите область применения машин непрерывного действия на открытых горных работах.
12. Какие основные виды транспорта применяются на открытых горных работах? Назовите их преимущества, недостатки, область применения.
13. Что такое вскрытие? Назовите основные вскрывающие выработки, применяемые на карьерах.
14. Что такое система разработки? Какие системы применяются при разработке горизонтальных и пологих месторождений открытым способом?
15. Системы разработки наклонных и крутых и крутых залежей.
16. Отвалообразование. Факторы, определяющие выбор способа отвалообразования.
17. Горнодобывающие предприятия Урала, разрабатывающие месторождения открытым способом. Их состояние и перспективы.
18. Основные факторы, влияющие на экологию при открытой разработке.
19. Основные правила, обеспечивающие безопасное ведение открытых горных работ.
20. Основные тенденции развития техники и технологии открытых горных работ.

Тема 5: Основные вопросы обогащения полезных ископаемых.

Подготовительные, основные и вспомогательные производственные процессы при обогащении полезных ископаемых. Технологические показатели обогатительных процессов. Уравнения баланса. Технологические схемы процессов обогащения. Обогатительные фабрики горнорудных предприятий Урала, их состояние, проблемы, возможные перспективы развития. Основные факторы, влияющие на экологию при обогащении полезных ископаемых. Основные виды опасности при обогащении полезных ископаемых и правила, обеспечивающие безопасное проведение обогатительных операций [5].

Дополнительная литература [6, 8, 9].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. С какой целью перерабатываются полезные ископаемые на обогатительной фабрике?
2. Что такое выход продуктов обогащения?
3. Зачем применяется грохочение?
4. Что такое эффективность грохочения?
5. В каких аппаратах осуществляется процесс дробления?
6. В каких аппаратах осуществляется процесс измельчения?
7. Что такое степень дробления?
8. Для каких целей используют операцию классификации?
9. По какому свойству осуществляется разделение частиц гравитационным методом?
10. Для каких полезных ископаемых гравитационный метод обогащения является основным?
11. Какие частицы способны закрепляться на поверхности воздушного пузырька при флотации?
12. Для обогащения какой группы минералов применяются магнитные сепараторы?
13. Какое физическое свойство используется при электрической сепарации?
14. Какой метод обогащения является основным при обогащении железных руд?
15. Обогатительные фабрики горнодобывающих предприятий Урала. Методы обогащения, применяемые на них.
16. Основные факторы, влияющие на экологию при обогащении.
17. Способы обеспыливания и пылеудаления при обогащении.
18. Охрана окружающей среды при обогащении.
19. Основные правила, обеспечивающие безопасное проведение обогатительных операций.
20. Основные тенденции развития технологии обогащения полезных ископаемых.

Рекомендуемая литература

1. Пучков Л. А. Система подготовки горных инженеров России. Стратегический подход в определении прогноза развития / Л.А. Пучков, В.Л. Петров. - 1Y1.: Московский государственный горный университет, 2008. - 44 с. - [Электронный ресурс]. - https://e.lanbook.com/book/3209.
2. Профессиональная подготовка кадров на производстве / В. В. Кожевников. В. Ф. Петров, В. А. Козлов, В. С. Квагинидзе. - М.: Московский государственный горный университет. 2003.-263 с. - [Электронный ресурс]. https://e.lanbook.com/book/3531.
3. Аренс В. Ж. Основы методологии горной науки : учебное пособие / В.Ж. Аренс. - М. : Московский государственный горный университет, 2003. - 226 с. - [Электронный ресурс]. - https://e.lanbook.com/book/3220.
4. Хохряков В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: учебник для техникумов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1991. – 335 с.
5. Основы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / учебное пособие /С. Г. Комлев; УГГУ. 3-е изд. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 121 с.
6. Арсентьев А. И., Падуков В. А. Беседы о горной науке. – М.: Недра, 1989. – 125 с.
7. Пахомов Е. М., Буянов М. И. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1990. – 250 с.
8. Барский Л. А. Так ископаемые становятся полезными. – М.: Недра, 1988. – 152 с.
9. Васючков В. Ф. Горное дело. – М.: Недра, 1990. – 512 с.
10. Егоров П. В. Основы горного дела: учебник для вузов. – М.: Изд-во МГГУ, 2008. – 408 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Мартынов Н. В., доцент, к. т. н.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 ..... **3**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 ..... **4**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ..... **6**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ **8**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Расчёт ширины приконтурной зоны

Цель работы: Освоить методику производства БВР при постановке уступов в предельное положение.

Задача работы: по методу В.Г. Зотеева рассчитать ширину ПКЗ в заданных условиях:

1. Варианты 1 – 8. Количество рядов взрываемых скважин от 3 (вар. № 1) до 10 (вар. № 8). Сетка скважин 6 х 6м, W = 6м, вес заряда в скважине 400 кг.

2. Варианты 9 – 18. Количество рядов взрываемых скважин от 3 (вар. № 9) до 10 (вар. № 18). Сетка скважин 7 х 7м, W = 7м, вес заряда в скважине Q = 560 кг.

Во всех случаях сетку скважин принять квадратную, фронт работ согласный, высота погашаемого уступа $h_п$ = 15м, схема коммутации зарядов – диагональная.

Порядок выполнения работы:

1. Ширина ПКЗ определяется по формуле:

$R_k = R_l - 0{,}5\ B_{вз}$, м

2. Расстояние контурного ряда от центра последнего технологического блока (R_l) определяется из выражения:

$$Rl = \frac{Кз \cdot Qст \cdot Cos\,\theta}{Lст \cdot hп} - 1, \text{ м}$$

3. Коэффициент зажатости

$K_з = 5{,}7 \cdot П_р^{\,0{,}77}$

где * $Q_{ст}$ – масса ВВ в скважинах одной ступени, $L_{ст}$ – длина ступени, $B_{вз}$ – ширина взрывного технологического блока.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Расчёт параметров контурного взрывания скважинами переменной глубины.

Цель работы: освоить методику заоткоски уступов, сложенных некрепкими трещиноватыми породами.

Задачи работы:

- определить количество рядов контурных скважин;
- рассчитать длину контурных скважин каждого ряда;
- принять для заданных условий тип ВВ и определить массу заряда и забойки в скважинах каждого ряда.

Исходные условия: задаются в соответствии с вариантом (см. таблицу).

Исходные данные

№ варианта	$h_п$, м	$\alpha_р$	$\alpha_п$	$\sigma_{сж}$, МПа	$K_т$	γ, т/м^3	$d_з$, мм
1	18	75	40	55	II	1,9	190
2	18	75	40	55	II	1,9	190
3	18	75	38	50	II	1,8	210
4	18	70	36	50	II	1,8	210
5	18	70	36	50	II	1,7	190
6	15	75	45	56	III	2,0	210
7	15	75	42	56	III	2,0	210
8	15	70	40	55	II	1,8	190
9	15	70	38	50	II	1,8	170
10	15	70	38	50	I	1,7	160
11	12	68	40	58	II	1,8	190
12	12	68	38	56	II	1,8	190
13	12	68	36	50	I	1,7	170
14	12	65	35	47	I	1,7	200
15	12	65	35	47	I	1,6	160
16	10	75	45	60	II	1,9	170
17	10	75	45	55	II	1,8	170
18	10	70	40	50	II	1,7	160
19	10	70	38	50	I	1,7	190
20	10	65	36	50	I	1,6	160
21	17	75	45	60	III	2,0	210
22	17	75	45	60	III	1,9	210
23	17	70	40	55	II	1,8	190
24	17	70	40	50	II	1,7	160
25	17	65	38	50	I	1,7	160

$h_п$ – высота погашаемого уступа, м;

$\alpha_п$ – угол откоса погашаемого уступа, град.;

$\alpha_р$ – угол откоса рабочего уступа, град.;

$\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие, МПа;

$K_т$ – категория трещиноватости;

γ – плотность пород, т/м^3;

$d_з$ – диаметр контурного заряда, мм.

Порядок выполнения работы

1. По формуле Гидроспецстроя определяется приближенное расстояние между рядами контурных скважин ($b_{кс}$).

$$b'_{кс} = 22\, d_з \cdot K_з \cdot K_у$$

где $d_з$ – диаметр заряда, м;

$K_з$– коэффициент зажима. При контурной отбойке $K_з = 1$.

$K_у$ – коэффициент геологических условий. При отсутствии ярко выраженной системы напластования $K_у = 1$; при угле 20-70 ° $K_у = 0{,}85$.

2. Определяется горизонтальное проложение откоса (A)

$$A = h_п \cdot ctg\sigma_п$$

3. Устанавливается количество рядов контурных скважин ($n_{кс}$)

$$n_{кс} = A / b'_{кс}$$

4. Определяется окончательное расстояние между контурными рядами ($b_{кс}$) с таким расчетом, чтобы скважины последнего контурного ряда были на уровне нижней бровки откоса

$$b_{кс} = A / n_р$$

5. Рассчитывается длина контурных скважин ($b_{кс}$):

– 1-го ряда $l'_{кс} = b_{кс} \cdot tg\sigma_п - \Delta_р$

– 2-го ряда $l''_{кс} = 2b_{кс} \cdot tg\sigma_п - \Delta_р$

– 3-го ряда $l'''_{кс} = 3b_{кс} \cdot tg\sigma_п - \Delta_р$ и т. д.

где $\Delta_р$ – величина недобура до проектной линии откоса

$$\Delta_р = (4–5)\, d_{кс}$$

6. Принимается тип ВВ в зависимости от обводненности скважин и в соответствии с рекомендациями межведомственной комиссии по взрывному делу – удельный расход ВВ ($q_{кс}$) [1].

7. Рассчитывается масса заряда в контурных скважинах 1-го ряда (Q_1)

$$Q_1 = 0{,}5 q_{кс} \cdot b_{кс}^3 \cdot m \cdot tg\alpha_п$$

где m = 0,9 – 1 – коэффициент сближения скважин.

8. Масса заряда второго и последующего рядов ($Q_п$) определяется по формуле

$$Q_п = [2\,(n - 1) + 1]\, Q_1$$

9. Определяется высота колонки заряда в скважинах каждого ряда ($l_{зар}$)

$$l_{зар} = \frac{Q}{p}$$

где $p = \frac{\pi d_з^2}{4} \Delta$ – масса заряда в 1 м скважины;

Δ – плотность ВВ.

10. Определяется плотность забойки скважин контурных рядов ($l_{заб}$).

$$l_{заб} = l_{кс} - l_{зар}$$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Расчёт параметров контурного взрывания методом предварительного щелеобразования.

Цель работы: освоить методику расчета прогнозного значения ширины отрезной щели при контурном взрывании скважин.

Задачи работы:

- определить для заданных условий удельный линейный расход ВВ
- рассчитать требуемый диаметр оболочки шлангового заряда
- проверить соответствие расчетного диаметра заряда условию декаплинга
- рассчитать проектное расстояние между контурными зарядами
-определить прогнозное значение ширины отрезной щели

Исходные данные

Породы	№№ варианта	Диаметр скважины, мм
Легковзрываемые	1	125
	2	160
	3	214
Средневзрываемые	4	125
	5	160
	6	214
Трудновзрываемые	7	125
	8	160
	9	214

Варианты 1 – 9: высота погашаемого уступа 30м, варианты 10 – 18, соответственно 45 м. Угол погашения во всех случаях 75°.

Порядок выполнения работы

1. Определяется длина контурной скважины ($l_{кс}$)

$$l_{СК} = \frac{h_{П}+P}{\sin d_{П}}, \text{ м}$$

где P = 0,3 ÷ 0,5м – длина перебура.

2. Согласно рекомендациям Б.Н. Кутузова и Л.Ф. Граура (см. таблицу) принимается удельный расход ВВ ($q_{л}$), кг/м

Породы	Диаметр скважины, мм		
	105 – 125	145 – 165	214 – 243
Легковзрываемые	0,6 – 1,0	1,5 – 2,0	3,5 – 4,6
Средневзрываемые	0,4 – 0,6	1,0 – 1,5	2,5 – 3,5
Трудновзрываемые	0,2 – 0,4	0,6 – 1,0	1,5 – 2,5

3. Рассчитываем требуемый диаметр оболочки шлангового заряда (d_o)

$$d_o = \sqrt{\frac{q_л}{\Delta \cdot 7{,}85}}$$

4. Корректируем d_o с учетом поправок на сгорание ВВ

$$d_п = (1{,}15 \div 1{,}2)\, d_o$$

5. Корректируем удельный линейный расход ВВ

$$q_л = 7{,}85 \cdot \Delta \cdot d_p^2$$

6. Проверяется эффект декаплинга

$$\frac{d_{кс}}{d_p} \geq (2 \div 3)$$

7. Определяется длина колонки заряда с учетом длины забойки $l_з = 1{,}5 \div 2$м.

$$l_{зар} = l_{кс} - l_з$$

8. Определяется масса заряда в скважине ($Q_{кс}$)

$$Q_{кс} = l_{зар} \cdot q_л$$

9. Рассчитывается максимально допустимое расстояние между скважинами контурного ряда (A_{max})

$$A_{max} = 2\, d_p \sqrt{\frac{\varrho_{вв} \cdot E_{вв}}{0{,}5 \cdot \sigma_р}},\ м$$

где $\varrho_{вв}$ – плотность ВВ, кг/м³, $E_{вв}$ – энергия взрывания, Дж/кг, $\sigma_р$ – сопротивление массива на разрыв, ПА

10. Проектное расстояние между скважинами устанавливается из условия

$$A_{кс} = (0{,}6 \div 0{,}7)\, A_{max}$$

11. Определяется прогнозное значение ширины щели ($l_щ$)

$$l_щ = 0{,}96 \cdot d_{кс} \left(1 - \frac{A_{кс}}{A_{max}}\right) + 0{,}003,\ м$$

12. Сравнивается: эффективная ширина щели

$$l_щ \geq 60 - 70мм$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В.Н., Байков Б.Н. Технология отстройки бортов карьеров. – М.: Недра. 1991. – 184 с.

2. Антоненко Л.К., Зотеев В.Г. Специальная технология погашения скальных откосов глубоких карьеров//Горный журнал, 1983, №5, с. 18 – 19.

3. Антоненко Л.К., Зотеев В.Г. Опыт применения специальной технологии заоткоски скальных уступов в СССР и за рубежом/М., 1986 (Обзорная информация)/Ин-т «Черметинформация», сер. Горнорудное производство, вып. 1. – 27 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность – ***21.05.04 Горное дело***

Специализация № 3 – ***Открытые горные работы***

Форма обучения: очная, заочная

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Автор: Мартынов Н. В., доцент, к. т. н.

Екатеринбург

Оглавление

Введение 3
Содержание курса 3
Повторение и самостоятельное изучение тем курса. 5
Подготовка к экзамену 5
Контрольная работа 6
Тестовые задания 7
Рекомендуемая литература 11

Введение

Самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Открытые горные работы».

По курсу «Эксплуатация горных предприятий» обязательная самостоятельная работа студентов осуществляется в следующих направлениях: подготовка и решение тестовых заданий; выполнение и защита контрольных работ, подготовка к экзамену.

Содержание курса

Тема 1: Конструкция, типы, устойчивость, углы погашения бортов

Характеристика рабочих, временно нерабочих, погашенных бортов, требования к их отстойке; способы управления углом погашения борта: сдваивание и страхование уступов, изменение схем вскрытия карьерного поля; профили откосов строенных уступов, формы откосов уступов в зависимости от физико-механических свойств горных пород и времени стояния борта. Схема и пример расчёта для получения борта ступенчатого профиля.

Тема 2: Конструкция, типы, устойчивость, углы погашения бортов

Типы, параметры берм на погашенном борту. Принципы их расчёта.

Характеристика массива пород по трещиноватости, блочности, связности, упругости; абсолютная и относительная деформация массива; действие взрыва на массив. Параметры берм. Схема и параметры расчёта ширины берм для принятия осыпи, по падению кусков, с учётом напластования пород.

Тема 3: Понятия, параметры, особенности ведения БВР в приконтурной зоне.

Общая организация и схемы погашения уступов. Согласное и несогласное расположение рабочего и погашаемого бортов.

Приконтурная зона (ПКЗ). Ширина ПКЗ по нормам технологического проектирования, расчёт ПКЗ по Попову В.Н.

Особенности приконтурного взрывания, схема коммутации технологических и контурных скважин. Общая характеристика и экономическая эффективность методов контурного взрывания.

Тема 4: Методы и технологические схемы заоткоски бортов в предельном положении.

Порядок и примеры расчёта заоткоски скважинами переменной глубины, скважинами обратного заложения, методом гладкого откоса к методам предварительного щелеобразования. Составление паспортов контурного взрывания перечисленными способами. Оценка качества контурного взрывания.

Тема 5: Выемочно-погрузочные работы в приконтурной зоне.

Районирование контурного взрывания в пределах карьерного поля. Особенности и схемы ведения выемочно-погрузочных работ в ПКЗ с применением экскаваторов с нормальным и удлинённым оборудованием; с погрузкой в автомобильный и железнодорожный транспорт. Пример составления графика буровзрывных и выемочно-погрузочных работ в ПКЗ.

Тема 6: Параметры и схемы ведения горных работ в ПКЗ на примере зарубежных карьеров и карьеров РФ.

Рассматривается опыт работ Оленегорского, Ковдорского, Соколовско-Сарбайского ГОКов, карьеров МЦМ СССР, ПАО «АЛРОСА», Чили и др.

Повторение и самостоятельное изучение тем курса.

Основной объем информации по дисциплине излагается: для очной формы обучения - преподавателем на аудиторных (лекционных) занятиях в устной форме; для заочной формы обучения – в учебной литературе. Использование основной литературы считается обязательным для повторения и самостоятельного изучения тем курса, использование дополнительной литературы предусматривается с целью углублённого изучения отдельных разделов дисциплины.

Рекомендуется следующий порядок повторения или самостоятельного изучения тем дисциплины:

1. Ознакомьтесь с содержанием темы;
2. Ознакомьтесь с конспектом лекций по теме;
3. Ознакомьтесь с изложением данной темы в литературных источниках;
4. Ответьте на контрольные вопросы по данной теме, используя при необходимости конспект лекций и литературные источники;
5. Составьте конспект по изученному (повторенному) материалу;
6. При возникновении затруднений при усвоении материала обратитесь за консультацией к преподавателю.

Подготовка к экзамену

Сдача зачета (экзамена) осуществляется студентами по результату изучения дисциплины.

Экзамен по дисциплине проводится по билетам. Билет на экзамен включает в себя два теоретических вопроса. На экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на выявление степени понимания студентом изучаемого предмета.

Рекомендуется следующий порядок подготовки к зачету (экзамену):

1. Ознакомьтесь с перечнем экзаменационных вопросов в билетах;
2. Повторите соответствующие разделы теоретической части дисциплины, используя конспект лекций и учебную литературу;
3. С целью закрепления усвоенного материала письменно составьте ответы на представленные вопросы;
4. При возникновении затруднений при усвоении материала обратитесь за консультацией к преподавателю.

Контрольная работа

Погашается участок борта карьера длиной $L_п$. Погашаемый уступ сдваивается под углом равным углу откоса рабочего уступа $L_р$, на вышележащем горизонте оставляется берма шириной 10 м. Массив сухой. Контурные заряды – шланговые. В качестве ВВ используется гранулотол плотностью 1 кг/дм^3, критический диаметр $d_п$ = 30 мм, удельная энергоёмкость E = 4,19 · 10^6 дж/кг, коэффициент относительной мощности $K_{ВВ}$ = 1,2. Отношение акустической жёсткости массива и пород отрезной щели $А_м$ / $А_щ$ = 30, частота волны взрыва f = 50 Гц.

№ варианта	Погашаемый борт высота $L_п$, м	Рабочий уступ		Предел прочности на сжатие высота $\sigma_{сж}$, мПа	Предел прочности на растяжение высота $\sigma_р$, мПа	Прочность пород γ, т/м	Категория трещиноватости	Акустическая жёсткость $А_м$, т/м^2 · с	Диаметр долота, мм
		высота $h_р$, м	угол откоса $\alpha_р$, град.						
1	100	12	70	140	11,2	2,6	IV	12000	160
2	100	12	70	140	11,2	2,8	V	12000	160
3	100	15	70	145	11,2	2,8	V	12500	190
4	100	15	70	150	11,5	2,7	IV	12500	190
5	100	15	70	150	11,5	2,8	V	12500	160
6	120	12	75	140	11,2	2,7	IV	12500	160
7	120	12	75	145	11,2	2,8	IV	12500	190
8	120	12	75	145	11,2	2,6	V	13000	216
9	120	15	75	150	11,5	2,9	V	13000	216
10	120	15	75	150	11,5	2,9	IV	13000	190
11	150	15	70	160	12,8	2,8	IV	12500	160
12	150	15	70	160	12,8	3,0	V	13000	190
13	150	15	70	165	12,8	2,9	IV	13000	190
14	150	12	70	170	13,1	3,1	V	13000	216
15	150	12	70	170	13,1	3,1	V	13500	216
16	200	12	75	175	13,1	3,0	IV	13000	160
17	200	12	75	180	14,5	3,0	IV	13500	190
18	200	15	75	170	13,0	2,9	V	13000	190
19	200	15	75	180	14,6	3,2	V	13500	216
20	200	15	75	180	14,6	3,2	V	13500	216

Определить удельный линейный расход ВВ, рассчитать диаметр оболочки шлангового заряда, длину колонки и массу заряду, расстояние между контурными скважинами.

Определить прогнозное значение ширины отрезной щели, рассчитать коэффициент амплитудного экранирования щели и сделать вывод о целесообразности контурного взрывания в предложенных условиях. Сделать расчёт ширины приконтурной зоны, определить общее количество скважин и потребный расход ВВ на погашение участка.

Тестовые задания

Тема № 1 – 2

1. Конструкция рабочего борта должна обеспечивать:
а) долговременную устойчивость борта;
б) оптимальный режим горных работ;
в) минимальную ширину рабочих площадок.
2. Конструкция погашения борта должна обеспечивать:
а) долговременную устойчивость борта;
б) оптимальный режим горных работ;
в) размещение вскрывающих выработок нижележащих горизонтов.
3. Какие из факторов не учитываются при расчёте ширины берм очистки?
а) обрушающаяся порода с верхних уступов;
б) возможность механизированной очистки бермы;
в) климатические условия района эксплуатации карьера.
4. Ширина бермы, при которой верхний уступ не вовлекается в обрушение, рекомендуется в пределах (0,2 – 0,3) высоты уступа (по Г.Л. Фисенко). Для каких условий?
а) падение трещин в сторону массива ;
б) трещины горизонтальные;
в) падение трещин параллельно откосу уступа.
5. За счёт каких факторов управляют углом погашения борта карьера?
а) сдваиванием и страиванием погашаемых уступов;
б) изменением способа и схемы вскрытия карьерного поля;
в) уменьшением расчётной ширины берм.
6. Породы характеризуются как устойчивые. Какая форма откосов уступов рекомендуется?
а) плоская;
б) выпуклая;
в) ступенчато вогнутая.
7. Какой из перечисленных факторов не учитывается при расчёте ступенчато вогнутого профиля откоса?
а) угол внутреннего трения пород;
б) предел прочности на сжатие;
в) сцепление в породе;
г) высота погашаемого уступа.
8. Нормативный коэффициент запаса прочности при расчёте ступенчато вогнутого профиля откоса $K_з = 2$. Для каких условий это справедливо?
а) для крепких пород с временем стояния менее 5 лет;
б) для рыхлых пород с временем стояния менее 5 лет;
в) для рыхлых пород с временем стояния более 5 лет.
9. Цель контурного взрывания:
а) минимальный выход негабарита;

б) минимальное нарушение законтурного массива;

в) получение расчётного профиля откоса уступа.

10. При взрыве скважинного заряда дробления выделяют несколько зон действия заряда. К какой из них относится зона шириной 60 – 70 м (до 30 диаметром заряда)?

а) зона регулируемого дробления;

б) зона нерегулируемого дробления (зона заколов);

в) зона остаточных деформаций;

г) зона колебания.

Тема № 3 – 4

1. Снижение неблагоприятного воздействия взрыва на законтурный массив может быть достигнуто:

а) применением контурного взрывания;

б) уменьшением диаметра технологических скважин;

в) ограничением массы одновременно взрываемого заряда.

2. Скорость колебаний грунта (в зоне колебаний) не зависит от:

а) расстояния от места взрыва;

б) схема коммутации зарядов;

в) характера слагающих пород;

г) массы одновременно взрываемого заряда.

3. Как изменяется ширина приконтурной зоны (ПКЗ) с увеличением крепости пород согласно норм технологического проектирования карьеров цветной металлургии?

а) не изменяется;

б) уменьшается;

в) увеличивается.

4. Какой из факторов не учитывается при определении ширины ПКЗ по методу В.Н. Попова?

а) высота погашения уступа;

б) коэффициент сейсмичности;

в) объём взрываемого блока;

г) удельный расход ВВ.

5. Как изменяется величина коэффициента сейсмичности при определении ширины ПКЗ по методу В.Н. Попова при изменении трещиноватости пород?

а) не изменяется;

б) увеличивается с ростом числа трещин (от V к I категории трещиноватости);

в) уменьшается с ростом числа трещин.

6. Какой из факторов не учитывается при определении ширины ПКЗ по методу В.Г. Зотеева при согласном размещении рабочего и погашаемого бортов?

а) количество взрываемых рядов в последней технологической заходке;

б) высота уступа;

в) схема коммутации взрываемого блока;

г) коэффициент сейсмичности.

7. Какой из факторов не учитывается при определении ширины ПКЗ по методу В.Г. Зотеева при несогласном размещении рабочего и погашаемого бортов?

а) количество взрываемых рядов в последней технологической заходке;

б) высота уступа;

в) масса заряда в ступени замедления;

г) диаметр заряда в технологической скважине.

8. Какие из перечисленных условий определяют целесообразность заоткоски уступа скважинами переменной глубины?

а) породы I – III категории трещиноватости;

б) угол погашения уступа не более 50°;

в) падение трещин в сторону выработанного пространства.

9. Какой из факторов является определяющим при заоткоске уступа скважинами обратного заложения?

а) трещиноватость пород;

б) угол погашения уступа;

в) падение трещин параллельно откосу уступа.

10. Выбор при заоткоске уступа метода предварительного щелеобразования (МПЩ) обусловлен факторами:

а) крепость пород;

б) трещиноватостью пород;

в) ориентировкой трещин.

Тема № 5 – 6

1. Какие виды зарядов применяются при контурном взрывании МПЩ?

а) шланговый;

б) колонковый;

в) гирляндный.

2. В каком из методов заоткоски уступа используется линейный удельный расход ВВ (кг/пог. м)?

а) скважинами обратного заложения;

б) гладкого откола.

3. Используется ли забойка в контурных зарядах при МПЩ?

а) не используется;

б) используется любая;

в) рекомендуется пористая сыпучая.

4. При расчёте контурных зарядов при МПЩ коэффициент Декаплинга рекомендуется принимать в размере:

а) максимально возможный;

б) не менее 2 – 2,5;

в) не более 9 – 10.

5. В каком случае при проектировании заоткоски МПЩ используется коэффициент амплитудного экранирования?

а) при расчёте диаметра скважин;

б) при расчёте диаметра заряда;

в) при расчёте ширины приконтурной зоны.

6. При заоткоске уступа МПЩ контурные скважины рекомендуется взрывать:

а) за 1 – 2 недели до технологических;

б) за 80 – 100 мс до взрыва технологических;

в) одновременно;

г) не имеет значения.

7. При заоткоске уступа МПЩ последняя заходка технологических скважин рекомендуется в количестве трёх рядов. С какой целью?

а) улучшения качества дробления;

б) снижения расхода ВВ ;

в) сокращения ширины ПКЗ.

8. Между контурными и технологическими скважинами при МПЩ рекомендуется бурить и взрывать буферный ряд скважин с массой заряда 50 – 60 % от основного. С какой целью?

а) экономия ВВ;

б) снижения сейсмического эффекта;

в) снижения влияния технологического взрыва на законтурный массив.

9. Допустимая масса одновременно взрываемого заряда определяется в зависимости от:

а) допустимой скорости смещения пород при взывании;

б) времени стояния борта в предельном положении;

в) расстояния до места взрыва.

10. Какие факторы определяют целесообразность применения контурного взрывания на нижних горизонтах карьера?

а) стоимость добычных работ;

б) разница между углами откоса без контурного взрывания и с контурным взрыванием;

в) стоимость вскрышных работ.

Рекомендуемая литература

Основная литература

№ п/п	Наименование
1.	Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. , Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2010. - 700 с.
2.	Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. Проектирование карьеров: учебник. – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2009. – 694 с., илл.
3.	Попов В.Н., Байков Б.Н. Технология отстройки бортов карьеров. – М.: Недра, 1991. – 252 с.
4.	Глубокие карьеры: сб. докл. Всеросс. научно-техн. конф. с международным участием 18 - 22 июня 2012 г. – Апатиты; СПб, 2012. – 488 с.

Дополнительная литература

№ п/п	Наименование
1.	Кутузов Б. Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник для вузов. – М.: Изд-во «Горная книга», 2007. – 471 с. илл.
2.	Антоненко Л.К., Зотеев В.Г. Опыт применения специальной технологии заоткоски скальных уступов в СССР и за рубежом. – Черметинформация. Горное производство. – М., 1986. - 28 с.
3.	Формирование рабочей зоны глубоких кимберлитовых карьеров /А. Н. Акишев, И. В. Зырянов, Б. Н. Заровняев, Г. В. Шубин и др. – М.: Новосибирск, 2015. – 204 с.
4.	Глаголенков А. И., Горкунов В. И., Завалишин В. С. Взрывная подготовка горной массы на нерудных карьерах. – Алма-Ата, 1989. – 120 с.
5.	Корнилков С. В., Беляев В. Л., Важенина С. Н. Технологические схемы ведения горных работ на законсервированных, погашенных и крутых рабочих бортах глубоких карьеров: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2003.
6.	Горный журнал. – М.: Недра, 1980. № 10; 1981, № 1, 8; 1986, № 5; 1989, № 1; 1994, № 2; 2007, №9; 2-13, №7.
7.	Эткин М.Б., Азарович А.Е. Взрывные работы в энергетическом и промышленном строительстве. – М,: Изд-во Московского государственного горного университета, 2004. – 248 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Багазеев В.К. д.т.н., профессор

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ» 4

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ» 5

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ» 6

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Промышленная характеристика россыпных месторождений как объекта разработки: строение россыпи, физико-механические и технологические характеристики пород россыпей.
2. Технико-экономические требования к качеству, количеству и условиям залегания полезного ископаемого при разработке россыпей (кондиции). Характеристика продукции приисков.
3. Методы подсчета запасов при разработке россыпных месторождений.
4. Способы и комплексная механизация при разработке россыпей. Виды работ при разработке россыпей.
5. Предварительные работы (осушение): состав комплекса работ, их общая характеристика. Расчистка полигона от лесорастительности. Отведение поверхностного стока воды, расчет руслоотводной канавы (канала).
6. Подготовка мерзлых пород к выемке механическим рыхлением: схемы заездов рыхлителей (условия применения и параметры борозды и заезда), расчет производительности рыхления.
7. Подготовка мерзлых пород к выемке буровзрывным способом: применяемое оборудование бурения, виды ВВ, способы взрывания, размещении е шпуров или скважин. расчет зарядов ВВ.

8. Общая характеристика и объемы вскрышных работ. Бульдозерная вскрыша торфов. Вскрыша торфов скреперами. Экскаваторная вскрыша торфов. Комбинированные схемы вскрышных работ.

9. Системы бульдозерно-скреперной выемки песков. Системы экскаваторной разработки песков.

10. Порядок отработки россыпи. Вскрытие горизонтов добычных работ. Выбор базового промывочного прибора.

11. Системы экскаваторно-гидравлической разработки песков при очистной выемке.

12. Мощность и режим работы драг.

13. Вскрытие россыпи при дражном способе.

14. Забой драги, параметры забоя.

15. Галечные и эфельные отвала при дражной разработке. Параметры отвалов.

16. Обогатительное оборудование на драге.

17. Схемы цепи аппаратов обогащения на драге.

18. Схема цепи аппаратов на алмазодобывающих драгах.

19. Гидрологические условия работы драг.

20. Сущность негативного влияния сброса воды при дражной разработке.

21. Оборотное водоснабжение дражного разреза.

22. Гидротехнические сооружения при открытой и дражной разработке россыпей.

23. Плотины, параметры плотин.

24. Отстойные пруды, параметры пруда.

25. Устойчивость откосов плотин.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Багазеев В. К., Валиев Н. Г. Разработка россыпных месторождений: учеб. пособ. Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Из-д-во УГГУ, 2008. – 200 с.	27
2.	Потемкин С. В. Разработка россыпных месторождений. – Мю: Недра, 1995. – 470 с.	18
3	Разработка россыпных месторождений: учебник / В. Г. Лешков ; Московский государственный горный университет. - Москва : Горная книга ; Москва : МГГУ, 2007. - 906 с. : ил. - Библиогр.: с. 813	20

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Шорохов С. М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений: учебник /С. М. Шорохов. – М.: Недра, 1973. – 765 с.	12

2.	Багазеев В. К. Бульдозерно-экскаваторная разработка россыпных месторождений: учеб. пособ.. – Свердловск, изд. СГИ, 1988. – 64 с.	38
3.	Багазеев В. К. Гидротехника при разработке россыпей: учеб. пособ /В. К. Багазеев, Н. Г. Валиев, В. В. Русанов: Уральская гос. горно-геологическая академия. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 86 с.	4
4.	Предохранение рек от загрязнения при разработке россыпных месторождений /С. М. Шорохов, А. А. Зуйков, Г. В. Зубченко и др. – М.: Недра, 1980. – 270 с.	23

3.3 Нормативные документы

1. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ-06-111-03). Книга 2. [Электронный ресурс]. – М.: НПО ОБТ, 2003 – 15 экземпляров.

2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам (05-329-99), утв. Постановлением Госготехнадзора России от 24.11.1999, № 86. [Электронный ресурс]. –Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс».

3. Методические указания по нормированию, определению и учету потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче / Роскомдрагмет, Иргиредмет; утв. 21.12.1993. . – Иркутск 1994. – 266 с. [Электронный ресурс]. –Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс».

4. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. СНиП 11-01-95 /Минстрой России. – М., 1995. [Электронный ресурс]. –Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс».

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»

Горное дело: информационно-аналитический портал для горняков; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mwork.su/

Горное дело: информационно-справочный сайт; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gornoe-delo.ru/

Горнопромышленный портал России: информационный портал; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.miningexpo.ru/

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»

Тема 1: Промышленная характеристика и способы разработки россыпей.

Промышленная характеристика россыпных месторождений как объекта разработкиб строение россыпи, физико-механические и технологические характеристики пород россыпей.

Технико-экономические требования к качеству, количеству и условиям залегания полезного ископаемого при разработке россыпей (кондиции). Характеристика продукции приисков.

Методы подсчета запасов при разработке россыпных месторождений.

Способы и комплексная механизация при разработке россыпей. Виды работ при разработке россыпей.

Обоснование способа разработки.

Тема 2: Предварительные работы (осушение). Вскрышные работы.

Предварительные работы (осушение): состав комплекса работ, их общая характеристика. Расчистка полигона от лесорастительности. Отведение поверхностного стока воды, расчет руслоотводной канавы (канала).

Подготовка мерзлых пород к выемке механическим рыхлением: схемы заездов рыхлителей (условия применения и параметры борозды и заезда), расчет производительности рыхления.

Подготовка мерзлых пород к выемке буровзрывным способом: применяемое оборудование бурения, виды ВВ, способы взрывания, размещении е шпуров или скважин. расчет зарядов ВВ.

Общая характеристика и объемы вскрышных работ. Бульдозерная вскрыша торфов. Вскрыша торфов скреперами. Экскаваторная вскрыша торфов. Комбинированные схемы вскрышных работ. Расчет производительности выемочно-транспортной техники на вскрыше торфов.

Тема 3: Скреперно-бульдозерный способ разработки россыпей.

Обоснование оборудования выемки и ориентировочной производительности прииска. Системы бульдозерно-скреперной выемки песков. Системы экскаваторной разработки песков. Порядок отработки россыпи. Вскрытие горизонтов добычных работ. Выбор

базового промывочного прибора. Расчет технологических параметров оборудования промывочной установки.

Тема 4: Экскаваторно-гидравлический способ разработки россыпей.

Системы экскаваторно-гидравлической разработки песков при очистной выемке. Расчет параметров эксплуатационного блока. Обоснование мощности оборудования выемки и производительности прииска. Расчет параметров гидромониторного забоя. Обоснование и выбор системы разработки.

Тема 5: Дражный способ разработки россыпей. Конструктивная схема драги.

Обоснование мощности и режима работы драги. Расчет производительности драги. Проверка соответствия конструктивных размеров драги параметрам россыпи. Расчет параметров забоя драги. Расчет параметров дражных отвалов. Вскрытие россыпи. Система разработки. Промывка и обогащение песков на драге. Обоснование принципиальной схемы обогащения. Схема цепи аппаратов золотосодержащих драг. Схема аппаратов алмазодобывающих драг.

Тема 6: Водоснабжение промывочных установок и драги.

Гидрологические и гидрогеологические условия разработки россыпей. Негативное влияние сброса воды в водоемы, условия сброса технологической воды. Организация оборотного водоснабжения промывочных приборов; установок дражного разреза. Осветление технологической воды в отстойных прудах. Расчет гидротехнических сооружений в системе водоснабжения: каналов, плотин, перемычек.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Багазеев В.К. д.т.н., профессор

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ» 5

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ» 6

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ» 6

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Тема 1: Основные положения гидромеханизации открытых разработок

1. Процессы гидромеханизации при производстве открытых горных работ, при разработке россыпных месторождений, при добыче строительных материалов.
2. Физико-механические свойства пород, обуславливающие эффективность гидромеханизации: плотность, пористость, естественная влажность, пластичность глинистой составляющей пород, удельное сцепление, угол внутреннего трения, коэффициент разрыхления, абразивность.
3. Гранулометрический состав песчано-гравийной смеси, способы его отражения. Неоднородность гранулометрического состава. Модуль крупности песчаной составляющей ПГС.
4. Принципиальная схема гидромониторной разработки, состав основного оборудования.
5. Принципиальная схема земснарядной разработки, основные части землесосного снаряда.

Тема 2: Теория и основные процессы гидромониторной разработки месторождений полезных ископаемых (МПИ) открытым способом

6. Гидромониторы.
7. Расчёт необходимого количества рабочих гидромониторов.

8. Структура и параметры гидромониторной струи.
9. Параметры забоя при гидромониторном размыве. Определение среднего удельного расхода воды для размыва.
10. Классификация схем водоснабжения гидравлических установок. Расчёт необходимого количества напорной воды.
11. Деривационное водоснабжение гидравлических установок. Основные ГТС при деривационном водоснабжении.
12. Насосное водоснабжение гидравлических установок. Основное оборудование насосного водоснабжения.
13. Трубы, арматура и фасонные части водоводов.
14. Рабочие характеристики насосов и водоводов при напорном водоснабжении.
15. Перемещение твёрдых частиц потоком воды - гидротранспорт породы. Режим транспортирования твёрдых частиц породы.
16. Характеристика пульпы. Критическая скорость транспортирования пульпы.
17. Порядок расчёта напорного гидротранспорта пульпы.
18. Выбор типа грунтового насоса. Определение необходимого расхода и напора пульпы.
19. Технология гидроотвалообразования. Классы ответственности гидроотвалов как ГТС.
20. Строение гидроотвала. Расчёт вместимости гидроотвала.
21. Водоснабжение сооружения на гидроотвале.
22. Расчёт осаждения минеральных частиц в прудке-отстойнике гидроотвала.
23. Сущность и классификация способов вскрытия при гидромониторной разработке. Системы гидромониторной разработки.
24. Система гидромониторной разработки встречным забоем: схема, условия применения, характеристика.
25. Системы гидромониторной разработки попутным забоем: схемы, условия применения, характеристика.

Тема 3: Теория и основные процессы разработки МПИ землесосными снарядамиц

26. Основные технологические параметры землесосного снаряда: подача, напор, глубина черпания, класс Речного Регистра, типы грунтозаборного устройства. Геометрические размеры корпуса земснаряда.
27. Типы грунтовых насосов земснарядов. Основные рабочие параметры, их взаимозависимость. Сущность кавитации при перекачивании гидросмесей.
28. Виды механических и гидравлических рыхлителей при грунтозаборе землесосными снарядами.
29. Оборудование перемещения земснаряда.
30. Пульповоды и водоводы земснаряда.
31. Технология выемки грунта в забое земснаряда с механическим рыхлителем.
32. Склады и штабели ПГС при земснарядной разработке: способы намыва, карты намыва, водосбросные сооружения.

Тема 4-5: Вскрытие и системы гидромеханизированной разработки МПИ. Основные процессы разработки МПИ дражным способом.

33. Классификация и основные части драги. Забой драги.
34. Характеристика основных узлов и оборудования драги: понтон, черпаки и черпаковая рама.
35. Оборудование обогащения песков на драге: барабанный дезинтегратор, шлюзы, отсадочные.

36. Транспортно-отвальное оборудование драги. Маневрирование драги в забое.
37. Размещение эфельного отвала в дражном разрезе. Подэфеливание. Условия нормальной работы (без подэфеливания).
38. Расчёт производительности драги.
39. Расчёт длины черпаковой драги по условию полноты выемки песков.
40. Вскрытие и системы дражной разработки россыпных месторождений.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Ялтанец, И.М. Гидромеханизированные и подводные горные работы. Кн. 1. - Разработка пород гидромониторами и землесосными снарядами: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горные работы" направления подготовки "Горное дело". - М.: МГГУ, 2006. - 546 с.	21
2	Багазеев В. К., Валиев Н. Г. Гидромеханизация: Разработка песчано-гравийных месторождений землесосными снарядами: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2006. - 152 с.	30
3	Нурок Г. А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. - М.: Недра, 1985. - 472 с.	22
4	Лешков В. Г. Современная техника и технология дражных работ. - М.: Недра, 1971. -288 с.	24

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
5	Ялтанец, И.М. Справочник по гидромеханизации. -М.:Изд. «Горная книга», 2008. – 673с.	3
6	Бессонов Е. А. Технология и механизация гидромеханизированных Справочное пособие для инженеров и техников. - М.: Центр, 1999. – 544 с.	2
7	Лезгинцев Г. М. Гидромеханизация разработки россыпей и методы расчетов. - М.: Наука, 1968. - 220 с.	44

3.3 Нормативные правовые акты

1. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ-06-111-03). Книга 2 [Текст]
   - Москва НПО ОБТ, 2003
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам (06-329-99), утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 24.11.99, №86.
3. Методические указания по нормированию, определению и учету потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче / Роскомдрагмет, Иргоредмет; утв. 21.12.1993.-Иркутск, 1994,-266 с.

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

1. Российская государственная библиотека www.rsl.ru. Leninka.ru
2. Федеральный портал «Российское образование» www.katalog.ru

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

Тема 1: Основные положения гидромеханизации открытых разработок (ОГР)

Процессы гидромеханизации при производстве открытых горных работ, при разработке россыпных месторождений, при добыче строительных материалов.

Физико-механические свойства пород, обуславливающие эффективность гидромеханизации: плотность, пористость, естественная влажность, пластичность глинистой составляющей пород, удельное сцепление, угол внутреннего трения, коэффициент разрыхления, абразивность.

Гранулометрический состав песчано-гравийной смеси, способы его отражения. Неоднородность гранулометрического состава. Модуль крупности песчаной составляющей ПГС.

Принципиальная схема гидромониторной разработки, состав основного оборудования.

Принципиальная схема земснарядной разработки, основные части землесосного снаряда.

Тема 2: Теория и основные процессы гидромониторной разработки месторождений полезных ископаемых

Гидромониторы.

Расчёт необходимого количества рабочих гидромониторов.

Структура и параметры гидромониторной струи.

Параметры забоя при гидромониторном размыве. Определение среднего удельного расхода воды для размыва.

Классификация схем водоснабжения гидравлических установок. Расчёт необходимого количества напорной воды.

Деривационное водоснабжение гидравлических установок. Основные ГТС при деривационном водоснабжении.

Насосное водоснабжение гидравлических установок. Основное оборудование насосного водоснабжения. Трубы, арматура и фасонные части водоводов. ,

Рабочие характеристики насосов и водоводов при напорном водоснабжении, j. Перемещение твёрдых частиц потоком воды - гидротранспорт породы. Режим транспортирования твёрдых частиц породы.

Характеристика пульпы. Критическая скорость транспортирования пульпы.

Порядок расчёта напорного гидротранспорта пульпы.

Выбор типа грунтового насоса. Определение необходимого расхода и напора воды.

Технология гидрообразования. Классы ответственности гидроотвалов как ГТС.

Строение гидроотвала. Расчёт вместимости гидроотвала.

Водосбросные сооружения на гидроотвале.

Расчёт осаждения минеральных частиц в прудке-отстойнике гидроотвала.

Тема 3: Теория и основные процессы разработки МПИ землесосными снарядами

Основные технологические параметры землесосного снаряда: подача, напор, глубина разработки, класс Речного Регистра, типы грунтозаборного устройства. Геометрические размеры корпуса земснаряда.

Типы грунтовых насосов земснарядов. Основные рабочие параметры, их взаимозависимость. Сущность кавитации при перекачивании гидросмесей.

Виды механических и гидравлических рыхлителей при грунтозаборе землесосными снарядами. Оборудование перемещения земснаряда.

Пульповоды и водоводы земснаряда.

Технология выемки грунта в забое земснаряда с механическим рыхлителем.

Склады и штабели ПГС при земснарядной разработке: способы намыва карты намыва, водосбросные сооружения.

Тема 4: Вскрытие и системы гидромеханизированной разработки МПИ

Сущность и классификация спосооов вскрытия при гидромониторной разработке. Системы гидромониторной разработки.

Система гидромониторной разработки встречным забоем: схема, условия применения, характеристика.

Системы гидромониторной разработки попутным забоем: схемы, условия применения, характеристика.

Тема 5: Основные процессы разработки МПИ дражным способом

Классификация и основные части драги. Забой драги.

Характеристика основных узлов и оборудования драги: понтон, черпаки и черпаковая рама.

Оборудование обогащения песков на драге: барабанный дезинтегратор, шлюзы, отсадочные.

Транспортно-отвальное оборудование драги. Маневрирование драги в забое.

Размещение эфельного отвала в дражном разрезе. Подэфеливание. Условия нормальной работы (без подэфеливания)

Расчёт производительности драги.

Расчёт длины черпаковой рамы драги по условию полноты выемки песков.

Вскрытие и системы дражной разработки россыпных месторождений.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Багазеев В.К. д.т.н., профессор

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ» 4

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ» 5

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ» 5

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Определение ФХГ, область применения, методы и объекты промышленного освоения ФХГ.
2. Гидравлические свойства массива горных пород: пористость, проницаемость, фильтрация - их виды, характеристики и единицы измерения.
3. Гидравлические свойства массива горных пород: влагоемкость, водоотдача, водоустойчивость и другие.
4. Основные тепловые свойства горных пород: плавление, испарение, сублимация и другие.
5. Теплоемкость и теплопроводность пород: основные определения и единицы измерения.
6. Общие сведения о химической структуре вещества и химических реакциях: электрон, атом, молекула, ион, окислительно-восстановительные реакции.
7. Водные растворы, концентраций водных растворов, единицы измерения.
8. Электродный потенциал и электро-химический ряд металлов.
9. Общие сведения о каменной соли как объекте добычи подземным растворением.
10. Технологическая схема рассолопромысла, подача воды, нерастворителя и выдача рассола.
11. Неуправляемые и управляемые методы растворения солей.
12. Скважины для подземного растворения солей.
13. Строительство и эксплуатация подземных резервуаров в каменной соли.

14. Системы разработки ПРС.
15. Основные параметры камер ПРС.
16. Общие сведения о самородной сере как объекте добычи (ПВС).
17. Принципиальная технологическая схема подземной выплавки серы.
18. Конструкция скважин для ПВС.
19. Системы разработки ПВС.
20. Общая характеристика подземной газификации угля (ПГУ).
21. Технология ПГУ, схемы зональности.
22. Основные сведения о подземном выщелачивании.
23. Условия применения скважинного выщелачивания.
24. Виды скважин при СПВ.
25. Бурение и оборудование технологических скважин.
26. Схемы размещения технологических скважин.
27. Противофильтрационные завесы (барраж) при выщелачивании.
28. Общие сведения о выщелачивании урана скважинами.
29. Физико-механическая характеристика золота.
30. Шахтное подземное выщелачивание урана.
31. Схема размещения технологического оборудования при подземном выщелачивании урана.
32. Подземное выщелачивание меди.
33. Принципиальная технологическая схема скважинной гидродобычи (СГД).
34. Оборудование размыва при СГД, схемы размыва.
35. Системы разработки при СГД.
36. Оборудование подъема пульпы при СГД.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Аренс В. Ж. Физико-химическая геотехнология: учебник / В. Ж. Аренс [и др.] – М.: МГГУ, 2010. – 575 с.	20

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Аренс В. Ж. Скважинная гидродобыча полезных ископаемых[: учеб. пособ. / В. Ж. Аренс [и др.] – М.: Горная книга, 2011. – 296 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69810&sr=	2
2.	Багазеев В. К., Валиев Н. Г., Кравченко А. П. Процессы открытых горных работ: Геотехнология добычи золота: учеб. пособ. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. – 110 с.	10

3.3 Нормативные документы

1.Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ-06-111-03). Книга 2. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс».

2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам (05-329-99), утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 24.11.1999, № 86. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс».

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ»

– Горное дело: информационно-аналитический портал для горняков [Электронный ресурс]. - URL: http://www.mwork.su/

– Горное дело: информационно-справочный сайт [Электронный ресурс]. - URL: http://www.gornoe-delo.ru/

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ»

Тема 1: Методы скважин ной физико-химической геотехнологии.

Определение ФХГ, область применения, методы и объекты промышленного освоения ФХГ. Гидравлические свойства массива горных пород: пористость, проницаемость, фильтрация – их виды, характеристики и единицы измерения. Гидравлические свойства массива горных пород: влагоемкость, водоотдача, водоустойчивость и другие. Основные тепловые свойства горных пород: плавление, испарение, сублимация и другие. теплоемкость и теплопроводность пород: основные определения и единицы измерения. Общие сведения о химической структуре вещества и химических реакциях: электрон, атом, молекула, ион, окислительно-0восстановительные реакции. Водные растворы, концентрация водных растворов, единицы измерения. Электродный потенциал и электро-химический ряд металлов.

Тема 2: Подземное растворение солей (ПРС).

Общие сведения о каменной соли как объекте добычи подземным растворением. Технологическая схема рассолопромысла, подача воды, нерастворителя и выдача рассола. Неуправляемые и управляемые методы растворения солей. Скважины для подземного растворения солей. Строительство и эксплуатация подземных резервуаров в каменной соли. Системы разработки ПРС. Основные параметры камер ПРС, расчет устойчивого пролета камеры, ширины междукамерного целика, толщины потолочины, размеров ослабленной зоны.

Тема 3: Подземная выплавка серы (ПВС).

Общие сведения о самородной сере как объекте добычи (ПВС). Принципиальная технологическая схема подземной выплавки серы. Конструкция скважин для ПВС. Системы разработки ПВС.

Тема 4: Подземная газификация угля (ПГУ).

Общая характеристика подземной газификации угля (ПГУ). Технология ПГУ, схемы зональности ПГУ. Расчет наинизшей теплоты сгорания угля, расчет наинизшей теплоты сгорания газа ПГУ.

Тема 5: Скважинное выщелачивание золота, урана.

Общие сведения о скважинном выщелачивании золота, урана, меди. Условия применения скважинного выщелачивания. Виды скважин при СПВ. Бурение и оборудование технологических скважин. Схемы размещения технологических скважин. противофильтрационные завесы (барраж) при выщелачивании. Общие сведения о выщелачивании урана скважинами. Физико-механическая характеристика золота. Скважинное подземное выщелачивание урана. Схема размещения технологического оборудования при подземном выщелачивании урана. Подземное выщелачивание меди. Принципиальная технологическая схема скважинной гидродобычи (СГД). Оборудование размыва при СГД, схемы размыва. Системы разработки при СГД. Оборудование подъема пульпы при СГД.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация

№3 «Открытые горные работы»

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Кокунин Р.В., к.т.н.
Кокунина Л.В., к.т.н.

Екатеринбург
2019

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ПЭВМ РАЗВЕРНУТЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	5
2. ВЫБОР И РАСЧЕТ КАМНЕРЕЗНЫХ МАШИН И СТРОЧЕЧНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДОБЫЧИ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ	6
3. ВЫБОР И РАСЧЕТ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА КАРЬЕРАХ ДЛЯ ДОБЫЧИ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ	16
4. ВЫБОР И РАСЧЕТ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ	22
5. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОГО РЫХЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД БУЛЬДОЗЕРНО-РЫХЛИТЕЛЬНЫМИ АГРЕГАТАМИ	24
6. МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ВЫБОРА БУЛЬДОЗЕРОВ	27
Список литературы	30
Приложения	31

В В Е Д Е Н И Е

Методические указания к практическим занятиям разработаны на основании рабочей программы дисциплины "Добыча строительных горных пород" для студентов специализации "Открытая разработка месторождений " специальности 09.05 "Открытые горные работы". Практические занятия проводятся на 7 семестре.

Указания составлены по первой части курса - добыче строительных горных пород.

Основная цель практических занятий заключается в освоении студентами практических навыков в расчете технологического оборудования для карьеров по добыче нерудных материалов и блоков природных облицовочных камней с учетом особенностей разработки месторождений данного типа.

При выполнении практических работ предусмотрено широкое ознакомление студентов со специальной литературой. В связи с этим значительная часть справочных данных не приводится в методических указаниях, а даются ссылки на первоисточник.

В процессе выполнения практических работ студент должен закрепить лекционный материал по основным разделам курса, освоить методы расчета технологического оборудования, применяемого для добычи строительных горных пород, используя их при проектировании карьеров и подготовке календарных планов развития горных работ.

Отдельные специальные вопросы, не достаточно полно освещенные в литературе разработаны более подробно в настоящих методических указаниях. Некоторые сложные расчеты предполагается выполнить на индивидуальных занятиях.

1. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ПЭВМ РАЗВЕРНУТЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы - изучение методики расчета и построения на ЭВМ развернутых технологических характеристик производительности оборудования или конкретного технологического процесса для широкого диапазона горных пород.

1.1. Исходные данные:

а) заданный вид технологического оборудования для добычи и обработки природного камня или технологический процесс (Приложение 1);

б) закономерность изменения производительности оборудования (скорости резания, бурения и т.д) или технологической операции, полученная на основе данных заводских испытаний, справочных и фактических данных для горных пород, различающихся по прочности, коэффициенту крепости или другим технологическим показателям (Приложение 2,3,4).

1.2. Инструменты и принадлежности: персональная ЭВМ IBM с операционной системой MS-DOS, прикладная программа Суперкалк-4, бумага для принтера, тетрадь для лабораторных работ.

1.3. Литература используемая для работы: [1], [2], [4], [5], [6], [8].

1.4. Порядок выполнения работы:

1.4.1. Изучить прикладную программу Супер-кали-4 в части составления электронных таблиц и построения графических зависимостей типа X-Y.

1.4.2. Составить базу данных для указанного в приложении технологического оборудования или определенной операции, воспользовавшись известными справочными данными. Построить график в координатах X-Y, выполнить поясняющие надписи.

1.4.3. Ввести переменные X и Y, наименование осей координат, основной и вспомогательный заголовки, метки точек, тип линейного графика X-Y, проверить правильность выполненных операций на экране дисплея, на котором должно появляться изображение при нажатии клавиши F10.

1.4.4. Составить аналогичные базы данных для 2х,-3х подобных машин или операций, воспользовавшись полученной ранее зависимостью на основе одного фиксированного значения показателей.

1.4.5. Скорректировать данные для построения совмещенных графиков по всем машинам или технологическим операциям. Переменную X сделать общей для всех графиков так, чтобы она охватывала диапазоны значений каждой машины. Повторно ввести данные в порядке, указанном в п. 1.4.3.

1.4.6. Проверить правильность выполненных операций по изображению графиков на экране дисплея. В случае необходимости внести корректировки.

Распечатать совмещенные графики на принтере.

1.5. Форма отчетности: содержание работы и выполняемых операций занести в тетрадь, приложить графики, выполненные на ПЭВМ.

2. ВЫБОР И РАСЧЕТ КАМНЕРЕЗНЫХ МАШИН И СТРОЧЕЧНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДОБЫЧИ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Цель работы - изучение методики выбора и расчета основного камнедобывающего оборудования - камнерезных машин и строчечных буровых установок.

2.1. Исходные данные приведены в Приложении 8.

2.2. Инструменты и принадлежности: чертежный инструмент, микрокалькулятор, тетрадь для лабораторных работ.

2.3. Литература, используемая для работы: [6], [7], [8], [9], [13].

2.4. Порядок выполнения работы:

2.4.1. Выбор типа основного технологического оборудования производится на основе анализа геологических данных месторождения и технических характеристик конкретных машин, которые можно применить для данного способа добычи блочного камня. К установке принимается машина с лучшей технической характеристикой [6], [7] и [8].

2.4.2. Расчет производительности основного технологического оборудования на добыче камня.

Следует иметь в виду, что производительность основного оборудования в большинстве случаев не равна производительности добычного способа, т.к. способ суммирует в себе выполнение нескольких операций. Производительность технологического оборудования следует рассчитывать пооперационно по своей технологической характеристике (рис. 2.1 - 2.5) в интервале прочности горных пород для каждого вида работ или принимать по справочным данным [6],[8],[12],[13].

Для камнерезных машин с кольцевой фрезой производительность рассчитывается отдельно для продольного и поперечного резания, для канатных пил и баровых машин раздельно рассчитывается производительность для вертикального и горизонтального резания.

Годовая производительность камнерезных машин всех типов рассчитывается по формуле:

$$Qм\ год = Qр\ час \cdot Тг \cdot Кк^{к}\ , м2/год\ , \qquad (2.1)$$

где, Qр час - часовая производительность резания камнерезной машины, м2/час; для каждого вида резания раздельно определяется по технической или технологической характеристике машины (Рис. 2.3- 2.5);

Тг - годовой фонд рабочего времени машины, час (Приложение 5);

Кк - коэфф-т использования рабочего времени камнерезной машины (Приложение 5).

Годовая производительность буровых установок или ручного бурения определяется по выражению:

$$Qм\ год = Qб\ час \cdot Тг \cdot Кб^{б}\ , м/год\ , \qquad (2.2)$$

где, Qб час - часовая производительность бурения, м; определяется по технологической характеристике в интервале прочности горных пород месторождения (рис. 2.1 -2.2), Кб - коэффициент использования буровой установки (Приложение 5).

Для буровых работ рассчитывается раздельно производительность вертикального и горизонтального бурения.

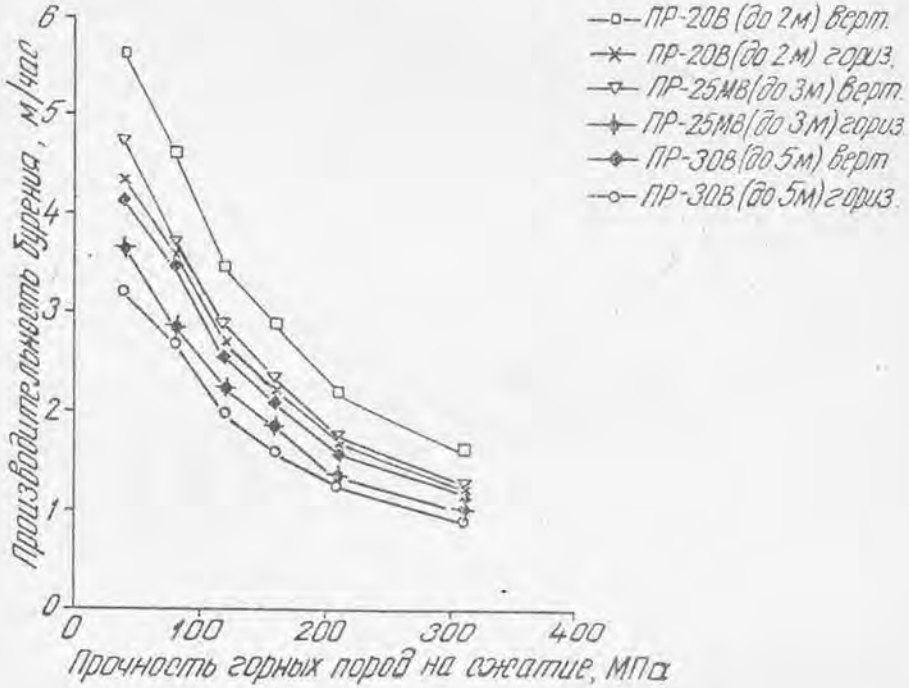


Рис. 2.1 Производительность ручного бурения перфораторами

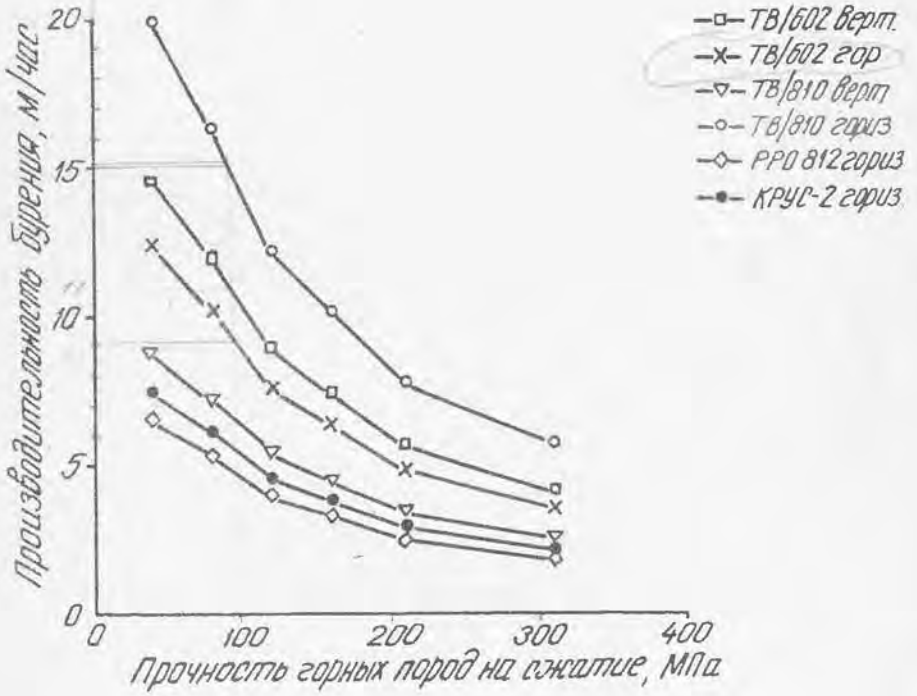


Рис. 2.2. Производительность бурения строчечными установками

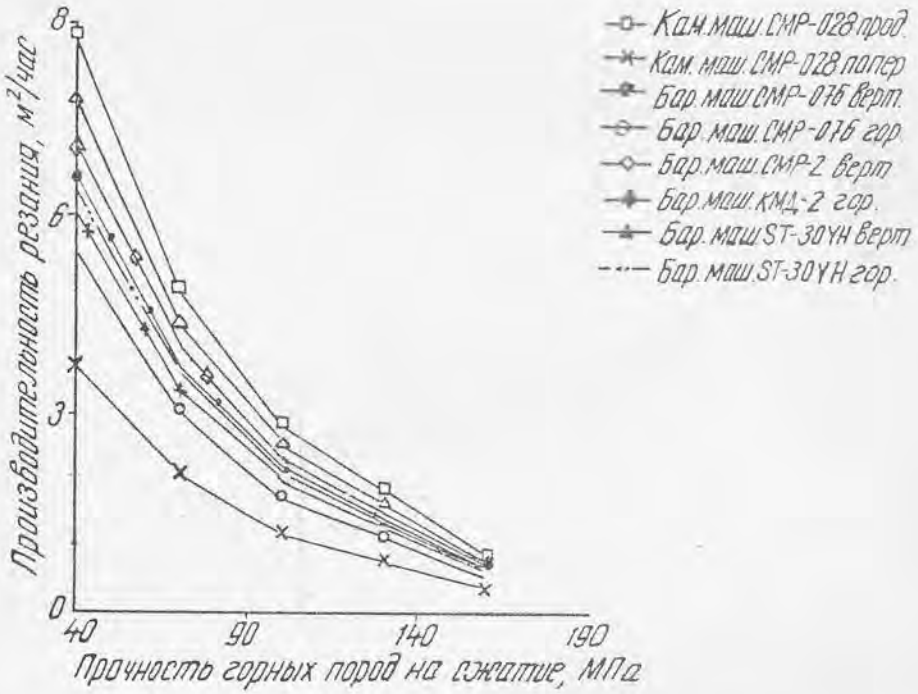


Рис. 2.3 Производительность камнерезных машин с кольцевой фрезой и баровых машин с твердосплавными резцами

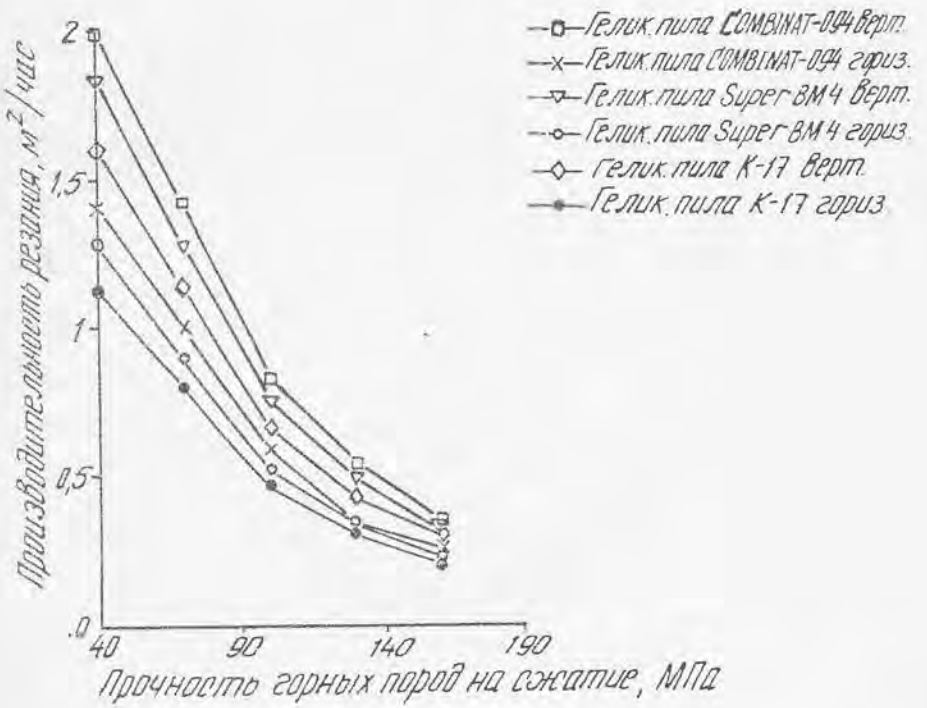


Рис. 2.4 Производительность геликоидальных канатных пил

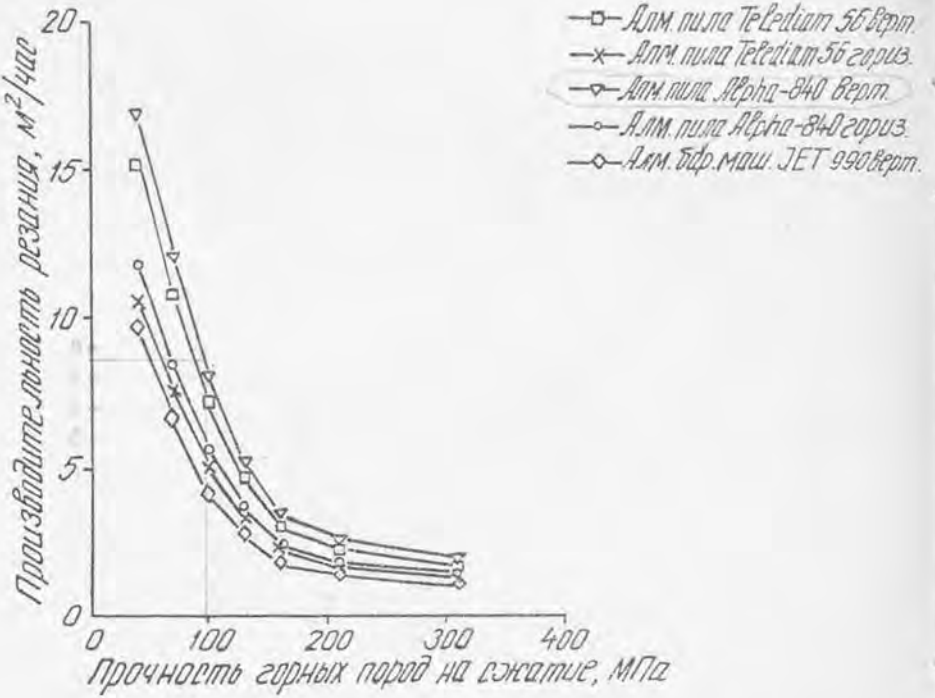


Рис. 2.5. Производительность канатных пил и баровых машин с алмазным режущим органом

2.4.3. Потребность в основном технологическом оборудовании для выполнения отдельных операций определяется по формуле:

$$N_{сп} = \frac{K_р \cdot Q_{км\ год} \cdot q}{Q_{м\ год}}, \text{ шт}, \qquad (2.6)$$

где, $K_р$ – коэффициент резерва, учитывающий неравномерность работы оборудования в течение года; $K_р = 1,1...1,15$;

$Q_{км\ год}$ - годовая производительность карьера по горной массе, добываемой данным способом, м³ год, $Q_{км}=Q_м/K_в$;

q – удельный расход резания или бурения на 1 м3 добытой горной массы, м²/м3 или м/м3 (1/м или 1/м²).

$Q_м$ - производительность карьера по блокам м³/год; (приложение 6)

$K_в$ - коэффициент выхода блоков из горной массы (Приложение 6).

2.4.4. Удельный расход резания или бурения определяется на основе карты технологического процесса как на операции отделения монолита от массива, так и на операциях разделки монолита на блоки по выражениям [8]:

а) для камнерезных машин с использованием фрез

- на продольном вертикальном и горизонтальном резании

$$q_{км} = \frac{B_г + B_б}{B_б \cdot B_г}, \text{ 1/м}, \qquad (2.7)$$

- на поперечном резании

$$q_{км} = 1/B_б, \text{ 1/м} \qquad (2.8)$$

б) для канатных пил и баровых машин

- на вертикальном резании

$$q_{кп} = \frac{L_м - B_м}{L_м \cdot B_м}, \text{ 1/м}, \qquad (2.9)$$

- на горизонтальном резании

$$q_{кп} = 1/H_у, \text{ 1/м}; \qquad (2.7)$$

в) для буровых установок и ручного бурения

- в вертикальной плоскости

$$q_{б}^{в} = \frac{L_{ш}(L_{м} + B_{м})}{b \cdot H_{у} \cdot B_{м} \cdot L_{м}}, \ 1/м2, \qquad (2.8)$$

- в горизонтальной плоскости

$$q_{б}^{г} = \frac{L_{ш}}{b \cdot H_{у} \cdot B_{м}}, \ 1/м2; \qquad (2.9)$$

где, Нб, Вб и Lб - высота, ширина и длина блока, м;

Ну - высота уступа, м;

Вм и Lм - ширина и длина монолита, м;

Lш - длина шпуров или скважин, м;

b - шаг бурения, м; на эксплуатирующимся карьерах определяется экспериментально.

Параметры Нб, Вб, Lб, Ну, Вм и Lм принять самостоятельно исходя из типа оборудования и условий залегания пород и размеров отделяемого монолита (приложение 5).

При отсутствии данных шаг бурения определяется по выражению [9]:

$$b = \frac{So}{K_{чк} \cdot L_{ш}} + d_{ш}, \ м, \qquad (2.11)$$

где, So - площадь откола, приходящаяся на один клин, м2; значения So для случаев раскола по слоистости и поперек приведены на графике (рис. 2.6);

Кчк - коэффициент, учитывающий частоту установки клиньев; при установке клиньев в соседних шпурах Кчк = 1, через шпур Кчк = 2, через два шпура К чк = 3;

dш - диаметр шпура (скважины), м.

2.4.5. Полная потребность в оборудовании определяется сложением потребностей по операциям (при использовании для различных целей однотипного оборудования) и округлением до целого большего числа:

$$N_{общ} = N_{оп_1} + N_{оп_2}, \ шт. \qquad (2.12)$$

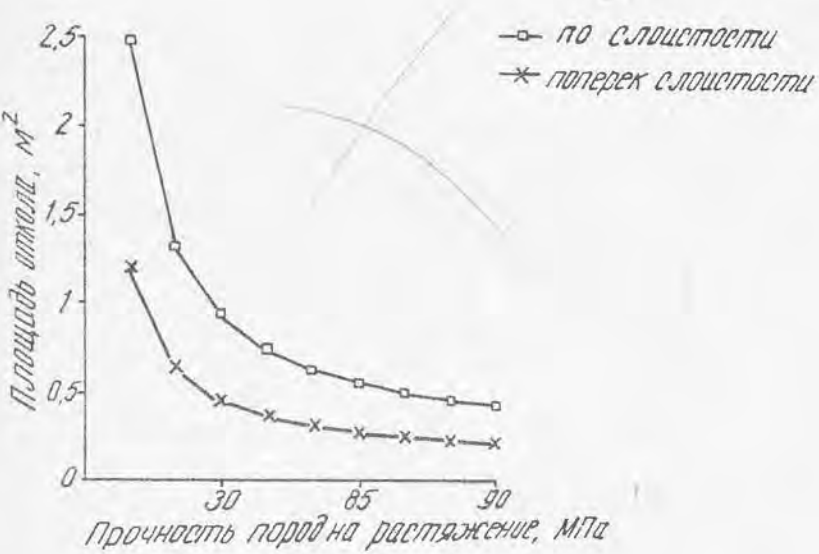


Рис. 2.6. Зависимость площади откола от прочности пород на растяжение

2.4.6. Занести в тетрадь все расчеты и графические зависимости (рис. 2.1-2.6) с указанием рабочих точек.

2.5. Форма отчетности. Текст работы, расчетные формулы, результаты расчетов и графики заносятся в тетрадь и представляются преподавателю.

3. ВЫБОР И РАСЧЕТ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА КАРЬЕРАХ ДЛЯ ДОБЫЧИ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Цель работы - изучение методики выбора и расчета подъемно-транспортных машин - кранов, погрузчиков, тяговых лебедок, применяемых на карьерах для добычи блоков природного камня.

3.1. Исходные данные приведены в Приложении.

3.2. Инструменты и принадлежности: чертежный инструмент, микрокалькулятор, тетрадь для лабораторных работ.

3.3. Литература, используемая для работы: [10], [11].

3.4. Порядок выполнения работы:

3.4.1. Определяется тип подъемно-транспортных машин в зависимости от способа добычи блоков, принимаемого уровня механизации подъемно-транспортных работ и объемов погрузочных работ. При углубочной схеме развития карьера используются стационарные краны. Наибольшее распространение получили жестконогие мачтово-стреловые краны - "деррик-краны". На карьерах с широтной схемой развития целесообразно применение передвижных стреловых кранов, в том числе и экскаваторов в крановом исполнении. При небольших объемах погрузки применяются мощные погрузочно-транспортные машины. Технические данные по деррик-кранам приведены в Приложении 6, по остальным кранам - в работе [10], по погрузочно-транспортным машинам - в работе [11]. От типа грузоподъемной машины зависит один из технологических параметров карьера - расстояние между соседними транспортными площадками.

Если кран имеет небольшую длину стрелы и грузоподъемность, то каждая рабочая площадка должна быть транспортной. Это в значительной степени усложняет транспортную схему карьера.

3.4.2. Грузоподемность крана Gкр подбирается по наибольшему весу поднимаемого груза Gгр. Обычно - это вес наибольшего блока, получаемого на карьере. В отдельных случаях за основу принимается вес камнерезной или погрузочно-транспортной машины, переставляемой с одного уступа на другой. В любом случае должно соблюдаться соотношение

$$Gкр > Gгр. \qquad (3.1)$$

Для стреловых кранов грузоподъемность принимается при рабочем вылете стрелы, поэтому при выборе крана следует проверять его грузоподъемность не только на максимальном вылете стрелы, но и на данном вылете, используя график грузоподъемности крана или следующую зависимость:

$$Gкр = \frac{g \cdot Lmax}{L}, \qquad (3.2)$$

где g - грузоподъемность стрелового крана на наибольшем вылете стрелы, т;

Lmax - наибольший вылет стрелы, м;

L - заданный вылет стрелы, м, принять в расчетах L=15м.

3.4.3. Эксплуатационная производительность грузоподъемной машины определяется по формуле:

$$Qч экс = 60 Gкр \cdot Кг \cdot Кв / Тц, \text{ т/час}, \qquad (3.3)$$

где, Кг - коэффициент использования крана по грузоподъемности, Кг = 0,3-0,75. Для определения коэф-та Кг следует весь поднимаемый груз разбить на категории: крупные блоки, мелкие блоки и окол, штуф, штучный груз и т.д. После этого вычисляется средний вес груза, поднимаемого за один подъем. Значение коэф-та определяется делением среднего веса груза на максимальную грузоподъемность крана.

Кв - коэффициент использования крана по времени: Кв=0,35-0,5;

Тц - продолжительность цикла в мин.;

$$Тц = Тмаш + Тпр + Туст + Тотц \text{ , мин,} \qquad (3.4)$$

где, Тмаш - машинное время цикла, мин; определяется исходя из длины пути и скорости перемещения крана и стрелы при повороте, подъеме и опускании груза:

$$Тмаш = \frac{Sг}{Vг} + \frac{Sв}{Vг} \text{ , мин,} \qquad (3.5)$$

где, Sг и Sв - пути перемещения груза по горизонтали и вертикали, м; для горизонтального перемещения длина пути считается по пробегу грузовой платформы [10];

Vг и Vв - скорости перемещения груза по горизонтали и вертикали, м/мин, берутся по технической характеристике крана [10];

Тпр, Туст и Тотц - время на прицепку, установку и отцепку груза; для блоков можно приближенно принять: Тпр = 5-7мин, Туст = 2 мин и Тотц = 1 мин.

3.4.4. Расчет и выбор одноковшовых погрузчиков. Основное назначение этих погрузчиков - механизация процесса уборки сильно трещиноватой горной массы, погрузка которой краном невозможна, уборка штыба, получающегося в результате выпиливания блоков из массива. При небольших объемах погрузки блоков так же целесообразно применение погрузчиков. В этом случае ковш погрузчика заменяется на вилочные захваты. Для уборки трещиноватой горной массы применяются мощные погрузчики с ковшом емкостью 4 - 8 м3, а для уборки штыба - 0,85-2 м3. Технические данные советских погрузчиков приведены в работах [10] и [11].

Эксплуатационная производительность одноковшового погрузчика определяется по формуле:

$$Qч\ экс = 3600 \cdot Кв \cdot Кн \cdot V_п / Тц \text{ , м3/час,} \qquad (3.6)$$

где Кв - коэффициент использования погрузчика во времени; Кв=0,3-0,4;

Кн - коэффициент наполнения ковша Кн=0,5-1,25;

V - геометрическая емкость ковша или средний объем транспортируемых блоков, м3;

Тц - время цикла, сек.

Время цикла определяется по формуле

$$T_{ц} = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5+t_6}{60}, \qquad (3.7)$$

где t_1 - время наполнения ковша или захвата блока, сек;

t_2 - время запрокидывания ковша, сек; t_2=8-6 сек.;

t_3 - время перемещения к месту разгрузки, сек, t_3=16-17 сек.;

t_4 - время разгрузки ковша или снятия с захватов блока, сек;

t_5 - время возвращения в исходный пункт с опусканием ковша, сек, t_5=8-12 сек.;

t_6 - время переключения рычагов, t_6=2 сек..

Время захвата блока погрузчиком t_1 =30 сек, время снятия блока с захватов при разгрузке на почве t_4 = 10 сек, а при погрузке в автотранспорт t_4 = 30 сек.

3.4.5. Потребное количество кранов или погрузчиков

$$N_{кр} = \frac{K_н \cdot Q'_{год}}{Q_{час} \cdot T_г}, \text{шт}, \qquad (3.8)$$

где, $K_н$ - коэффициент неравномерности отгрузки блоков; $K_н$=1,2;

$Q'_{год}$ - объем горной массы, отгружаемой в течение года с использованием кранов или погрузчиков, м3/год;

$T_г$ - годовой фонд работы крана, час.

3.5 Форма отчетности. Текст работы, расчетные формулы, результаты расчетов заносятся в тетрадь и предоставляются преподавателю.

4. ВЫБОР И РАСЧЕТ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Цель работы - изучение методики выбора и расчета вспомогательного камнедобывающего оборудования.

4.1. Исходные данные приведены в приложении.

4.2. Инструменты и принадлежности: чертежный инструмент, микрокалькулятор, тетрадь для лабораторных работ.

4.3. Литература, используемая для работы: [6], [8], [9], [11], [12], [13].

4.4. Порядок выполнения работы:

4.4.1. Определяется набор вспомогательного технологического оборудования. Он зависит от способа добычи блоков и принимаемого уровня механизации вспомогательных работ. К вспомогательному оборудованию относятся: специальные буровые установки, гидродомкраты, гидроклиновые установки.

4.4.2. Выбор специальных буровых установок. Специальные буровые установки применяются в комплекте с гешикоидальными и алмазными канатными пилами. В первом случае пробуренные скважины используются для установки в них проникающих систем, а во втором - для завода в рез алмазного каната в начале резания.

Годовая производительность буровых установок определяется по выражению:

$$Q_{б\ год} = Q_{б\ час} \cdot T_г \cdot K_б \text{ , м/год} , \qquad (4.1)$$

где $Q_{б\ час}$ - часовая производительность бурения, м: определяется по технологической характеристике в интервале прочности горных пород месторождения (рис. 4.1).

$K_б$ - коэфф-т использования буровой установки, $K_б$=0.3;

Для буровых работ рассчитывается раздельно производительность вертикального и горизонтального бурения.

Тип и количество машин определяется исходя из общей потребности в бурении по технологической карте и технических данных буровых установок [6], [8], [12].

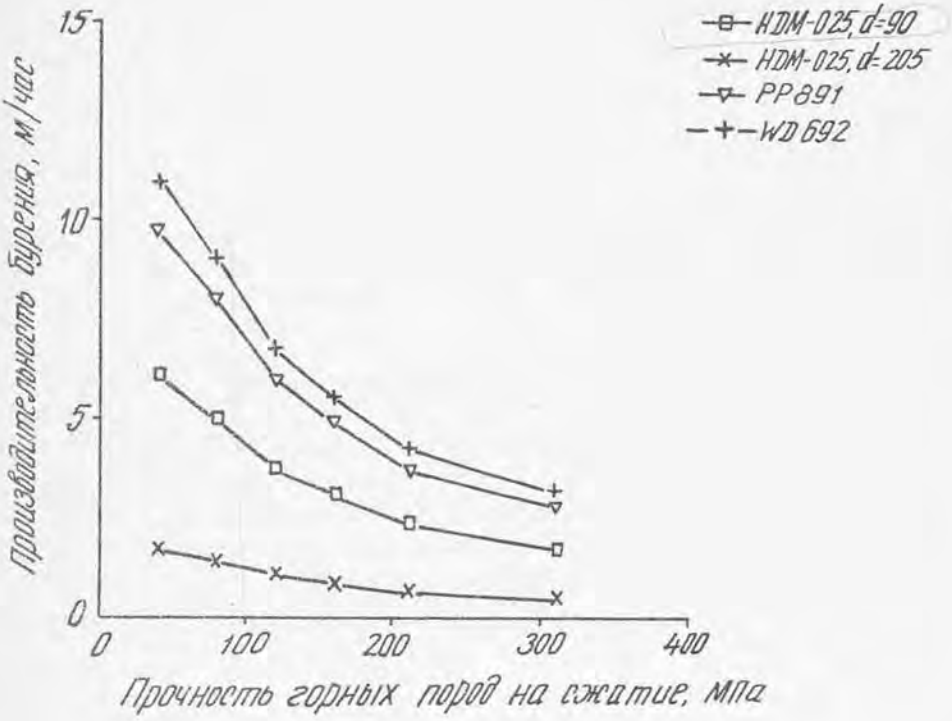


Рис.4.1 Зависимость производительности буровых установок от прочности горных пород

4.4.2. Расчет оборудования для опрокидывания монолита, отделенного от массива.

Опрокидывание монолита может производиться двумя способами: с помощью мощных тягачей или специальными гидравлическими домкратами. Иногда применяются комбинации из этих способов, а также применяются пневматические подушки.

Из предельного условия равновесия системы, находящейся под воздействием внешнего усилия F, приложенного в верхней части монолита высотой Ну, шириной Вм и весом Р получаем величину необходимого опрокидного усилия:

$$F \geq \frac{k \cdot P \cdot B_м}{2 \cdot H_у}, \text{ кг}, \qquad (4.2)$$

где k - коэффициент запаса, учитывающий трение монолита о массив; k=1,1 ÷ 1,2.

Тяговое усилие тягача или грузоподъемность гидравлических домкратов должны быть не ниже расчетного опрокидного усилия [6], [11], [12].

Отечественная промышленность гидродомкратов для этих целей не выпускает. К установке следует принимать гидродомкраты фирмы Бенетти Impiardo mod. 166 модификаций 166/1 и 166/2 грузоподъемностью 147 тонн и 166/3 грузоподъемностью 80 тонн или фирмы Пел- . тонн типа Titano грузоподъемностью 150 тонн.

Расчетное количество гидродомкратов определяется по выражению [37]:

$$N_{гд} = \frac{Q_{к\ год} \cdot K_н}{V_м \cdot T_{гд} \cdot N_{оп}}, \text{ шт}, \qquad (4.3)$$

где, $Q_{к\ год}$ - годовой объем горной массы, добываемой с использованием гидродомкратов, м3/год;

$K_н$ - коэффициент неравномерности работы гидродомкратов; $K_н = 1,1 \div 1,2$;

$V_м$ - средний объем монолита, отделяемого от массива;

$T_{гд}$ - годовой фонд работы гидродомкратов в днях; $T_{гд}$ = 250 дней;

Nоп – число опрокидываний в день; ввиду повышенной опасности работ опрокидывание монолитов производится только в светлое время суток, поэтому Nоп = 3 ÷ 4.

4.4.4. Расчет гидроклиновых устройств для раскола горных пород по линии бурения.

Расчетное число гидроклиньев по линии раскола определяется по выражению [8]:

$$n = \frac{100\,\sigma_p L_ш L_ш (1 - d/b)}{F_г K_{нр}} \qquad (4.4)$$

где, σ_p - прочность горной породы на растяжение, кг/см^2;

$L_ш$ - длина шпура (или высота раскалываемого монолита), м;

$L_р$ - длина линии раскола,м;

D - диаметр шпура,м;

b - шаг бурения.м;

$K_{нр}$- коэффициент, учитывающий текстуру горной породы и направление плоскости раскола к слоистости; для массивных пород $K_{нр}$=1; для слоистых рассчитывается по выражению $K_{нр} = (0{,}75+\cos\alpha)$;

α - угол падения слоистости.

$F_г$ - оптимальное разрывное усилие на один гидроклин гидроустановки; тонн

К установке могут приниматься гидроклиновые установки отечественного производства или импортные, данные по которым приведены в работе [8]. Кроме того, можно принять гидроклиновые установки фирмы Бенетти mod. Fluospek 186 с разрывным усилием одного гидроклина 295 т или mod. Fluospek 188 с усилием 270 т. Каждая установка оснащена шестью гидродомкратами [6].

4.4.5. Занести в тетрадь все расчеты и графические зависимости (рис. 4.1) с указанием рабочих точек.

4.5. Форма отчетности. Текст работы, расчетные формулы, результаты расчетов и графики заносятся в тетрадь и предоставляются преподавателю.

5. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОГО РЫХЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД БУЛЬДОЗЕРНО-РЫХЛИТЕЛЬНЫМИ АГРЕГАТАМИ

Цель работы - изучение методики расчета и выбора бульдозерно-рыхлительных агрегатов для механического рыхления горных пород.

5.1. Исходные данные приведены в Приложении.

5.2. Инструменты и принадлежности: чертежный инструмент, тетрадь для лабораторных работ.

5.3. Литература, используемая для работы: [10], [11],.

5.4. Порядок выполнения работы:

5.4.1. Определяется необходимое расчетное усилие на крюке бульдозерно-рыхлительного агрегата:

$$F_{кр\ р} = 10^{-2} \cdot Кн \cdot n \cdot Кец \cdot hр \cdot bпр \ , кН, \qquad (5.1)$$

где, Кн - коэффициент, учитывающий неравномерность сцепления горных пород, Кн=1,1-1,3;

n - количество зубьев рыхлителя;

Кец - средняя величина сцепления горных пород.

Принимается с учетом коэффициента структурного ослабления :

$$Кец = \lambda \cdot Кецо \ , кг/см2, \qquad (5.2)$$

где, λ - коэффициент структурного ослабления горной породы в массиве (Приложение 5);

Кецо - коэффициент сцепления в образце горной породы, МПа (Приложение 5);

hр - глубина рыхления, см. Для рыхлителей класса до 250 квт глубина рыхления принимается в пределах от 10 до 70 см;

bпр - приведенная ширина зуба рыхлителя, см. Для рыхлителей среднего класса bпр - 11 см.

5.4.2.По полученному значению усилия на крюке выбирается соответствующая модель бульдозерно-рыхлительного агрегата[10], [11].При этом следует иметь в виду,что расчетное усилие на крюке машины должно находится в пределах области эффективного использования мощности машины в режиме рыхления Модель рыхлителя выбирается по значению тягового усилия по кривым мощности в пологих частях характеристик вблизи ее максимума (Рис.5.1).

5.4.3.Зарисовать в рабочую тетрадь тяговую характеристику бульдозерно-рыхлительного агрегата.Определить по ней техническую скорость агрегата Vр в режиме рыхления.В случае,если расчетное усилие на крюке выходит за пределы области эффективного использования мощности машины,следует изменить глубину рыхления и выполнить расчет усилия заново.

5.4.4.Рассчитать оптимальное расстояние между соседними проходами рыхлителя

$$C = 0{,}95 \cdot hp \cdot ctg\varphi + bн \text{ ,м ,} \qquad (5.3)$$

где, φ - угол наклона боковых стенок прорези;для выветрелых,сильно трещиноватых пород он составляет 31-36 град.,для глин и суглинков - 23-25 град.,для почвенно-растительного слоя с глиной - 18-22 градусов;

bн - ширина наконечника в нижней части сечения,м; в расчетах принять bн = 1,5bпр.

5.4.5.Определить производительность бульдозерно-рыхлительного агрегата на операции рыхления

а)при параллельных проходах

$$Qp = \frac{3600 \cdot C \cdot hp \cdot Киг \cdot Кир \cdot n}{1/Vp + 1/Vxx + t1/L_1}, \text{ м3/час,} \qquad (5.4)$$

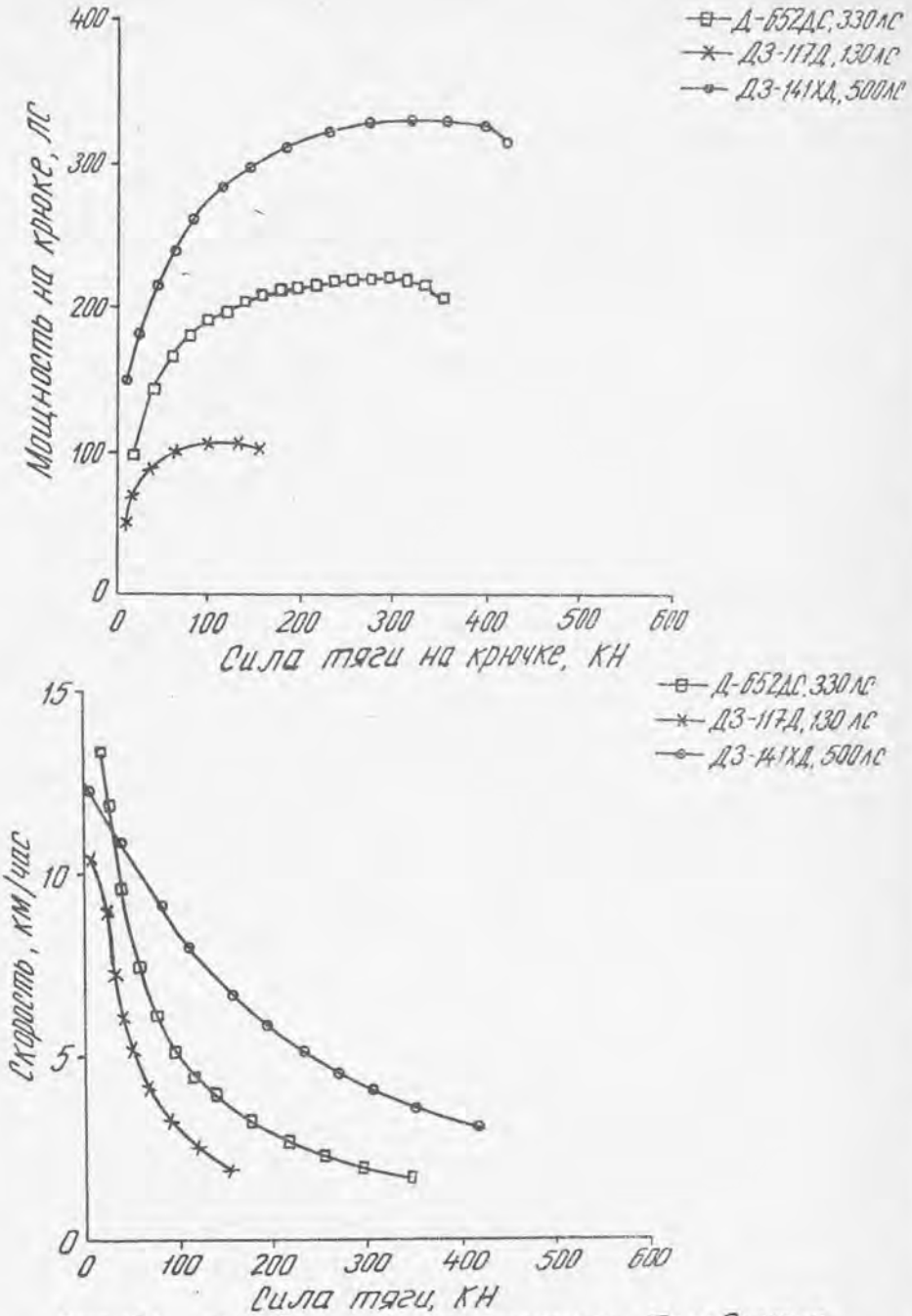


Рис. 5.1 Тяговые характеристики бульдозерно-рыхлительных агрегатов

б)при параллельно-перекрестных проходах

$$Qp' = \frac{3600 \cdot C \cdot hp \cdot Киг \cdot Кир \cdot n}{2(1/Vp+1/Vxx)+t_1(1/L_1+1/L_1')}, м3/час, \quad (5.5)$$

где, Vp - скорость рыхления, м/сек.; принимается по тяговой характеристике бульдозерно-рыхлительного агрегата;

Киг - коэффициент использования глубины рыхления; при параллельных проходах Киг=0,52-0,70, при параллельно-перекрестных проходах Киг=0,65-0,80;

Кир - коэффициент использования рыхлителя; Кир=0,7-0,8;

Vxx - скорость холостого хода агрегата м/с; Vxx= 2,2-2,4 м/с;

t_1 - время переезда рыхлителя на следующую борозду, сек; t_1=30-60 с;

L_1 и L_1' - соответственно, длина параллельного и перекрестного реза, м.

При работе агрегата по челночной схеме без холостых перегонов выражение 1/Vxx в формулах (5.4) и (5.5) опускается.

5.4.6. Определить фактическую производительность агрегата с учетом времени на бульдозерные работы. Принять в расчете, что агрегат занят на бульдозировании горной породы 30% рабочего времени машины.

5.5. Форма отчетности. Все расчетные формулы и результаты расчетов заносятся в тетрадь по практическим работам и представляются преподавателю.

6. МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ВЫБОРА БУЛЬДОЗЕРОВ

Цель работы - изучение методики расчета и выбора бульдозеров при разработке с перемещением пород для последующей погрузки.

6.1. Исходные данные приведены в приложении 5.

6.2.Инструменты и принадлежности:чертежный инструмент, тетрадь для лабораторных работ.

6.3.Литература,используемая для работы: [3].

6.4.Порядок выполнения работы:

6.4.1.Определяется продолжительность одного цикла бульдозирования

$$Tц = L_1/V_1 + L_2/V_2 + (L_1 + L_2):Vз + tп + 2tр, \text{ сек}, \quad (6.1)$$

где, L_1 - длина пути резания грунта,м;
V_1 - скорость перемещения бульдозера при резании пород,м/с;
L_2 - расстояние транспортирования породы,м;
V_2 - скорость движения бульдозера с горной породой,м/с;
Vз - скорость холостого хода,м/с;
tп - время переключения скоростей,с;
tр - время одного разворота трактора,с;t=10 сек.

6.4.2.Принять необходимые расчетные элементы Тц по нормам технологического проектирования [3] и приложению 5.

6.4.3.Определить часовую производительность бульдозера в плотном теле при разработке грунта с перемещением:

$$Пс = 3600 \cdot V \cdot Ку \cdot Ко \cdot Кп \cdot Кв / (Кр \cdot Тц), м3. \quad (6.2)$$

где, V - объем грунта в разрыхленном состоянии,перемещаемый отвалом бульдозера:

$$V = Lот \cdot h_{от} \cdot a / 2, м3. \quad (6.3)$$

где, Lот - длина отвала бульдозера,м;
$h_{от}$ - высота отвала бульдозера,м;
a - ширина призмы перемещаемого грунта:

$$a = h / tg\varphi, м, \quad (6.4)$$

где, φ - угол естественного откоса грунта (30-40 градусов);
Ку - коэфф-т,учитывающий уклон на участке работы бульдозера:

Уклон,%	0	+10	+20	> 20	-10	-20 и >
Значения Ку	1,0	0,95	0,8	0,6	1,1	1,3

где, Ко - коэффициент,учитывающий увеличение производительности при работе бульдозера с открылками (отвал ящичного типа);Ко=1,15;
Кп - коэффициент, учитывающий потери породы в процессе ее перемещения; Кп =1- βL_1; β = 0,008÷0,004;большие значения для рыхлых сухих пород;
Кв - коэффициент, учитывающий использование бульдозера во времени;Кв = 0.8; при перемещении взорванной скальной горной массы Кв = 0,75;
Кр - коэффициент разрыхления грунта принимается по нормам технологического проектирования [3] табл.IV.1.

6.4.4.Определить производительность бульдозера при использовании его только на планировочных работах:

$$Ппл = 3600 \cdot Tсм L_1 (Lот \cdot Sin\alpha - c) Кв / [n(L_1 / V + tp)], м2/см, \quad (6.5)$$

где, L_1 - длина планируемого участка,м,(Приложение 5);
α - угол установки отвала бульдозера к направлению его движения, α = 90 град;
с - ширина перекрытия смежных проходов,м;с = 0,3-0,5 м;
n - число проходов бульдозера по одному месту; n = 1÷2;
V - средняя скорость движения бульдозера при планировке,м/с, соответствующая обычно первой или второй передаче трактора, V = 2,2-2,4 м/сек.

6.5.Форма отчетности.Все расчетные формулы и результаты расчетов заносятся в тетрадь по практическим работам и представляются преподавателю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Добыча и обработка природного камня:Справочник/Под общей ред.А.Г.Смирнова -М.:Недра,1990.

2.Нормы технологического проектирования предприятий промышленности по добыче и обработке облицовочных материалов из природного камня.Вторая редакция.-Л.:Союзгипронеруд,1976.

3.Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов.-Л.:Стройиздат,1977.

4.Дойл У.Табличный процессор Суперкалк для персонального компьютера:Пер.с англ.-М.:Финансы и статистика,1987.-320с.

5.Справочник по добыче и переработке нерудных строительных материалов./Под ред.В.Я.Валюжанича.-Л.:Стройиздат,1975.

6.Технические характеристики технологического оборудования для добычи блоков.:Рекламный каталог.-Италия,Каррара, фирма "Бенеттимаккине",1990.- 50 с.

7.Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Добыча строительных горных пород","Расчет технологических процессов на добыче блочного камня" для студентов специализации "Открытая разработка месторождений"-Екатеринбург,УГИ,каф.РМОС,1992г.

8.Оборудование для добычи и обработки природного камня:каталог -М.:Объединение "Машмир",1993.

9.Гидроклиновые устройства для разработки горных пород и пути их усовершенствования:Обзорная информация /Гайдуков Э.Э.-М.:ЦНИИТЭстроймаш,1985.

10.Строительные машины и оборудование:Справочник для строительных специальностей вузов и инженерно-технических работников. -М.: Высшая школа,1991.- 456 с.

11.Технологическое оборудование на карьерах:Справочник/Под общей ред.В.С.Виноградова.-М.:Недра,1981.

12.Технические характеристики технологического оборудования фирмы "Пеллегрини":Рекламный каталог.-Италия,Верона, фирма "Пеллегрини" 1990.- 80 с.

13.Оборудование для добычи и обработки природного камня:Отраслевой каталог-Бадумян К.Л.,Барсегян Э.Е.и Мсрян Ф.А.:ЦНИИТЭстроймаш, 1987.

Приложение 1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕРНУТЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМНЕРЕЗНЫХ И БУРОВЫХ МАШИН

Показатели	Варианты			
	1	2	3	4
Базовый аналог для закономерности изменения производительности	Камнерезная машина с кольцевой фрезой (приложение 2)		Перфораторное бурение шпуров [2] табл.14	Станок БМК-4М [5] табл.37
Типы и марки машин которых строятся характеристики	Баровые камнерезные пилы КМХ-2,ST-30VH, CMP-076,JET BELT 990. (приложение 3)	Канатные пилы CMP-083,Alpha840, TL920,BETA 870. (приложение 4)	Строчечные буровые установки ТВ-602,ТВ-610, ТВ-611.[6]	Буровые станки PP691,HDM025, WD692.[6]

Приложение 2

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАМНЕРЕЗНОЙ МАШИНЫ СМР-028А ОТ ПРОЧНОСТИ ГОРНОЙ ПОРОДЫ

Прочность горных пород на сжатие, МПа	400	600	800	1000	1200
Производительность камнерезной машины, м2/час (2 фрезы)	3,85	2,7	1,7	1,1	0,6

На поперечном резании следует применять поправочный коэфициент К = 0,45

Приложение 3

Технические характеристики баровых камнерезных машин

Показатели	Типы машин			
	КМХ-2	ST-30VH	CMP-076	JET BELT 990
Мощность привода, квт	39,2	25,0	25,5	55,0
Производительность, м2/ч				
при прочности 70 МПа			4,6	
100 МПа				4-5,6
160 МПа			1,5	
Тип режущего органа	Цепь с твердосплавными резцами			Алмазная лента
Глубина пропила, м				
-вертик.рез	2-3,0	2-3,0	2,04	1,7-4,8
-горизонт.рез	2,0	2,0	1,5	-
Скорость резания, м/с	0,6-1,25	0,3-1,4	0,33-1,33	15,0
Расход воды, л/мин.		8,0		100,0
Вес, кг	4500	2600		4400
Изготовитель	Болгария	ФРГ	СССР	Италия Ф.Benett machin
Скорость передвижения машины, см/мин.	2-10	2-10		
-твердые породы	0,65-12,8			
-мягкие породы	1,25-23,0	2-15		
Предел прочности на сжатие, кг/см2		5000		
Давление породы				
Габаритные размеры, мм				
ширина	1950		2100	
длина	2090		1900	
высота	1775		1890	

Приложение 4

Техническая характеристика камнерезных машин с алмазным канатам

Показатели		Типы машин			
		CMF-083	TL 920	Alpha 840	BETA870*
Мощность привода, квт		41	14,7	30-37	37-55
Производительность, м2/ч для камня прочностью	75 МПа	8,87	6,0	8,0	12,0
	120 МПа	5,3	5,0	6,0	7,0
Размеры выпиливаемых блоков, м					
длина		2,6	15,0	15-20	15-20
ширина		1,4	1-1,25	1-2,5	1-2,5
высота		1,4	5-6	5-6	5-10
Длина каната, м		20-25	20-35	25-70	25-70
Диаметр каната, мм		10-12	10	10	10
Осевое усилие, кг		100	-	-	-
Вес, кг		3000	641	1020	1525
Скорость резания, м/с		1,7...26	-	40	40
Расход воды, л/мин.		15	15	25	25-40
Изготовитель		СССР	Италия фирма Benetti-macchine		

* Машина BETA 870 применяется для прочных горных пород типа гранита

Приложение 5

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ
для расчета технологического оборудования для добычи блочного камня

Показатели	Обозначение	Варианты			
		1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
1. Тип горной породы		Мрамор белый	Мраморизов. известняк розовый	Гранит серый	Серпентенит антигоритовый
2. Залегание пород пород		Спокойное, горизонтальными слоями. Без явно выражен. слоистости	Крутопадающее <70 гр. Явно выраженная слоистость	Спокойное горизонтальными слоями. Слои разделены трещинами	Линзообразное, слоистость по 3 сист. трещин
3. Тектоническая характеристика месторождения		1 система трещинов. Азимут падения 345 град., угол падения 0-90 град., частота трещин редкая	Три системы трещинов. 1-азимут падения 350 град., угол падения 70град.; 2-азимут падения 240 град., угол падения 30-75 град.; 3-азимут падения, 15-30 град.	Две системы трещинов. 1-гориз. по постельной слоистости через 1,5-3,5 м; 2-азимут падения 350 град., угол падения 90 град., расстояние между трещинами 6-7м	Три системы трещино 1-азимут 24 град., угол падения 80 гр 2-азимут падения 11 град., угол падения 62 град; 3-азимут падения, 284 град., угол падения 46 град.

Продолжение 1 Приложения 5

1	2	3	4	5	6
			Расстояние между трещинами отдельности: 0,15-2,0 м Преобладают трещины: 1 и 2 систем		Расстояние между щинами отдельности 2,0-3,0 м Раскол по: 3 сист.хорошо, 1 сист. удовлетв., 2 сист. плохо
4. Вскрышные породы		Мрамор эрозированный	Эрозированный известняк	Выветрелый гранит	Выветрелые серпентиниты
5. Мощность вскрыши, м	Нв	8,7	1,0-12,0	1,5	0,5-1,5
6. Прочность пород, кг/см2					
- на сжатие,	$\sigma_{сж}$	600	1200	950	1450
-на растяжение,	$\sigma_{р}$	60	40	70	85
7. Сцепление вскрышных пород в образце, Кецо, кг/см2		250	220	350	590
8. Коэф-т структурного ослабления		0,15	0,075	0,25	0,3
9. Годовой фонд работы оборудования, час	Тг	6075	6075	4050	4050
10. Коэф-т использования машинного времени камнерезн. машины, бурового станка,					
бульд. рыхл. агрегата,	Кбр	0,7	0,80	0,75	0,7
11. Размеры участка, м:					
-длина,	L1	50	75	150	200
-ширина,	L1'	25	35	50	100

Продолжение 2 Приложения 5

1	2	3	4	5	6
12. Расст. транспоритровки породы бульдозером м,	L2	25	50	50	75
13. Длина отвала бульдозера, м,	Lот	4,31	4,31	4,31	4,31
14. Высота отвала,	hот	1,37	1,37	1,37	1,37
15. Значения параметров для расчета рыхлителей и бульдозеров					
	tп, сек.	6	6	6	6
	tр, сек.	10	10	10	10
скорости		0,3	0,3	0,3	0,3
	V1, м/сек.				
	V2, м/сек.	0,67	0,67	0,67	0,67
	V3, м/сек.	1,0	1,0	1,0	1,0
	L1, м	17	17	17	17
16. Годовая производительность картера по блокам, т.м3,	Qк. год	30	10	15	5
17. Коэф-т выхода блоков из горной массы,	Кв	0,31	0,65	0,30	0,55
18. Размеры отделяемого монолита, м	LмхВ мх	Нм15х1х4,5	20х1,5х3	6х1,5х3	5х1,5х3
19. Объемный вес, кг/см2		2,7	2,45	2,8	2,75
20. Диаметр шпуров строчечной установки, м.		0,040	0,040	0,034	0,040

Приложение 6

Технические характеристики деррик-кранов

Тип крана	DK 20	DK 25	DK 30	DK 40S	DK 50S
Грузоподъемность,т:					
- максимальная	20	25	30	40	50
- при макс.вылете стрелы	15	20	25	30	40
Вылет стрелы,м:	Для всех типов кранов:				
-максимальный	20	25	30	35	40	45	50
- при макс.грузоподъемности	18,5	23	27,5	32,5	36,5	41	45,5

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
№3 «Открытые горные работы»

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Кокунин Р.В., к.т.н.
Кокунина Л.В., к.т.н.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента 3

2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 4

3. Рекомендуемая литература 6

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 часа или 4 зачетных единицы. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы – 69 часов, заочной – 119 часов.

По курсу «Технология добычи природного камня» 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 «*Технология добычи природного камня*». Она содержит названия 6 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. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомиться со структурой темы.

2. По конспекту лекций освоить каждый структурный элемент темы.

3. При необходимости использовать указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы можно получить у преподавателя.

4. Ответить на контрольные вопросы и выполнить рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернуться к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектировать материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решить 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. Введение

Цели, задачи дисциплины. История развития, краткое описание направлений развития камнедобывающей отрасли.

Вопросы для самоконтроля:

1. Области применения природного камня.
2. История и направления развития добычи природного камня.

Тема 2. Горные породы как объект разработки и общие сведения о строительных материалах из них

Виды горных пород. Генезис. Горнотехнические условия. Оценка и разведка месторождений облицовочного камня.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие виды горных пород применяются в качестве облицовочного камня.
2. Генезис, условия формирования по видам горных пород, горнотехнические условия, пригодные для разработки месторождений на облицовочный камень.
3. Особенности оценки и разведки месторождений на облицовочный камень.

Тема 3. Основные требования к геологической документации, предъявляемой для подготовки проекта разработки месторождения

Нормативные документы, требования к документации, по геологической оценке, и разведке месторождений облицовочного камня. Работа с документацией по оценке и разведке месторождений облицовочного камня. Выбор исходных данных для проектирования карьеров.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Нормативные документы, основные требования к параметрам оценки и разведки облицовочного камня.

2. Основные принципы работы с документацией по оценке и разведке месторождений на облицовочный камень.

3. Основные документы и методика для формирования исходных данных для проектирования карьеров облицовочного камня.

Тема 4. Схемы вскрытия и способы производства вскрышных работ на месторождениях природного облицовочного камня.

Виды вскрытия с применением транспортных и бестраншейных схем вскрытия месторождений облицовочного камня. Безвзрывные способы подготовки вскрышных пород к выемке. Методы предохранительного взрывания на выветрелых горных породах.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Схемы вскрытия, применяемых при разработке месторождений облицовочного камня.

2. Принципы и технология траншейного и бестраншейного вскрытия месторождений облицовочного камня.

3. Способы подготовки вскрышных пород к выемке.

4. Особенности, технологии безвзрывных способов подготовки вскрышных пород к выемке.

5. Особенности, технологии взрывных способов подготовки вскрышных пород к выемке.

Тема 5. Технология подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня.

Способы, основанные на механическом резании горных пород. Резание горных пород специальными методами: струей воды высокого давления, термогазоструйными и плазменными горелками, лазерными установками. Способы подготовки блоков к выемке методом сплошного бурения. Способы подготовки камня к выемке бурением по контуру с последующим механическим и взрывным откалыванием. Управление действием взрыва на массив. Принципы комбинации способов подготовки камня к выемке.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на механическом резании и области их применения.

2. Способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на бурении горных пород и области их применения.

3. Способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на альтернативных методах разрушения горных пород и области их применения.

4. Комбинированные способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня и области их применения.

Тема 6. Технологические процессы на добыче блочного камня. Погрузочно-транспортные операции.

Процессы подготовки к выемке облицовочного камня: подготовка к выемке, пассировка, погрузка, транспортирование, складирование кондиционного сырья. Погрузка, транспортирование и складирование некондиции.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Виды технологических процессов и их особенности на добыче блочного камня.

2. Механизмы, оборудование и техника, применяемая в процессах подготовки к выемке облицовочного камня.

3. Пассировка блочного камня, ее значение, основные требования, учет кондиционных блоков.

4. Некондиционная горная масса, погрузка, транспортирование складирование и учет.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бычков Г. В. Технология подготовки к выемке вскрышных пород на месторождениях природного камня: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 82 с.

2. Синельников О.Б. Добыча природного облицовочного камня. – М.: Издательство РАСХН, 2005. – 245 с.

3. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня. Учебное пособие / Ю.Г. Карасев, Н.Т. Бакка. – СПб.: Санкт-Петербургский горный ин-т,1997. – 428 с.

4. Чирков А.С. Добыча и переработка строительных горных пород. – М.: Изд-во МГГУ, 2009. – 622 с.

5. Бычков Г.В. Нетрадиционные схемы вскрытия месторождений природного камня и их классификация // Добыча, обработка, применение природного камня: сб. научн. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2003. - С. 41 – 56.

6. Синельников О.Б. Добыча природного облицовочного камня. М.: Изд-во РАСХН, 2005. – 245 с.

7. Першин Г.Д., Гуров М.Ю., Чеботарев Г.И. Канатные пилы. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы. Монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им Г.И. Носова», 2006. – 152 с.

8. Першин Г.Д., Караулов Г.А., Караулов Н.Г. Добыча блоков мрамора алмазно-канатными пилами. Учебное пособие. – Магнитогорск: МГТУ, 2003. – 103 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

«ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА»

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Багазеев В.К. д.т.н., профессор

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА» 5

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА» 5

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА» 6

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1. Физико-химические основы выщелачивания (гидрометаллургии) благородных металлов

1. В химическом отношении золото:
2. Для растворения золота в промышленных условиях выщелачивания используют:
3. Выщелачивание золота в промышленных условиях практически невозможно:
4. Скорость растворения золота химическими реагентами увеличивается:
5. Растворение золота цианидам более эффективно: при pH = 8÷10
6. Осаждение золота из цианистых растворов не производится:
7. Выделение золота из цианидных растворов практически невозможно:

2.2. Кучное выщелачивание золота

8. Подготовка руды к выщелачиванию (рудоподготовка) исключает:
9. Основание штабеля (кучи) для выщелачивания золото должно обеспечить:
10. Отсыпка и формирование штабеля из окомкованной руды рекомендуется:
11. В практике кучного выщелачивания исключаются следующие способы орошения штабеля:
12. Экстрактор с цинковой стружкой это аппарат:

13. Достоинство активированных углей при сорбционном осаждении золота из цианистых растворов (по сравнению с синтетическими ионидами):
14. Для элюирования (десорбции золота с ионообменной смолы) рекомендуется:

2.3. Чановое выщелачивание золота

15. Для выщелачивания золота в чанах-перколяторах рекомендуется руда крупностью:
16. Удовлетворительной скоростью просачивания рабочего раствора в чанах-перколяторах считается:
17. Для агитационного выщелачивания золота в чанах рекомендуется руда крупностью:
18. Перемешивание пульпы в чанах для выщелачивания золота исключается:
19. Последовательность операций по выделению иловой фракции из сливов при чановом выщелачивании:
20. Выщелачивание золота перемешиванием рабочего раствора и пульпы (агитационное выщелачивание) производится:
21. Ложные днища в чанах перколяторах предназначены:

2.4. Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) золота

22. Для промышленного подземного выщелачивания золота величина коэффициента фильтрации рудного пласта должны быть:
23. Конструкция технологической скважины включает: эксплуатационную колонну груб, обсадную трубу, фильтр, отстойник. Отстойник предназначен:
24. Подъём продуктивных растворов из скважины осуществляется гидроэлсваторами, погружными насосами, эрлифтами. Эрлифт - это устройство для вертикальною подъема гидросмеси с помощью:
25. Скорость фильтрационного потока в порах рудного массива регулируется превышением уровня раствора АН в закачной скважине над уровнем грунтовых вод в откачной скважине.
26. Инфильтрационный гидродинамический режим потока обеспечивается при:
27. При скважинной гидродобыче (СГД) полезное ископаемое приводится в текучее состояние (гидросмесь породы и воды) и откачивается на поверхность через скважины. Обязательным условием возможности СГД является:
28. Скважинный гидродобычной агрегат - это устройство, представляющее по назначению комбинацию:
29. Различают способы размыва пород при скважинной гидравлической добыче: встречным, попутным и боковым забоями. При размыве встречным забоем:

2.5. Общие меры безопасности

30. Ядовитые свойства цианистых растворов и хлорной воды
31. Гидрологические условия разработки месторождения.
32. Фильтрационные расчеты.
33. Гидродинамический анализ размещения технологических скважин.
34. Противофильтрационные завесы (барраж) при выщелачивании.
35. Оценка водопроницаемости полиэтиленовой пленки экрана.
36. Определение толщины полиэтиленовой пленки экрана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Аренс В. Ж., Фазлуллин М. И., Хрулев А. С. [и др.]. Физикохимическая геотехнология: Учебник для вузов/Под общей ред. В.Ж. Аренса. у М.: Изд. Моек. гос. горнего-ун-та, изд-во «Горная книга», 2010. – 575с.	20
2	Багазеев В. К., Валиев Н. Г. Кравченко А П Процессы открытых горных работ. Геотехнология добычи золота: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001 г. 110 с.	10

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Зеленов В. И. Методики исследования золотосодержащих руд Изд. 2, перераб.. и доп. М., «Недра», 1978. 302 с.	3

3.3 Нормативные правовые акты

ПБ 03-561-03 Единые правила безопасности при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окусковании руд и концентратов. V. Требования безопасности при кучном выщелачивании и гидрометаллургических процессах. Минюст РФ 19.06.03, Рег. №4744 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс».

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА»

Горное дело: информационно-аналитический портал для горняков; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mwork.su/

Горное дело: информационно-справочный сайт; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gornoe-delo.ru/

Горнопромышленный портал России: информационный портал; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.miningexpo.ru/

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА»

Тема 1: Физико-химические основы выщелачивания благородных металлов

Общие сведения о структуре вещества и химических реакциях.

Водные растворы.

Физико-химическая характеристика золота.

Химические технологии выщелачивания золота.

Общая характеристика химических технологий выщелачивания.

Химия выщелачивания золота цианидами.

Химия тиокарбамидного выщелачивания.

Химия хлоридного выщелачивания.

Другие растворители золота.

Тема 2: Кучное выщелачивание

Технология кучного выщелачивания.

Основные положения и условия применения кучного выщелачивания.

Рудоподготовка.

Основные операции рудоподготовки.

Дробление и грохочение руды.

Окомкование переизмельчённой руды.

Дешламация руды.

Подготовка основания для складирования штабеля руды.

Формирование штабелей, отсыпка куч.

Устройство системы орошения штабеля.

Основание геомеханические параметры штабеля.

Оценка устойчивости откосов штабеля.

Оценка осадки основания штабеля.

Приготовление, подача, сбор и перекачивание крепких и рабочих растворов.

Переработка растворов.

Общая организация работ.

Технология сорбционного осаждения золота на анионообменную смолу.

Технология сорбционного осаждения золота на активированный уголь.

Технология осаждения золота металлическим цинком.

Режим и технологические показатели кучного выщелачивания.

Исходные данные для обоснования технологических показателей КВ, определение технологических показателей КВ

Тема 3: Чановое выщелачивание

Сущность и условия применения чанового выщелачивания.

Выщелачивание в чанах-перколяторах.

Выщелачивание перемешиванием раствора и песков (руды).

Сгущение и обезвоживание цианистых пульп.

Тема 4: Скважинное выщелачивание и гидродобыча

Определение технологических показателей КВ.

Основы скважинного подземного выщелачивания золота.

Общие положения и условия применения скважинной геотехнологии.
Технологическая схема СПВ.
Бурение технологических скважин.
Оборудование бурения.
Оборудование технологических скважин выщелачивания.
Размещение технологических скважин при СПВ.
Обоснование и расчет технологических параметров.
Геотехнологические свойства массива пород.
Расчет основных геотехнологических показателей.
Приготовление технологических растворов для выщелачивания.
Приготовление хлорной воды.
Получение гипохлоритных растворов.
Опытно-промышленные технологии СПВ.
Основы скважинно-гидравлической добычи золота (СГД).
Технологическая схема и условия применения.
Оборудование скважин гидравлической добычи.
Общая компоновка скважинного оборудования.
Гидромониторно-подъемный узел.
Промежуточный корпус.
Верхний оголовок и наземное оборудование.
Гидромониторный размыв.
Основные параметру гидромониторной струи.
Динамика гидромониторных струй.
Обоснование параметров и производительности размыва.
Очистная выемка.
Обоснование конструкции и параметров камер очистной выемки.
Системы разработки при скважинно-гидравлической добыче.
Расчетная геомеханическая модель массива пород россыпи.
Обоснование расчетной модели.
Физико-механическая характеристика пород россыпи.
Оценка соответствия геомеханической модели условиям разработки месторождения.
Гидродобыча золота скважинами направленного бурения (ГД СНБ).

Тема 5: Общие меры безопасности при выщелачивании

Ядовитые свойства цианистых растворов и хлорной воды
Гидрологические условия разработки месторождения.
Фильтрационные расчеты.
Гидродинамический анализ размещения технологических скважин.
Противофильтрационные завесы (барраж) при выщелачивании.
Оценка водопроницаемости полиэтиленовой пленки экрана.
Определение толщины полиэтиленовой пленки экрана.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Багазеев В.К. д.т.н., профессор

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ» 5

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ». 5

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ» 6

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Общие определения промывки и обогащения песков. Продукция приисков.
2. Промывистость песков. Простейшие средства промывки.
3. Подъем песков на промывку ленточными конвейерами.
4. Подъем песков на обогащение гидротранспортом.
5. Основные определения дезинтеграции и грохочения песков.
6. Перфорированные дезинтеграторы.
7. Комбинированные дезинтеграторы-скрубберы.
8. Схематическое устройство шлюзов и отсадочных машин.
9. Основные принципы гравитационного обогащения золота, платины, олова.
10. Обогащение на прямолинейных шлюзах.
11. Шлюзы глубокого наполнения.
12. Шлюзы мелкого и среднего наполнения.
13. Шлюзы для извлечения мелкого золота.
14. Обогащение на отсадочных машинах.

15. Доводка гравитационных концентратов.
16. Основные положения центробежного обогащения.
17. Обогащение золотосодержащих песков на винтовых сепараторах.
18. Безнапорные центробежные концентраторы.
19. Напорные центробежные концентраторы.
20. Общая характеристика процесса уборки хвостов промывки.
21. Высотно-разносный способ уборки необезвоженных хвостов.
22. Напорно-гидравлический способ уборки хвостов.
23. Уборка хвостов промывки ленточными отвалообразователями (стакерами).
24. Агрегатно-комплексное построение промывочных установок.
25. Скрубберные промывочные приборы.
26. Шлюзовые, гидроэлеваторные и землесосные промывочные приборы.
27. Транспортно-обогатительные комплексы для разработки россыпей.
28. Промывочные установки и модули для извлечения мелкого золота.
29. Расчетные схемы гравитационного обогащения.
30. Выбор принципиальной схемы обогащения.
31. Порядок расчета качественно-количественной схемы обогащения.
32. Порядок расчета водно-шламовой схемы обогащения.
33. Режим работы и общие показатели промывки песков россыпей.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Багазеев В.К. Промывка песков россыпей: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд. УГГА, 2004. - 177 с.	51
2.	Разработка россыпных месторождений: учебное пособие / В. К. Багазеев, Н. Г. Валиев ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2008. - 196 с. : ил. - Библиогр.: с. 129. - ISBN 978-5-8019-0175-6	27

3.2 Дополнительная литература

1.	Андреева Г.С., Небера В.П., Горюшкина С.В. Переработка и обогащение полезных ископаемых россыпных месторождений. - М.: Недра, 1992. - 337 с.	10
2.	Богданов Е.И. Оборудование для транспорта и промывки песков россыпей. - М.: НЕдра, - 1978. - 240 с.	21
3.	Замятин О.В., Лопатин А.Г., Санникова Н.П., Чугунов А.Д. Обогащение золотосодержжащих песков и конгломератов. - М.: Недра, 1975. – 264 с.	12
4.	Багазеев В.К. Бульдозерно-экскаваторная разработка россыпных месторождений: Учебное пособие. Свердловск: Изд. СГИ, 1988. – 64 с.	38

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ»

1. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru, Leninka.ru

2. Федеральный портал "Российское образование" http://www.katalog.ru

3.Международный портал обучающегося Education Community http://autodesk.com/education/free-software.all.

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ»

Тема 1: Производственные процессы промывки и обогащения песков

Промышленная характеристика россыпей. Характеристика полезных минералов. Общие сведения о способах разработки россыпных месторождений. Основные определения промывки и обогащения песков. Промывистость и гидравлическая разрушаемость песков. Методы определения промывистости песков. Классификация россыпей по крупности золота.

Тема 2: Дезинтеграция и грохочение песков

Основные узлы и агрегаты промывочных установок. Подача (подъём) песков на промывку. Способы подачи песков, непосредственная загрузка. Подача песков ленточными конвейерами. Подача песков гидротранспортом. Расчёт напорного гидротранспорта при гидравлической подаче песков грунтовыми насосами.

Основные положения подготовки песков к обогащению. Перфорированные дезинтеграторы. Комбинированные дезинтеграторы-скрубберы. Основные технологические параметры барабанных дезинтеграторов.

Тема 3: Обогащение песков и извлечение металла

Основные положения гравитационного обогащения. Основная концентрация на шлюзах промывочных приборов. Параметры работы шлюзов. Шлюзы глубокого наполнения. Шлюзы мелкого и среднего наполнения. Шлюзы для извлечения мелкого золота. Извлечение металла при основной концентрации на шлюзах. Основная концентрация на отсадочных машинах. Параметры работы отсадочных машин. Диафрагмовые отсадочные машины. Отсадочные машины с подвижным решетом. Отсадочные машины для улавливания самородков и крупного золота. Извлечение металла при основной концентрации на отсадочных машинах.

Основные положения центробежного обогащения. Обогащение россыпей на винтовых сепараторах. Безнапорные центробежные концентраторы. Напорные центробежные концентраторы.

Особенности разработки обводнённых россыпей. Оборудование промывки и обогащения песков на драге. Схема цепи аппаратов золотодобывающих драг. Схема цепи аппаратов алмазодобывающих драг.

Тема 4: Обоснование и выбор технологической схемы промывки, обогащения и извлечения металла. Складирование хвостов промывки

Основные определения технологических схем. Критерии эффективности технологической схемы промывочной установки. Расчёт водно-шламовой схемы обогащения. Режим работы и общие показатели промывки песков россыпей.

Общие условия применения промывочных установок. Уборка хвостов промывки. Общая характеристика процесса уборки хвостов промывки. Высотно-разносный способ уборки необезвоженных хвостов. Напорно-гидравлический способ уборки хвостов. Уборка обезвоженных хвостов промывки ленточными отвалообразователями (стакерами).

Организация оборотного водоснабжения промывочных установок. Отведение поверхностного стока воды. Каналы. Насосы и насосные станции для подачи технологической воды на промывку.

Тема 5: Практика обогащения золотосодержащих песков на промывочных приборах и установках

Шлюзовые, гидроэлеваторные и землесосные промывочные приборы. Гидровашгердный промывочный прибор (ГПП). Промывочные приборы типа ПГШ. Комбинированные шлюзовые приборы.

Скрубберные промывочные приборы. Гидроэлеваторные промывочные приборы. Промывочные установки и модули для извлечения мелкого золота.

Обогащение на концентрационных столах. Фракционирование хвостов промывки при самотёчном складировании. Соосаждение частиц золота на откосе гидроотвала.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
№3 «Открытые горные работы»

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Кокунин Р.В., к.т.н.
Кокунина Л.В., к.т.н.

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение..... 4
1. Общие положения..... 5
2. Производительность предприятий..... 6
3. Сроки существования предприятий..... 6
4. Режим работы камнеобрабатывающих предприятий..... 7
5. Принципиальные схемы технологических процессов..... 7
6. Расчет выхода готовой продукции и оптимальных размеров блока..... 14
7. Мероприятия по охране труда, промсанитарии и технике безопасности 16
Список литературы..... 17
Приложение 1. Исходные данные для расчета камнеобрабатывающего оборудования..... 19
Приложение 2. Рекомендуемый ряд мощностей для проектируемых камнеобрабатывающих заводов..... 21
Приложение 3. Годовой фонд рабочего времени..... 21
Приложение 4. Технологические схемы обработки природного камня на базе штрипсовых и канатных камнераспиловочных станков..... 22
Приложение 5. Технологические схемы обработки природного камня на базе ортогональных камнераспиловочных станков..... 26
Приложение 6. Объем блоков по группам по ГОСТ 9479-98..... 30
Приложение 7. Ориентировочные размеры блоков по группам, ГОСТ 9479-98..... 30
Приложение 8. Расчетные значения коэффициента выхода при обработке изделий из камня..... 30
Приложение 9. Размеры гладких штрипсовых пил и дроби при распиловке с применением свободного абразива..... 31
Приложение 10. Элементы алмазные для полосовых штрипсовых пил, ТУ 2.037.0221933.004-90..... 31
Приложение 11. Сегменты алмазные для отрезных кругов, ТУ 2.037.0221933.006-90..... 32
Приложение 12. Перечень нормативных документов, используемых при проектировании камнеобрабатывающих производств 32
Приложение 13. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005 - 89 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Выписка) 36
Приложение 14. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) вредных веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (СанПиН № 4630 - 88. Выписка) 38
Приложение 15. Освещенность некоторых помещений и производственных участков в зданиях, сооружениях различного назначения и в камнеобрабатывающих цехах 41

ВВЕДЕНИЕ

Разработанные в 1977 году институтом «Союзгипронеруд» «Нормы технологического проектирования камнедобывающих и камнеобрабатывающих предприятий» (НТП) [19] опирались на действующие в то время нормативы, в настоящее время в значительной степени устарели и не соответствуют технологическим, экологическим и санитарным нормам, принятым в последние годы в Российской Федерации.

За это время в значительной степени изменились технологические схемы производства изделий из камня, выпускается новое высокопроизводительное камнеобрабатывающее оборудование и инструмент для обработки камня. Изменилась и номенклатура изделий из природного камня: появились сложные архитектурно-строительные детали и высокохудожественные эксклюзивные и серийные поделки. Изменились государственные стандарты на облицовочные плиты с широким диапазоном по толщине и другим геометрическим размерам.

Основой для подготовки настоящего учебного пособия были приняты:

- опыт применения действующих до настоящего времени НТП, при проектировании камнеобрабатывающих предприятий;
- нормативные материалы, разработанные в 1995 - 2001 г.г. Правительством РФ, Госстроем РФ, Госкомсанэпиднадзором РФ, Министерством природных ресурсов РФ, Государственным комитетом по охране окружающей среды;
- данные научно-исследовательских работ, проведенных проектным и научно-исследовательским институтами ВНИПИИстромсырье;
- сведения о работе базовых камнеобрабатывающих предприятий;
- проекты предприятий по камнеобработке, выполненные различными проектными организациями;
- сведения о зарубежном опыте в камнеобработке.

Данная работа включает в себя:

- общие положения, характерные для проектирования камнеобрабатывающих предприятий;
- расчеты основного технологического оборудования для обработки камня;
- компоновку камнеобрабатывающих заводов и малых производств;
- технологический внутризаводской транспорт и противопожарные мероприятия;
- нормативы численности рабочих по обслуживанию камнеобрабатывающего оборудования;
- сведения о ранее установленном и новом камнеобрабатывающем оборудовании.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Принятые в настоящей работе положения распространяются на проектирование заводов и малых индивидуальных предприятий по производству из блоков облицовочных плит и других изделий, а так же полуфабриката для последующей обработки из прочных, средней прочности и низкопрочных горных пород.

1.2. К прочным горным породам относятся: гранит, диорит, сиенит, лабрадорит, габбро, базальт и другие, сходные с ними изверженные породы, а также кварцит. К породам средней прочности относятся: мрамор, мраморизованный известняк, плотный известняк, доломит, травертин и другие, сходные с ними породы аналогичной прочности.

К низкопрочным породам относятся: пористый базальт, фельзитовый и вулканический, гипсовый камень, ангидрит, туф, песчаник, травертин, известняк - ракушечник, плотный неполирующийся доломит.

Породы должны отвечать требованиям действующих стандартов в зависимости от назначения готовой продукции.

1.3. По характеру производства и виду выпускаемой продукции камнеобрабатывающие предприятия именуются:

- камнеобрабатывающий завод по производству облицовочных плит из блоков природного камня;
- комбинат по добыче и обработке природного камня;
- цех по производству изделий из природного камня;
- мастерская по производству изделий из природного камня.

1.4. Готовой продукцией камнеобрабатывающих предприятий являются: плиты облицовочные пиленые из природного камня, удовлетворяющие ГОСТ 9480-89, материалы и изделия облицовочные из горных пород, удовлетворяющие ГОСТ 30629-99, плиты декоративные на основе природного камня, удовлетворяющие ГОСТ 24099-80, архитектурно-строительные изделия по ГОСТ 23342-78, камни бортовые из горных пород по ГОСТ 6666-81, камень брусчатый для дорожных покрытий по ГОСТ 23668-79, предметы народного потребления по техническим условиям предприятий-изготовителей.

1.5. При проектировании предприятий должно предусматриваться комплексное использование полезного ископаемого (пород) месторождения как при обработке блоков, так и при производстве облицовочных изделий.

1.6. Предлагаемые в настоящей работе рекомендации выполнены на основании изучения и обобщения передового опыта проектирования, строительства и эксплуатации отечественных и зарубежных камнеобрабатывающих предприятий, научно-исследовательских работ и должны служить задачам повышения технического уровня этих предприятий.

1.7. Настоящие рекомендации являются рекомендательным материалом при проектировании вновь строящихся и реконструкции (расширении) действующих камнеобрабатывающих предприятий и направлены на повышение технического уровня отрасли.

1.8. В настоящей работе использованы нормативные материалы, специфичные для разработки технологических частей проекта основного производства камнеобрабатывающих предприятий.

1.9. Предлагаемые рекомендации предусматривают соблюдение всех действующих нормативных документов по проектированию и строительству (СНиП, правил безопасности, правил технической эксплуатации, санитарных норм, инструкций и др., утвержденных Госстроем РФ, Госгортехнадзором РФ, Министерствами и другими ведомствами), обязательных для камнеобрабатывающих предприятий.

2. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ

2.1. Производительность предприятия следует принимать исходя из потребности в готовой продукции, и в каждом конкретном случае она должна обосновываться проектом.

2.2. Рекомендуемый ряд мощностей для проектируемых камнеобрабатывающих заводов приведен в приложении 2.

2.3. Производительность камнеобрабатывающего завода, работающего на привозном смешанном сырье, рекомендуется принимать как сумму производительностей, указанных в приложении 2 соответственно для прочных пород и пород средней прочности.

2.4. Продолжительность строительства и сроки освоения проектных мощностей заводов по производству облицовочных изделий обосновывается проектом.

2.5. Для учебных расчетов производительность предприятий по готовой продукции принять согласно приложению 1.

3. СРОКИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

3.1. Минимальным сроком существования камнеобрабатывающих предприятий следует считать 25 лет.

3.2. Проектирование предприятий на меньший срок допускается только после соответствующего технико-экономического обоснования, и в основном для камня с высокими декоративными свойствами.

4. РЕЖИМ РАБОТЫ КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

4.1. Режим работы камнеобрабатывающих заводов следует принимать круглогодовым на пятидневной рабочей неделе с двумя совмещенными выходными днями.

4.2. Суточный режим работы камнеобрабатывающих заводов принимается:

- для оборудования отделения (цеха) распиловки трехсменный;
- для остальных отделений – одно- или двухсменный.

Изменение режима работы завода или его отдельных цехов обосновывается проектом.

Годовой фонд рабочего времени, исчисленный по указанным выше условиям, принимается по приложению 3.

5. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

5.1. Исходные данные.

5.1.1. Выбор необходимой технологической схемы производится на основе исходных данных, получаемых проектирующей организацией от заказчика.

5.1.2. Задание на проектирование камнеобрабатывающего предприятия должно содержать следующие основные сведения:

- сведения о местонахождении проектируемого объекта;
- сведения об освоенности территории, на которой предполагается строительство объекта: наличие энергетических ресурсов (электроэнергии, теплоэнергии, сжатого воздуха), технического и питьевого водоснабжения, производственной и хозяйственной канализации, очистных сооружений, отвалов для утилизации отходов;
- акт выбора площадки под строительство камнеобрабатывающего предприятия;
- согласования с органами санитарного и природоохранного надзора о возможности проектирования камнеобрабатывающего производства на выбранной территории;
- данные об исходной сырьевой базе, виды горных пород с названиями месторождений, объемы поставок по каждому виду сырья с указанием основных технологических параметров и физико-механических свойств: разбивка блоков по группам согласно ГОСТ 9479-98; объемная масса (кг/см^3); предел прочности на сжатие (МПа); степень трещиноватости; вид готовой

продукции; производительность по каждому виду готовой продукции; размеры изделий готовой продукции: ширина (мм), длина (мм), толщина (мм); количество полированной продукции в общем объеме выпуска.

При производстве кроме плит других видов готовой продукции должны содержаться подробные технические требования на нее по стандарту или техническим условиям.

5.2. Выбор технологической схемы обработки камня.

5.2.1. Выбор технологической схемы производиться исходя из исходных данных с учетом:

- вида и прочности обрабатываемого сырья;
- габаритных размеров готовых изделий из камня;
- размера сырьевых блоков;
- фактуры обработки готовых изделий;
- максимальной механизации процессов обработки изделий и внутрицехового транспорта.

5.2.2. При выборе схемы следует руководствоваться следующими основными положениями:

5.2.2.1. При массовом серийном производстве изделий из камня рекомендуется применять комплектные технологические линии конвейерного типа.

5.2.2.2. Производство крупноразмерных и толстомерных изделий из природного камня - облицовочных плит, архитектурно-строительных деталей и товаров народного потребления шириной более 600 мм и любой длины, но толщиной не более 50 мм, рекомендуется осуществлять на технологических линиях с первичной распиловкой на камнераспиловочных станках рамного типа с гладкими стальными штрипсами и стальной дробью для пород типа гранитов, и с алмазными штрипсовыми пилами для пород типа мрамора, либо на многоканатных камнераспиловочных станках. Перечень типовых схем приведен в приложении 4.

5.2.2.3. Для массового производства модульных и произвольной длины плит шириной до 600 мм, толщиной 10 - 50 мм целесообразно использовать комплектные технологические линии на базе ортогональных дисковых камнераспиловочных станков. Перечень типовых схем приведен в прилож. 5.

5.2.2.4. Для производства архитектурно-строительных и художественных изделий сложной формы рекомендуются технологические линии с камнераспиловочными станками с канатным режущим органом, диском большого диаметра (2-3 м) с программным или ручным управлением и специальным набором станков для последующей обработки.

5.2.2.5. Для мелкоштучного и малосерийного производства изделий из природного камня могут приниматься позиционные камнераспиловочные станки разных типов, установленные по ходу стадий технологической обработки. Технологическая схема подбирается в каждом случае индивидуально.

5.3. Предварительный подбор технологического оборудования для выбранной технологической схемы обработки камня.

5.3.1. По выбранной технологической схеме подбирается ориентировочно комплект технологического оборудования. Обычно расчет ведется по нескольким вариантам и выбирается лучший из них. Для предприятий с обширной номенклатурой выпуска изделий выбирается несколько технологических схем, каждая из которых комплектуется соответствующим набором технологических машин для обработки камня.

5.3.2. При выборе типа камнеобрабатывающего оборудования оцениваются его технические возможности при изготовлении требуемых изделий из камня. Преимущество отдается машинам, обеспечивающим высокое качество продукции с наименьшими затратами ручного труда.

5.3.3. Камнеобрабатывающее оборудование для последующих операций обработки - шлифовки, полировки, профилирования в схемах, перечисленных выше в п. 5.2.2.4 и 5.2.2.5 подбирается индивидуально в зависимости от номенклатуры готовой продукции. Для схем перечисленных выше в п.п. 5.2.2.1-5.2.2.3 для массового производства облицовочных плит обычно подбирается полный комплект оборудования, какой-либо одной фирмы. При этом для пород типа мрамора более предпочтительны линии, имеющие непрерывный технологический цикл и имеющие в своем составе вертикальный или горизонтальный делитель брусков на тонкомерные заготовки.

5.3.4. Технологические схемы обработки природного камня на базе штрипсовых и канатных камнераспиловочных станков, приведенные в приложении 4 (схемы №№ 1 - 14) следует применять для производства следующих видов продукции:

Схема 1. Производство стандартных шлифованных и полированных крупноразмерных плит из пород низкой и средней прочности толщиной 20 - 30 мм с переработкой крупных заготовок на комплектной технологической линии; готовой продукцией могут быть также крупные полированные заготовки при завершении обработки на позиции (г) или нестандартные плиты толщиной до 60 мм.

Схема 2. Производство стандартных шлифованных и полированных плит различных размеров толщиной 20 - 30 мм из пород низкой и средней прочности с мелкокристаллической структурой на позиционном оборудовании.

Схема 3. Производство шлифованных и полированных плит толщиной 20 - 30 мм из пород низкой и средней прочности с крупнокристаллической структурой на позиционном оборудовании.

Схема 4. Производство шлифованных и полированных плит толщиной 20 - 30 мм и нестандартных толщиной до 60 мм из пород низкой и средней прочности на комплектной технологической линии.

Схема 5. Производство стандартных пиленых плит различных размеров, толщиной 20 - 30 мм с обработкой на позиционном оборудовании.

Схема 6. Производство стандартных полированных плит толщиной 20 - 30 мм из прочных горных пород с обработкой на комплектной технологической линии.

Схема 7. Производство стандартных полированных плит толщиной 20 - 30 мм из прочных горных пород с обработкой на позиционном технологическом оборудовании.

Схема 8. Производство стандартных пиленых плит толщиной 20 - 30 мм из прочных горных пород с обработкой на комплектной технологической линии.

Схема 9. Производство стандартных пиленых плит толщиной 20 - 30 мм из прочных горных пород с обработкой на позиционном технологическом оборудовании.

Схема 10. Производство изделий различных размеров толщиной до 450 мм с лицевой поверхностью, обработанной ультразвуком, бучардирование или термическим способом.

Схема 11. Производство нестандартных шлифованных и полированных плит, товаров культбыта и архитектурно-строительных изделий толщиной 40 - 450 мм из пород низкой и средней прочности с использованием позиционного технологического оборудования.

Схема 12. Производство нестандартных шлифованных и полированных плит, товаров культбыта и архитектурно-строительных изделий толщиной 40 - 450 мм из прочных горных пород с использованием позиционного технологического оборудования.

Схема 13. Производство товаров народного потребления из отходов при штрипсовой и ортогональной распиловки камня (горбуши, подошвы).

Схема 14. Производство товаров народного потребления и архитектурно-строительных изделий крупных размеров сложной формы с распиловкой на камнераспиловочных станках с канатным режущим органом.

5.3.5. Технологические схемы обработки природного камня на базе ортогональных дисковых камнераспиловочных станков, приведенные в приложении 5 (схемы №№ 15 - 23) рекомендуется применять для производства следующих видов продукции:

Схема 15. Производство стандартных шлифованных или полированных плит толщиной 8 - 10 мм, шириной до 600 мм из пород средней прочности на комплектной поточной технологической линии с вертикальным делителем.

Схема 16. Производство стандартных шлифованных или полированных плит толщиной 8 - 10 мм, шириной до 600 мм из пород средней прочности на комплектной поточной технологической линии с горизонтальным делителем.

Схема 17. Производство стандартных шлифованных или полированных плит толщиной 20 - 30 мм, шириной до 600 мм из пород средней прочности на комплектной поточной технологической линии без делителя.

Схема 18. Производство стандартных пиленых плит толщиной 10 - 20 мм, шириной до 600 мм из пород низкой и средней прочности типа известняка-ракушечника и травертина на комплектной поточной технологической линии с вертикальным делителем.

Схема 19. Производство стандартных пиленых плит толщиной 10 - 20 мм, шириной до 600 мм из пород низкой и средней прочности типа известняка-ракушечника и травертина на комплектной поточной технологической линии с горизонтальным делителем.

Схема 20. Производство стандартных пиленых плит толщиной 20 - 30 мм, шириной до 600 мм из пород низкой и средней прочности типа известняка-ракушечника и травертина на комплектной поточной технологической линии без делителя.

Схема 21. Производство стандартных шлифованных или полированных плит толщиной 8 - 30 мм, шириной до 450 мм из прочных пород типа гранита на комплектной поточной технологической линии.

Схема 22. Производство стандартных шлифованных или полированных плит толщиной 8 - 30 мм, шириной до 450 мм из прочных пород типа гранита на укороченной технологической линии.

Схема 23. Производство стандартных плит с точечной, ультразвуковой или термической обработкой поверхности из прочных кварцсодержащих пород типа гранита.

5.3.6. Выполнить эскиз по выбранной технологической схеме. Дать краткое обоснование сделанного выбора. Выписать перечень подобранного оборудования с краткой технической характеристикой основных технологических данных.

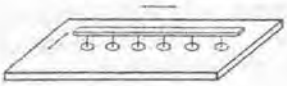
Пример. На основе исходных данных и заданной программы производства принята технологическая схема № 1 (приложение 4). Принятая технологическая схема обеспечивает комплексную механизацию процессов распиловки и обработки изделий из камня, максимально возможный выход облицовочных плит из сырьевых блоков.

Имеется возможность производства полуфабриката в виде слябов с последующим изготовлением крупноразмерных изделий в пределах геометрических размеров заготовки. В процессе производства обеспечивается качество изделий из камня, соответствующее европейским стандартам. Обрабатывающая часть линии сформирована в непрерывный технологический конвейер с большим запасом производственной мощности.

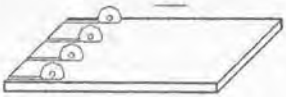
Технологическая схема производства изделий



а) Вырезание крупноразмерных заготовок на рамном станке с алмазными штрипсами



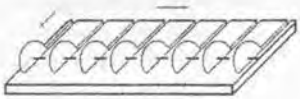
б) Шлифовка-полировка на мостовом станке конвейерного типа



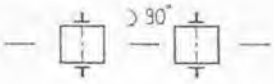
в) Продольная окантовка на многодисковом отрезном станке



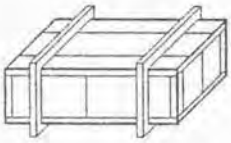
г) Выделение полос для поперечной разрезки на многодисковом станке



д) Разрезка полос на поперечном многодисковом отрезном станке



е) Шлифовка торцов изделий и снятие фасок с поворотом заготовок на 90°



ж) Контроль качества и упаковка изделий

Принимается к установке комплектная технологическая линия фирмы «Tema-Frugoli», состоящая из станков:

а) камнераспиловочный станок BLIZZARD-C20:
Станок с подъемной блочной тележкой;
Размеры рабочего пространства 3,3 x 2,0 x 2,0 (L x B x H);
Максимальное количество алмазных ленточных пил – 80;
Рабочая скорость подачи 2 … 56 см/час;
Полная установленная мощность приводов – 130 кВт;
Максимальный расход воды – 72 л/мин;

б) шлифовально-полировальный станок конвейерного типа RIVER M-13:

Максимальная ширина полируемой заготовки – 215 см;
Максимальная толщина заготовки – 10 см;
Скорость полировки – 0,2 … 2,1 м/мин;
Количество полировальных головок – 13 шт.;
Установленная мощность приводов – 160 кВт;
Расход воды – 420 л/мин;

в) продольный окантовочный станок конвейерного типа MULTIFIRE GM:

Максимальная ширина окантовываемой заготовки – 215 см;
Максимальная толщина заготовки – 5 см;
Скорость окантовки – 0,2 … 2,1 м/мин;
Количество окантовочных головок – 8 шт.;
Диаметр отрезного диска – 350 мм;
Установленная мощность приводов – 45 кВт;
Расход воды – 120 л/мин;

г) автоматическое устройство для сдвигания полуфабриката и выделения полос (входит в комплект станка MULTIFIRE GM);

д) автоматический многодисковый станок для поперечной окантовки полосового полуфабриката типа MULTIFLASH 11M:

Максимальная высота окантовываемой заготовки – 3 м;
Максимальная ширина окантовываемой заготовки – 710 мм;
Максимальная толщина заготовки – 5 см;
Количество окантовочных головок – 11 шт.;
Диаметр отрезного диска – 350 мм;
Установленная мощность приводов – 66 кВт;
Расход воды – 160 л/мин;

е) линия финишной обработки, включающая устройства для торцовки плит, снятия фасок, с разворотом плит на 90^0, нарезки полос с тыльной стороны, сушки острым дутьем и инфракрасными излучателями, очистки лицевой поверхности плит щетками типа VALLEY GM:

Максимальная ширина обрабатываемой заготовки – 610 мм;
Минимальная ширина обрабатываемой заготовки – 150 см;
Максимальная толщина обрабатываемой заготовки – 7…30 мм;
Количество рабочих головок – 10 шт.;
Диаметр отрезного диска – 170 мм;
Установленная мощность приводов – 12,5 кВт.

ж) стол для осмотра и отбраковки плит для последующей их упаковки.

6. РАСЧЕТ ВЫХОДА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ И ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ БЛОКОВ

6.1. Выход изделий из природного камня должен определяться:
- для горных пород, намеченных к разработке месторождений - экспериментальным путем;
- для горных пород разрабатываемых месторождений - по данным производства изделий из этих пород на передовых камнеобрабатывающих предприятиях.

При отсутствии экспериментальных или статистических данных выход изделий ориентировочно можно определить по выражению

$$W_n = \frac{1000 \times K_в}{h_{г.п} + \delta_{р.э} + \delta_{заз}}, \text{ м}^2/\text{м}^3, \quad (6.1)$$

где $K_в$ - коэффициент выхода изделий, зависящий от свойств горной породы;

$h_{г.п}$ - толщина готовых плит, мм;

$\delta_{р.э}$ - толщина режущих элементов инструмента на операции распиловки блока, мм; принимается по каталогам на инструмент (приложения 9, 10, 11);

$\delta_{заз}$ - сумма зазоров в пропиле между плитами и инструментом; для алмазных дисковых пил $\delta_{заз} = 1{,}0$ мм; для стальных штрипсов при работе со свободным абразивом $\delta_{заз} = 2{,}5 \times d_{др}$; для алмазных штрипсов $\delta_{заз} = 0{,}7$ мм. Диаметр дроби $d_{др}$ принимается по приложению 9.

6.2. Коэффициент выхода изделий, зависящий от свойств горной породы, определяется перемножением коэффициентов выхода по отдельным операциям обработки

$$K_в = K_{вых} \times K_{г.и}, \quad (6.2)$$

где $K_{вых}$ - коэффициент выхода готовых изделий;

$K_{г.и}$ - коэффициент выхода специальных изделий.

6.2.1. Коэффициент выхода изделий определяется перемножением коэффициентов выхода по отдельным операциям обработки

$$K_{вых} = K_{в.р} \times K_{в.п} \times K_{в.ф}, \quad (6.3)$$

где $K_{в.р}$ - коэффициент выхода, учитывающий потери полуфабриката при распиловке (приложение 8);

$K_{в.о}$ - коэффициент выхода, учитывающий потери полуфабриката при окантовке (приложение 8);

$K_{в.ф}$ - коэффициент выхода, учитывающий потери полуфабриката при фактурной обработке (приложение 8).

6.2.2. Поправочный коэффициент на выход из общего количества изделий заданной номенклатуры

$$K_{с.и} = \frac{S_{с.и}}{S_{общ}}, \qquad (6.4)$$

где $S_{с.и}$ и $S_{общ}$ - соответственно площадь специальных изделий и общая площадь готовой продукции при рациональном раскрое заготовки, получаемой из сырьевых блоков.

Во всех остальных случаях значение $K_{с.и} = 1{,}0$.

6.3. Средние статистические размеры блоков определяются исходя из размеров блоков по группам

$$L_{б.ср} = \frac{L_{б1} + L_{б2} + \ldots + L_{бn}}{n_б}, \text{ м}, \qquad (6.5)$$

где $L_{б1}, L_{б2}, \ldots, L_{бn}$ - длина блоков по группам, м;

$n_б$ - число групп блоков, шт.

$$B_{б.ср} = \frac{B_{б1} + B_{б2} + \ldots + B_{бn}}{n_б}, \text{ м}, \qquad (6.6)$$

где $B_{б1}, B_{б2}, \ldots, B_{n}$ – ширина блоков по группам, м;

$$H_{б.ср} = \frac{H_{б1} + H_{б2} + \ldots + H_{бn}}{n_б}, \text{ м}, \qquad (6.7)$$

где $H_{б1}, H_{б2}, \ldots, H_{бn}$ – высота блоков по группам (ГОСТ 9479-98), м.

6.4. Определить размеры получаемых заготовок (полосовых, крупноразмерных пластин, брусков) на основных переделах, дать эскизы их с учетом параметров принятого технологического оборудования.

6.5. Вид и размеры полуфабриката, получаемого после первичной распиловки:

а). При распиловке станками с ленточными или канатными пилами:

- *пластины или толстомерные заготовки в виде слябов* длиной, равной длине оптимального блока ($L_{б.ср}$); шириной, равной высоте оптимального блока ($H_{б.ср}$); толщиной, равной заданной толщине плит или толстомерных заготовок с припуском на дальнейшую обработку.

б). При распиловке ортогональными станками:

- *пластины или толстомерные заготовки в виде полос или брусков* длиной, равной длине оптимального блока ($L_{б.ср}$); высотой, равной ширине плит или толстомерной заготовки и толщиной, равной толщине плит или заготовок с припусками на обработку. Максимальная ширина плит или заготовок $B_{пл(заг)}^{max} = 0{,}33D_{и}$, где $D_{и}$ – диаметр вертикального диска.

6.6. Вид и размеры полуфабриката, получаемого при последующей обработке:

- после прохода толстомерных заготовок через станок – делитель получаются тонкомерные пластины заданной толщины длиной, равной длине оптимального блока ($L_{б.ср}$), и шириной, равной ширине готовых изделий;
- после прохода широкоформатных заготовок через продольный многодисковый отрезной станок получаются полосовые заготовки заданной ширины, равной расстоянию между соседними отрезными дисками;
- после прохода полосовых заготовок через однодисковый или многодисковый поперечный отрезной станок получается полосовая заготовка или готовые изделия заданной длины;
- после окантовки слябов на фрезерно-окантовочном станке получаются заготовки или плиты заданных размеров. Длина и ширина заготовок могут иметь любые заданные или произвольные размеры в зависимости от заказа и рационального раскроя сляба.

7. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА, ПРОМСАНИТАРИИ И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. При проектировании мероприятий по охране труда, промсанитарии и технике безопасности следует руководствоваться перечнем нормативных документов, приведенных в приложении 12.

7.2. При проектировании технологических процессов предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должны превышать величин, приведенных в приложении 13, а в водах, сбрасываемых в водные объекты, предельно-допустимых величин, приведенных в приложении 14.

7.3. Освещенность помещений и производственных участков, основных и вспомогательных цехов, объектов и сооружений должна соответствовать нормам, приведенным в приложении 15.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абразивные материалы и инструменты. Каталог-справочник // Авт. В.И.Муцянко, П.А. Гаврилов, Б.А. Глаговский, В.Д. Ивакин - М.: Научно-иссл. институт информации по машиностроению, 1976.
2. Арустамян А.С. Вопросы эффективности дисковой распиловки гранита // Добыча, обработка, применение природного камня: сб. научн. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2001, - С.149 - 154.
3. Бадумян К.Л., Барсегян Э.Е., Мсрян Ф.А. Оборудование для добычи и обработки природного камня // Отраслевой каталог. – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1987. – 378 с.
4. Бычков Г.В. Добыча и обработка облицовочного камня на Урале // Уральское горное обозрение. Известия вузов. Горный журнал. – 1994. - № 11 – 12. – С. 109 - 128.
5. Бычков Г.В. Добыча и обработка уральского природного камня на рубеже тысячелетий // Горный журнал. – 2001, № 3. – С. 11 - 15.
6. Бычков Г.В. Качественная и коммерческая оценка готовой продукции из природного камня. - Екатеринбург: изд-во Уральской госуд. горно-геол. академии, 1994. – 30 с.
7. ГОСТ 23342-78. Архитектурно-строительные изделия из природного камня. Технические условия.
8. ГОСТ 23668-79. Камни брусчатые. Технические условия.
9. ГОСТ 24099-80. Плиты декоративные на основе природного камня. Технические условия.
10. ГОСТ 6666-81. Камни бортовые из горных пород.
11. ГОСТ 9479-98. Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий. Технические условия.
12. ГОСТ 9480-89. Плиты облицовочные пиленые из природного камня. Технические условия.
13. ГОСТ 30629-99. Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний.
14. Гумеров Л. Г. Самоцветы и облицовочные камни Среднего Урала. – Екатеринбург: Минприроды РФ, ДПР Уральского региона, ОАО УГСЭ, 2000. – 126 с.
15. Даниель П. Пиление гранитных слябов становится быстрее и чище. // Камень вокруг нас. – 2000. - № 9(14). – С. 38 – 39.
16. Добыча и обработка природного камня: Справочник. / Под общей ред. А.Г. Смирнова - М.: «Недра», 1990. – 445 с.
17. Методические указания учета облицовочных материалов из природного камня и инструкция по определению производственных мощностей камнеобрабатывающих предприятий / А.С.Акопян, М.Г. Тер-Оганян и др. – Ереван: НПО «Камень и силикаты», 1984. – 43 с.

18. Миков И.Н., Морозов В.И. Станок для нанесения полутоновых изображений на полированную поверхность минерала // Горный журнал. – 2001, № 3. – С. 86 - 88.
19. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности по добыче и обработке облицовочных материалов из природного камня. Вторая редакция. -Л.: Союзгипронеруд, 1977. – 128 с.
20. Орлов А.М. Добыча и обработка природного камня. – М.: Стройиздат, 1977. – 350 с.
21. Першин Г. Д., Сердюков В. В., Гуров М. Ю. Основные критерии процесса обработки природного камня алмазно-абразивным инструментом // Добыча, обработка, применение природного камня: сб. научн. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2001, - С. 109 - 119.
22. Поляков В.П., Ножкина А.В., Чириков Н.В. Алмазы и сверхтвердые материалы. – М.: Металлургия, 1990. – 327 с.
23. Правила рациональной, комплексной переработки минерального сырья (твердые полезные ископаемые). – М.: Госгортехнадзор России, 1998.-25 с.
24. Синельников О.Б. Производство изделий из камня с естественной фактурой // Горный журнал. - 1996. - № 6. –с.40 – 43.
25. Синьчковский В.Н., Косолапов А.И. Технология производственных процессов при добыче и обработке природного камня. Красноярск, Сибирь, 1985. – 80 с.
26. Смирнов А.Г., Бакка Н.Г., Биржискис И.С. и др. Добыча и обработки природного камня // Справочник. – М.: Недра. 1990. – 445 с.
27. Теляшов Л.Л. Новые технологии добычи и обработки природного камня // Камень и бизнес. – 1997. - № 2. с. 33 - 35.
28. Универсальный автомат для производства гранитных и мраморных изделий // Камень и бизнес. – 2000. - №2. - с. 17.
29. Усов В.В., Герасимович В.В. Абразивные инструменты для шлифования и полирования камня // Камень вокруг нас. - 2001. - № 13 (18). – С. 35 - 38.
30. Шеков В.А., Менжулин М.Г. Механизм разрушения камня при распиловке на рамных станках // Камень и бизнес. - 1996. - №1 - 2.

Приложение 1

Исходные данные для расчета камнеобрабатывающего оборудования

Показатели	Ед. изм.	ВАРИАНТЫ														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Исходное сырье		Мрамор	Гранит	Мрамор	Серпентинит	Мрамор	Мрамор	Гранит	Мрамор	Гранит	Мрамор	Мраморизов. известняк	Мрамор	Мраморизов. известняк	Гранит	Мрамор
Месторождение		Коелгинское	Сибирское	Мраморское	Баженовское	Каркодинское	Шабровское	Мансуровское	Ново-Ивановское	Абрамовское	Бур[illegible]	Пер[illegible]ское	Нижне-Тагильское	Исовское	Султаевское	Кибик-Кордонское
Группа блоков по ГОСТ 9479-[illegible]8	группа	I-II	I-III	II-III	III-IV	II-III	I-III	I-III	I-III	I-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	I-III
Объемная масса	т/м^3	2,71	2,60	2,63	2,83	2,70	2,70	2,67	2,67	2,62	2,71	2,70	2,70	2,65	2,62	2,70
Предел прочности на сжатие	МПа	51-72	150-200	40-85	32-188	70-103	44-69	96-144	98-110	232-255	45-90	153-217	100-150	125-182	77-168	78-110
Степень трещиноватости		Слабо трещиноватые	Практически монолитные	Слабо трещиноватые	Сильно трещиноватые	Сильно трещиноватые	Средне трещиноватые	Слабо трещиноватые	Средне трещиноватые	Практически монолитные	Средне трещиноватые	Сильно трещиноватые	Сильно трещиноватые	Сильно трещиноватые	Средне трещиноватые	Средне трещиноватые

Продолжение приложения 1

Показатели	Ед. изм.	ВАРИАНТЫ														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Производительность по готовой продукции	$\frac{тыс. м^2}{год}$	150	50	100	30	80	120	30	80	30	50	40	50	80	20	100
Основные размеры изделий																
Ширина не менее	мм	400	650	700	250	300	650	650	400	400	650	300	300	250	650	400
Длина не менее	мм	400	800	1400	200	300	произ	1400	400	произ	произ	произ	300	произ	850	400
Толщина	мм	10	20-30	20	10	10	20	30	10	20	20	20-30	30	20	30	20
Количество полированной продукции	%	100	75	100	80	100	100	70	100	80	85	100	100	85	100	100
Годовой фонд рабочего времени, $T_{г.ф}$	час	8760	6075	6075	4050	4050	6075	4050	4050	4050	2025	2025	4050	4050	2025	6075

Приложение 2

Рекомендуемый ряд мощностей для проектируемых камнеобрабатывающих заводов

Наименование заводов	Производственная мощность, тыс. $м^2$ в год
Камнеобрабатывающий завод по производству облицовочных плит из прочных горных пород	20; 50; 100; 200
Камнеобрабатывающий завод по производству их горных пород средней прочности и низкопрочных	50; 100; 200; 300; 500

Примечания:

1. Приведенные мощности при конкретном проектировании могут корректироваться в зависимости от коэффициентов использования рабочего времени оборудования, прочности обрабатываемых пород и выхода готовой продукции.
2. Меньшие мощности камнеобрабатывающих заводов допускаются при соответствующем технико-экономическом обосновании при ограниченном потреблении на рынке.
3. Предлагаемые значения мощностей камнеобрабатывающих заводов носят рекомендательный характер. При организации мелкоштучного пооперационного производства изделий из камня мощность может устанавливаться произвольно, исходя из возможностей организаторов производства.

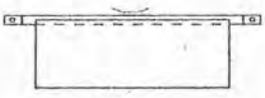
Приложение 3

Годовой фонд рабочего времени

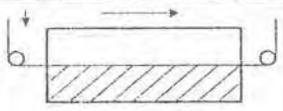
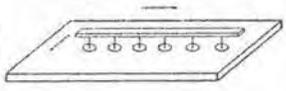
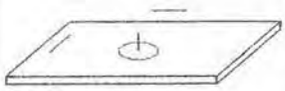
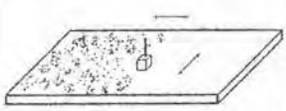
Наименование показателей	Ед. изм.	Суточный режим работы			
		односмен-ный	двухсмен-ный	трехсмен-ный	непрерыв-ный
Продолжительность смены	часы	8	8	8	12
Число рабочих смен в неделю	смены	5	10	15	10
Годовой фонд рабочего времени	часы	2025	4050	6075	8760
Коэффициент использования годового фонда рабоче-го времени работы оборудования, $К_{и.г.ф}$		0,95	0,9	0,85	0,8

Приложение 4

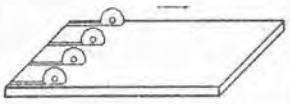
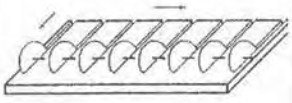
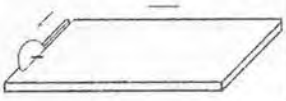
Технологические схемы обработки природного камня на базе штрипсовых и канатных камнераспиловочных станков

№ п/п	Схема операции	Наименование	Осадочные и метаморфические породы низкой и средней прочности					Прочные изверженные и метаморфические породы типа гранита					Изверженные, осадочные и метаморфические породы разной прочности			
			Полированная фактура			Пиленая фактура		Полированная шлифованная фактура		Пиленая фактура		Специальная фактура	Товары культбыта и архитектурно-строительные изделия			
			Порядковый номер технологической схемы													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
а)		Вырезание крупноразмерных заготовок на рамном станке с алмазными штрипсами	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
б)		Вырезание крупноразмерных заготовок на рамном станке с гладкими штрипсами и свободным абразивом	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-

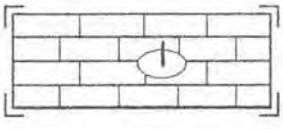
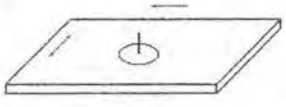
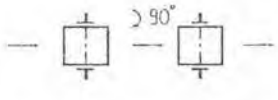
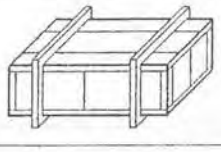
Продолжение приложения 4

№ п/п	Схема операции	Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
в)		Вырезание изделий заданных размеров и профиля на станках с канатным режущим органом	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
г)		Шлифовка-полировка на мостовом станке конвейерного типа	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
д)		Шлифовка-полировка на позиционном станке	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+
е)		Точечная, ультразвуковая или термическая обработка поверхности	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Продолжение приложения 4

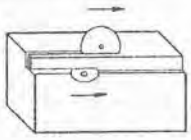
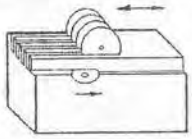
№ п/п	Схема операции	Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ж)		Продольная окантовка на многодисковом отрезном станке	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
з)		Выделение полос для поперечной разрезки на многодисковом станке	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
и)		Разрезка полос на поперечном многодисковом отрезном станке	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
к)		Продольно-поперечная окантовка изделий на фрезерно-окантовочном станке с одним или двумя дисками	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+

Продолжение приложения 4

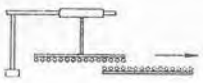
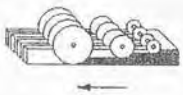
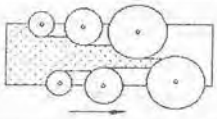
№ п/п	Схема операции	Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
л)		Шлифовка-полировка плит в кассетах на позиционном станке	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
м)		Шлифовка-полировка одиночных изделий на позиционном ручном станке	-	-(+)	-	-	-	-	-(+)	-	-	-	+	+	+	+
н)		Шлифовка торцов изделий и снятие фасок с поворотом заготовок на 90°	+	-(+)	-(+)	-	-	+	-(+)	-	-	-	+	+	+	+
о)		Контроль качества и упаковка изделий	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Приложение 5

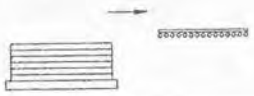
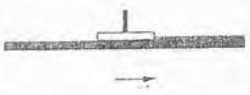
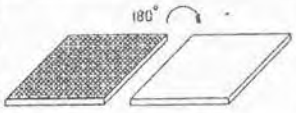
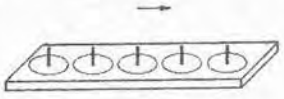
Технологические схемы обработки природного камня на базе ортогональных камнераспиловочных станков

№ п/п	Схема операции	Наименование	Осадочные и метаморфические породы низкой и средней прочности						Прочные изверженные и метаморфические породы, содержащие кварц		
			Полированная и шлифованная фактура			Пиленая фактура			Полированная и шлифованная фактура	Пиленая фактура	Плиты со спецобработкой поверхности
			Порядковый номер технологической схемы								
			15	16	17	18	19	20	21	22	23
а)		Резание толстомерной или тонкомерной заготовки за один проход на ортогональном станке с 1-4 вертикальными дисками	+	+	+	+	+	+	-	-	-
б)		Резание тонкомерных заготовок за несколько проходов на станке с 14-35 вертикальными дисками	-	-	-	-	-	-	+	+	+

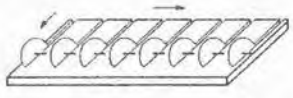
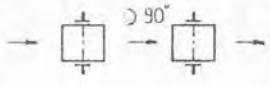
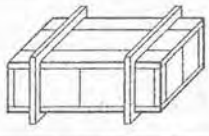
Продолжение приложения 5

№ п/п	Схема операции	Описание	15	16	17	18	19	20	21	22	23
в)		Разгрузка заготовок с ортогонального станка	+	+	+	+	+	+	+	+	+
г)		Разгрузка заготовок на линию последующей обработки	-	+	+	-	+	+	+	+	+
д)		Обрезка заготовок на однодисковом отрезном станке	+	+	+	+	+	+	+	+	+
е)		Разрезка заготовок вертикальным делителем	+	-	-	+	-	-	-	-	-
ж)		Разрезка заготовок горизонтальным делителем	-	+	-	-	+	-	-	-	-

Продолжение приложения 5

№ п/п	Схема операции	Описание	15	16	17	18	19	20	21	22	23
з)		Поворот полос на 90° на опрокидывателе	+	-	-	+	-	-	-	-	-
и)		Разделение полос перед шлифовально-полировальным конвейером	+	+	-	+	+	-	-	-	-
к)		Калибровка полосы на калибровочном станке	-	-	-	-	-	-	+	-	-
л)		Переворот полосы на лицевую сторону	-	-	-	-	-	-	+	-	-
м)		Калибровка, шлифовка-полировка полос на станке конвейерного типа	+	+	+	-	-	-	+	-	-

Продолжение приложения 5

№ п/п	Схема операции	Описание	15	16	17	18	19	20	21	22	23
н)		Разрезка полос на поперечном отрезном станке	+	+	+	+	+	+	+	+	+
о)		Шлифовка торцов плит и снятие фасок с поворотом на 90°	+	+	+	-	-	-	+	-	-
п)		Точечная, ультразвуковая или термическая обработка поверхности	-	-	-	-	-	-	-	-	+
р)		Контроль качества и упаковка готовой продукции	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Приложение 6

Объем блоков по группам по ГОСТ 9479–98

Наименование показателя	Группа блока			
	I	II	III	IV
Объем блока, $м^3$	Св. 5,0	Св. 3,0 до 5,0 включ.	Св. 0,7 до 3,0 включ.	Св. 0,1 до 0,7 включ.

Примечание:
В размерных параметрах блока длиной считают максимальный горизонтальный размер (для блоков с выраженной природной слоистостью длина должна быть ориентирована вдоль направления слоистости), шириной – меньший горизонтальный размер; высотой – меньший вертикальный размер.

Приложение 7

Ориентировочные размеры блоков по группам по ГОСТ 9479–98

Группа	Длина, м	Ширина, м	Высота, м
I	3,2-2,3	2,0-1,5	2,0-1,5
II	2,3-2,1	1,5-1,2	1,5-1,2
III	2,1-1,0	1,2-1,0	1,2-0,71

Примечание: Блоки IV группы обрабатываются на специальном оборудовании.

Приложение 8

Расчетные значения коэффициента выхода при обработке изделий из камня

Степень трещиноватости пород	Значение коэффициента выхода при обработке изделий из камня		
	распиловка, $K_{в.р}$ штрипсовая, дисковая	окантовка, $K_{в.о}$	фактурная обработка, $K_{в.ф}$
Практически монолитные	0,93 – 0,97 / 0,96 – 0,98	0,93 – 0,97	0,97 – 0,99
Трещиноватые	0,88 – 0,92 / 0,90 – 0,94	0,85.– 0,95	0,90 – 0,96
Средней трещиноватости	0,73 – 0,77 / 0,76 – 0,80	0,82 – 0,88	0,88 – 0,92
Сильнотрещиноватые	0,63 – 0,67 / 0,68 – 0,72	0,78 – 0,82	0,93 – 0,87

Приложение 9

Размеры гладких штрипсовых пил и дроби при распиловке с применением свободного абразива

Гладкие штрипсовые пилы ГОСТ 103-76, 82-70			Крупность дроби, мм ГОСТ 11964-66	
Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Литая чугунная ДЧЛ	Колотая чугунная ДЧК
3000-4000	100-180	4,0	0,8-1,5	0,75-0,80
		5,0	1,5-1,8	0,8-1,2
		6,0	1,8-2,0	0,9-1,5

Приложение 10

Элементы алмазные для полосовых штрипсовых пил, ТУ 2.037.0221933.004-90

Обозначение алмазных элементов	Размеры, мм			Масса алмаза при относительной концентрации, карат			
	длина	ширина	высота	25	35	50	75
2768-0291 2768-0291С	24	5,0	7,0	0,7	1,1	1,3	2,0
2768-0292 2768-0292С	24	7,0	7,0	0,9	1,3	1,8	2,8
2768-0293 2768-0293С	24	8,0	7,0	1,1	1,5	2,1	3,2
2768-0294 2768-0294С	20	4,0	7,0	0,4	0,6	0,9	1,3
2768-0295 2768-0295С	20	4,5	7,0	0,5	0,7	1,0	1,5
2768-0296 2768-0296С	20	5,0	7,0	0,6	0,8	1,1	1,7
2768-0297 2768-0297С	20	7,0	7,0	0,8	1,1	1,5	2,3

Примечание:
С – обозначение элементов с синтетическими алмазами.

Приложение 11

Сегменты алмазные для отрезных кругов, ТУ 2.037.0221933.006-90

Основные размеры, мм		Масса алмазов, карат, при относительной концентрации (%)	
Диаметр круга	Ширина сегмента	35	50
250	2,5	0,5	0,7
300	3,0	0,6	0,8
300	4,0	0,7	1,1
400	3,5	1,1	1,6
500	4,0	1,2	1,8
600	5,0	1,5	2,2
800	6,0	1,8	2,6
1000	7,0	1,3	2,8
1200	7,5	1,4	2,0
1500	8,5	1,9	2,7
2000	11,5	3,2	4,7

Приложение 12

Перечень нормативных документов, используемых при проектировании камнеобрабатывающих производств

1. Единые правила безопасности при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окускования руд и концентратов (ПБ 06-317-99). Утв. пост. Госгортехнадзора России от 18.10.99 г. № 75. М.: НПО ОБТ, 2000 г.
2. Правила безопасности для вспомогательных цехов горнорудных предприятий (ПБ 06-227-98). Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 13.07.98 г. № 48, М.:НПО ОБТ, 1999 г.
3. Правила безопасности при эксплуатации хвостовых, шламовых и гидроотвальных хозяйств (ПБ – 06-123-96).
4. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями. Утв. Минэнерго СССР 30.04.85. М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Утв. Главгосэнергонадзором России 06.07.84 г. 6-е изд., перераб. и дополн., с изменениями. М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Утв. Главгосэнергонадзором России 21.12.84 г. 4-е изд., перераб. и дополн., с изменениями. М.: Энергоатомиздат, 1993.

7. Правила эксплуатации электроустановок потребителей. Утв. Главгосэнергонадзором России 31.03.92 г. 5-е изд., перераб. и дополн., с изменениями. М.: Энергоатомиздат, 1992.

8. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (ПБ 10-382-00).

9. Правила устройства безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 10-382-00). Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 18.04.95 г. № 11 (с изм. 1997 г.).

10. Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов (ПБ 03-108-96). Утв. постановлением Госгортехнадзора СССР от 07.12.71 г.

11. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. ППБ-01-93. Утв. МВД России 31.01.94 (с изм. 1997 г.).

12. Правила безопасности в газовом хозяйстве. (ПБ 12-368-00). Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 30.11.98 № 71.

13. Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. (ПБ 03-273-99). М., 1998 г.

14. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования (с изм. 1995 г.).

15. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

16.. ГОСТ 12.2.016-81 ССБТ Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности (с изм. 1987 г.).

17. ГОСТ 9238-83 Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм.

18. ГОСТ 12.2.022-80 Конвейеры. Общие требования безопасности (с изм. 1986 г., 1990 г.).

19. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности (с изм. 1982 г.).

20. ГОСТ 12.4.107-82 ССБТ Канаты страховочные.

21. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования.

22. ГОСТ 12.2.009-99 ССБТ Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности.

23. ГОСТ 12.3.036-84 ССБТ Газопламенная обработка металлов. Требования безопасности (с изм. 1990 г.).

24. ГОСТ 12.3.042-88 ССБТ Деревообрабатывающее производство. Общие требования безопасности.

25. ГОСТ 12.3.020-80 ССБТ Процессы перемещения грузов на предприятиях. Требования безопасности (с изм. 1988 г.).

26. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с изм. 1986 г.).

27. ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ Работы электросварочные. Требования безопасности (с изм. 1989 г.).

28. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с изм. 2000 г.).

29. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ Шум. Общие требования безопасности (с изм. 1989 г.).

30. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с изм. 1988 г.).

31. ГОСТ 12.1.040-83 ССБТ Лазерная безопасность. Общие положения (с изм. 1986 г.).

32. ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ Ультразвук. Общие требования безопасности.

33. ГОСТ 12.2.013.0-91 ССБТ Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытаний.

34. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

35. ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ Организация обучения по безопасности труда. Общие положения.

36. ГОСТ 12.2.026.0-93. Оборудование деревообрабатывающее. Общие требования безопасности к конструкции.

37. ГОСТ 17677-82. Светильники. Общие технические условия (с изм. 1987 г.).

38. ГОСТ 12.2.003-91. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

39. ГОСТ 12.3.006-75. Эксплуатация водопроводных и канализационных сооружений и сетей. Общие требования безопасности.

40. ГОСТ 17.1.3.05-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхности и подземных вод от загрязнению нефтью и нефтепродуктами.

41. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.

42. ГОСТ 12.4.087-84. ССБТ Строительство. Каски строительные. Технические условия.

43. СНиП 3.01.04-87. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения (с изм. 1988 г.).

44. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания промышленных предприятий (с изм. 1989 г., 1991 г.).

45. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.

46. СНиП II-89-80. Генеральные планы промышленных предприятий (с изм. № 1, 2 и 3 БСТ № 4-85 г., № 3-87 г., № 11-90 г.).

47. СНиП 2.05.07-91. Промышленный транспорт (вып. 1996 г.).

48. СНиП III-4-80. Техника безопасности в строительстве. (Издание 2000 г.)

49. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление и зануление (с изм. 1987 г.)

50. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (с изм. № 1 и 2 БСТ № 9, 11-85 г., № 9-86 г., № 12-87 г.).

51. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий (с изм. 1992 г.).

52. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование (с изм. 1994 г.).

53. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

54. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания (с измен. 1995 г.).

55. СНиП 2.11.01-85. Складские здания (с изм. 1991 г.).

56. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (с изм. 1978 г. № 61 и № 222).

57. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения их сточными водами. Утв. Госкомприроды СССР, 1991 г.

58. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения СанПин 4630-88.

59. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожароопасности (НПБ-95). Пожнадзор России от 31.10.95 г.

60. Положение об охране подземных вод. М., ВСЕГИНГЕО, 1984 г.

61. ГН 2.6.1.054 – 96. Гигиенические нормативы.

62. Нормы радиационной безопасности. СП 2.6.1.768-99 (НРБ-99).

63. ОСП-72/87. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

64. РД 03-151-97. Методические указания по обеспечению требований радиационной безопасности при добыче и переработке минерального сырья на предприятиях (организациях) горнорудной и нерудной промышленности, отнесенных к радиационно опасным производствам.

65. ОНТП 6-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования складских комплексов и ремонтно-механических мастерских шахт, рудников и обогатительных фабрик горнодобывающей промышленности.

Приложение 13

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005 - 89 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Выписка)

Наименование вещества	*ПДК, мг/м³*
1	2
Азоты оксида (в пересчете на NO_2)	5
Алюминия оксид в виде аэрозоля дезинтеграции (глинозем, электрокорунд, монокорунд)	6
Амилацетат	100
Амины алифатические: $C_7 - C_9$ $C_{15} - C_{20}$	 1 1
Аммиак	20
Ацетон	200
Бензин (растворитель, топливный)	100
Дихлорэтан*	10
Диэтиловый эфир	300
Доломит	6
Известняк	6
Керосин (в пересчете на С)	300
Кремния диоксид кристаллический (кварц, кристобелит, тридимит) при содержании в пыли более 70% (кварцит, динас и др.)	1**
Кремния диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углепородная пыль и др.)	2**
Кремния диоксид кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10% (горючие кукерситные сланцы, медносульфидные руды и др.)	4**
Кремния карбид (карборунд)	6
Магнезит	10
Метиловый эфир акриловой кислоты (метилакрилат)	5
Натрия роданид (технический)	10
Озон	0,1
Ртуть металлическая	0,01/0,005***
Свинец и его неорганические соединения (по свинцу)	0,01/0,005***
Сероводород*	10

Продолжение приложения 13

1	2
Сероуглерод	1
Силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты: - асбест природный и искусственный, смешанные асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 10%	2
- асбестопородные пыли при содержании в них асбеста до 10%	4
- асбестоцемент неокрашенный и цветной при содержании в нем диоксида марганца не более 5%, оксида хрома не более 7%, оксида железа не более 10%	6
- асбестобакелит, асбесторезина	8
- слюды (флагопит, мусковит), тальк, талькопородные пыли (природные смеси талька с тремолитом, актинолитом, антофиллитом и другими минералами), содержащие до 10% свободного диоксида кремния	4
- искусственные минеральные волокна силикатные и алюмосиликатные стеклообразной структуры (стекловолокно, стекловата, вата минеральная и шлаковая, муллитокремнеземистые волокна, не содержащие или содержащие до 5% Cr^{+3} и др.)*	2
- цемент, оливин, апатит, форстерит, глина, шамот каолиновый	6
- силикаты стеклообразные вулканического происхождения (туфы, пемза, перлит)	4
- цеолиты (природные и искусственные)	2
Скипидар (в пересчете на С)	300
Сольвент-нафта (в пересчете на С)	100
Спирт амиловый*	10
Спирт н-бутиловый, бутиловый вторичный и третичный	10
Спирт н-гептиловый*	10
Спирт изооктиловый	50
Спирт метиловый*	5
Спирт н-октиловый	10
Спирт пропиловый	10
Спирт этиловый	1000
Углеводороды алифатические предельные $C_1 - C_{10}$ (в пересчете на С)	300

1	2
Углерода оксид****	20
Углерод четыреххлористый	20
Фенол*	0,3
Формальдегид*	0,5
Фосфор желтый элементарный	0,03
Фосфорит	6
Фтористоводородной кислоты соли (по F): - фториды натрия, калия, аммония, цинка, олова, серебра, лития и бария, криолит, гидрофторид аммония	1/0,2***
- фториды алюминия, магния, кальция, стронция, меди, хрома	2,5/0,5***
Хлор*	1
Цинка магнид	6
Цирконий металлический	6
Этилацетат	200

* Требуется специальная защита кожи и глаз.

** ПДК для общей массы аэрозоля.

*** В числителе дана максимальная ПДК, в знаменателе – среднесменная.

**** При длительности работы в атмосфере, содержащей оксид углерода, не более 1 часа предельно допустимая концентрация оксида углерода может быть повышена до 50 мг/м^3, не более 30 мин. - до 100 мг/м^3, не более 15 мин. - 200 мг/м^3. Повторные роботы в условиях повышенного содержания оксида углерода в воздухе рабочей зоны можно выполнять с перерывом не менее чем на 2 часа.

Приложение 14

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) вредных веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (СанПиН № 4630 - 88. Выписка)

Наименование реагента	*Предельно допустимая концентрация, мг/л*	*Класс опасности вещества (по воде)**
1	2	3
Алкилсульфаты	0,5	4
Алкилсульфонаты (сульфонолы)	0,5	3
Аммиак (по азоту)	2,0	3

1	2	3
АНП-2 (флотореагент)	0,05	3
ВА-2 (флокулянт)	0,5	2
Гексаметилентетрамин (уротропин)	0,5	2
Гидролизованный бутиловый аэрофлот	0,001	4
Диалкилдиметиламмоний хлорид C_{17} -C_{20} (флотореагент ДМ-2)	0,1	3
Бутиловый аэрофлот	0,2	2
Изобутиловый аэрофлот	0,2	2
Изопропиловый аэрофлот	0,02	4
Этиловый аэрофлот	0,5	3
Железо хлорное (по Fe)	0,3	3
Изоамиловый ксантогенат калия	0,005	4
Изобутиловый ксантогенат калия	0,005	4
Изоприловый ксантогенат калия	0,05	4
Флотореагент ИТК	0,06	3
Флотореагент ИМ-50	0,1	4
ИОМС-1	4,0	4
КМЦ. натриевая соль	5,0	3
Керосин окисленный	0,01	4
Керосин осветительный	0,05	4
Керосин сульфированный	0,1	4
Керосин технический	0,01	4
Керосин тракторный	0,01	4
Кислота олеиновая	0,5	4
Кислота уксусная	1,0	4
Кислота щавелевая	0,5	3
Дихлоркарбоновые кислоты фракции C_{17} -C_{20}	1,0	4
Кислоты жирные синтетические C_3 - C_{20}	0,1	4
Вспениватель МИБК**	0,15	2
Мочевина	-	4
Натрий фосфат трехзамещенный	3,5	4
Полифосфаты	3,5	3
Вспениватель ОПСБ	2,0	3
ВПК-402 (флокулянт)	0,1	3
ППС (флокулянт)	0,08	2
Свинец	0,03	2
Синтанол ДС-10	0,1	4
Скипидар	0,2	4
Спирт гексиловый (вспениватель)	0,01	2

1	2	3
Оксаль (Т-80) (вспениватель)	0,2	2
СФК (вспениватель)	0,02	2
Тиомочевина	0,03	2
Тиосульфат натрия	2,5	3
Цианиды	0,1	2
Циклогексанол (вспениватель)	0,5	2
Цинк	1,0	3
Этиловый ксантогенат калия	0,1	4
Медь	1,0	3
Молибден	0,25	2
Мышьяк	0,05	2
Нитраты (по NO_2)	45,0	3
Никель	0,1	3
Сульфиды	-	3
Фенол	0,001	4
Хлориды (по Cl-иону)	350,0	4
Четыреххлористый углерод**	0,006	2
Этилацетат	0,2	2

* Класс опасности вещества (по воде) определяют с учетом токсичности, кумулятивности (накопление в организме), способности вызывать отделенные реакции организма, влияния на санитарные свойства воды (запах, цвет, пена, вкус и пр.); 1-й класс - чрезвычайно опасные, 2-й класс - высокоопасные. 3-й класс - опасные, 4-й класс - умеренно опасные.

** Для этих реагентов приведены ориентировочно-допустимые уровни (ОДУ); для остальных реагентов - предельно допустимые концентрации (ПДК).

Приложение 15

Освещенность некоторых помещений и производственных участков в зданиях, сооружениях различного назначения и в камнеобрабатывающих цехах

Помещения и производственные участки	*Плоскость нормирования освещенности и ее высота от пола, м*	*Разряд зрительной работы*	*Освещенность, лк*	
			При комбинированном	*При общем освещении*
1	2	3	4	5
Производство по обслуживанию автомобилей				
1. Мойка и уборка автомобилей	Пол	VI	-	150
2. Техническое обслуживание автомобилей	Пол	Va	300	200
3. Ежедневное обслуживание автомобилей	В – на машине	VIIIa	-	75
4. Осмотровой канавы	Г – низ машины	VI	-	150
5. Моторное, агрегатное, механическое, электротехническое отделения приборов питания	Г – 0,8	IVa	750	300
6. Кузнечное, сварочно-жестяницкое и медничное отделения	Г – 0,8	IVб	500	200
7. Столярное и отбойное отделения	Г – 0,8	Va	300	200
8. Ремонт и монтаж машин	Г – 0,8	Va	300	200
9. Помещения для хранения автомобилей	Пол	VIIIб	-	20
10. Открытые площадки для хранения автомобилей	Пол	XII	-	5
Склады				
11. Склады громоздких предметов и сыпучих материалов (песок, лес, цемент и т. п.)	Пол	-	-	20
12. Материальные, инструментальные и им подобные склады	Пол	VIIIa	-	75

1	2	3	4	5
13. Склады емкостей химических и легковоспламеняющихся жидкостей (кислот, щелочей, лаков и красок и т. п.): а) с разливом на складе	Пол	VIIIа	-	30
б) без разлива на складе	Пол	VIIIб	-	20
Котельные				
14. Помещения котлов: а) площадки обслуживания котлов	В – на створках, затворках, питателях	VI	100	100
б) площадки и лестницы котлов и экономайзеров	Пол	-	-	10
15. Помещения дымососов, вентиляторов, бункерное отделение	Г – 0,8	VI	-	100
16. Конденсационная, химводоочистка, деаэраторная, бойлерная	Пол	VI	-	100
17. Помещения топливоподачи	Г – 0,8	VI	-	100
18. Надбункерное помещение	Г – 0,8	VIIIб	-	20
Электропомещения				
19. Камеры трансформаторов и реакторов	В – 1,5	VI	-	50
20. Помещения распределительных устройств: а) на фасаде щита при постоянном обслуживании (на панели)	В – 1,5	IVг	-	200
б) то же, но при периодическом обслуживании (на панели)	В - 1,5	IVг	-	150
в) задняя сторона щита (на панели)	В - 1,5	VI	-	100
21. Помещения конденсаторов	В – на конденсаторах	IVг	-	100
22. Помещения для аккумуляторов	Г – 0,5	VI	-	50
23. Помещение для ремонта аккумуляторов	Г – 0,8	IVб	500	200
24. Электрощитовые в жилых и общественных зданиях	В – 1,5	VI	-	50

Продолжение приложения 15

1	2	3	4	5
Помещения для электрокаров и электропогрузчиков				
25. Помещения для стоянки и зарядки	Пол	VI	-	50
26. Помещение для ремонта электрокаров и электропогрузчиков	Пол	IVб	500	200
27. Электролитная и дистилляторная	Г – 0,8	VI	-	150
Помещения инженерных сетей и прочие технологические помещения				
28. Помещения для вентиляционного оборудования (кроме кондиционеров)	Г – 0,8	VIIIб	-	20
29. Помещения для кондиционеров и насосов, тепловые пункты	Г – 0,8	VIIIа	-	75
30. Машинные залы насосных, компрессорные, воздуходувки: а) с постоянным дежурством персонала	Г – 0,8	VI	-	150
б) без постоянного дежурства персонала	Г – 0,8	VI	-	100
31. Помещения для инженерных сетей	Пол	-	-	20
32. Помещения резервуаров для очистки воды (фильтры, отстойники, осветлители, песколовки и т.п.):	Г-0,8	-	-	-
а) с постоянным дежурством персонала	-	VIIб	50	20
б) без постоянного дежурства персонала	-	-	50	10
Шкала измерительных приборов				
33. Светлые шкалы больших и средних размеров	В – на приборах	IVг	300	150
34. Темные шкалы больших и средних размеров	В – на приборах	IVв	400	200
35. Шкалы малых размеров	В – на приборах	IIIв	750	300

1	2	3	4	5
Галереи и туннели				
36. Шинопроводов и транспортеров	Пол	VIIIв	-	20
37. Кабельные, теплофикационные, масляные, пульпопроводов, водопроводные	Пол	VIIIв	-	10
Сооружения оборотного водоснабжения				
38. Постоянные пути движения работающих	Горизонтальная		-	1
39. Зона шламосброса	Г – на ответвлениях пульпопроводов	XVIII	2	2
40. Зоны укладки пульпопроводов и водопроводов	Г – в зоне работ	XVII	5	5
41. Трасса укладки трубопроводов	В, Г – на пульпроводах	XXI	1	1
Камнеобрабатывающие цеха				
42. Отделение распиловки штрипсовыми станками: а) для работы	Освещенность обеспечивается на высоту станка	VIIIа	-	75
б) для наладки и ремонта оборудования	Освещенность обеспечивается на высоту станка	IVб	-	200
43. Отделение распиловки на ортогональных станках и обработка	Освещенность обеспечивается на высоту станка	VIIIа	-	75
44. Отделение шлифовально-полировальных станков	Освещенность обеспечивается на высоту станка	IIв	750	-
45. Автоматизированные конвейерные линии	На поверхности конвейера	IIв	750	-

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
№3 «Открытые горные работы»

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Кокунин Р.В., к.т.н.
Кокунина Л.В., к.т.н.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента 3

2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 4

3. Рекомендуемая литература 7

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 часа или 4 зачетных единицы. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы – 64 часа, заочной – 124 часа.

По курсу «Технология обработка природного камня» 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 «*Технология обработки природного камня*». Она содержит названия 12 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. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомиться со структурой темы.

2. По конспектам лекций освоить каждый структурный элемент темы.

3. При необходимости использовать указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы можно получить у преподавателя.

4. Ответить на контрольные вопросы и выполнить рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернуться к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектировать материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решить 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. Введение.

Цели, задачи дисциплины. История развития, краткое описание направлений развития камнеобрабатывающей отрасли.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Виды изделий природного камня и области применения.
2. История и направления развития обработки природного камня.

Тема 2. Сырье для производства изделий из камня.

Виды месторождений, пригодных для добычи и обработки природного камня, классификация сырья по физико-механическим м декоративным свойствам пород. Параметры доставляемого сырья: блоков или заготовок для производства изделий из природного камня. Требование к сырью.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Физико-механические и декоративные свойства и горных пород их значения, как показатель пригодности для добычи и обработки природного камня.
2. Требования к блокам, пригодных для производства продукции из природного камня.

Тема 3. Готовая продукция из природного камня.

Области применения продукции из природного камня пород средней прочности и прочных. Виды продукции, типоразмеры, модульность, свойства и параметры. Требования к качеству готовой продукции.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Виды продукции из природного камня, типоразмеры, модульность, свойства и параметры.
2. Области применения продукции из природного камня пород средней прочности.

3. Области применения продукции из природного камня прочных пород.

4. Нормативные документы, показатели качества и требования к качеству готовой продукции.

Тема 4. Процессы обработки природного камня.

Рассматриваются процессы обработки пород средней прочности и прочных пород. Этапность обработки.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Процессы обработки пород средней прочности, особенности, режимы и инструмент.

2. Этапы обработки пород средней прочности.

3. Процессы обработки прочных пород, особенности, режимы и инструмент.

4. Этапы обработки прочных пород.

Тема 5. Технологические схемы производства изделий из камня.

Распиловка природного камня станками рамного типа. Распиловка камня дисковыми камнераспиловочными станками. Распиловка камня на станках с канатным режущим органом. Распиловка камня на станках с нетрадиционным режущим органом. Окантовка и фрезеровка изделий из камня. Фактурная обработка камня.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Особенности распиловки природного камня станками рамного типа.

2. Особенности распиловки камня дисковыми камнераспиловочными станками. Особенности распиловки камня на станках с канатным режущим органом.

3. Особенности распиловки камня на станках с нетрадиционным режущим органом. Принципы и технология окантовки и фрезеровки изделий из камня.

4. Принципы и технология фактурной обработки камня.

Тема 6. Компоновка камнеобрабатывающих предприятий.

Осуществляется выбор оборудования и его параметры. Производится расстановка оборудования в плане и разрезах помещений цехов. Определяются параметры цехов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Принципы выбора оборудования и его параметров для камнеобрабатывающих предприятий

2. Требования к расстановке оборудования в плане и разрезах помещений цехов. Определение параметров цехов.

Тема 7. Производственное водоснабжение и шламовое хозяйство камнеобрабатывающих производств.

Производится выбор очистного оборудования и вид очистки. Планировка водосборных кюветов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Принципы организации шламового хозяйства камнеобрабатывающих производств.

2. Виды очистки и критерии выбора очистного оборудования.

3. Требования к планировке водосборных кюветов.

Тема 8. Контроль качества готовой продукции.

Нормативные документы. Методы и параметры контроля качества.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Нормативные документы для контроля качества готовой продукции из природного камня.

2. Методы и параметры контроля качества, инструменты и требования к ним.

Тема 9. Рациональное использование сырья.

Комплексная переработка сырья. Области применения. Взаимосвязь параметров технологических процессов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Комплексная переработка сырья ее значение и области применения.

2. Возможности организации взаимосвязи параметров технологических процессов.

Тема 10. Складирование и хранение сырья и готовой продукции из камня.

Требования к складам. Параметры складов. Механизация.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Требования к складам и принципы складирования и хранения сырья и готовой продукции из природного камня.

2. Расчет параметров складов, механизация и организация работ на складах сырья и готовой продукции из природного камня

Тема 11. Подготовка тары для упаковки готовой продукции.

Виды тары, параметры, типоразмеры. Требования к упаковке готовой продукции.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Тара для упаковки готовой продукции из природного камня, ее виды.

2. Параметры тары для упаковки готовой продукции из природного камня, типоразмеры и требования к ней.

Тема 12. Охрана труда и техника безопасности.

Нормативные документы, требования к охране труда и технике безопасности.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Требования к охране труда и технике безопасности на производствах продукции из природного камня.

2. Нормативные документы по охране труда и технике безопасности для проектирования и работы производств продукции из природного камня.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Синельников О.Б. Природный облицовочный камень. Часть I. Облицовочные камни. Учебное пособие. – М.: МГГУ, 2000. –362 с.

2. Добыча и обработка природного камня: Справочник / авторы А.Г. Смирнов, Н.Т. Бакка, И.С. Биржишкис и др. Под общей редакцией А.Г. Смирнова. – М.: Недра, 1990. – 445 с.

3. Синельников О.Б. Добыча природного облицовочного камня. – М.: Издательство РАСХН, 2005. – 245 с.

4. Чирков А.С. Добыча и переработка строительных горных пород. – М.: Изд-во МГГУ, 2009. – 622 с.

5. Казарян Ж.А. Природный камень в строительстве: обработка, дизайн, облицовочные работы (справочник). – М.: Петракомплект, 2008 г.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Мусихина О.В., к.т.н., доцент

Екатеринбург

Тема типового курсового проекта: **Автоматизированное проектирование объектов открытых горных работ.**

Типовой курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию, представленному в виде графической распечатки формата А4 с шестью геологическими поперечными сечениями рудного тела.

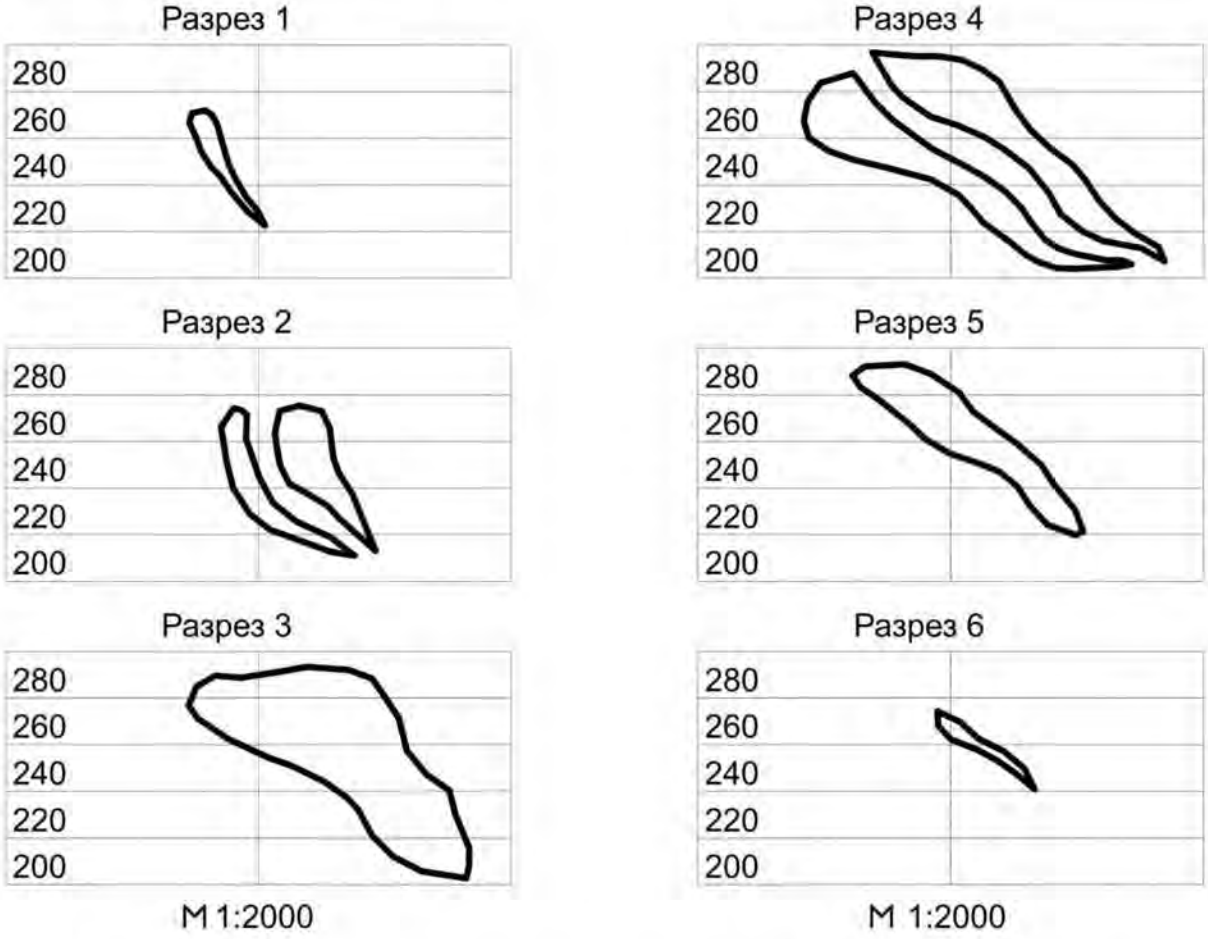


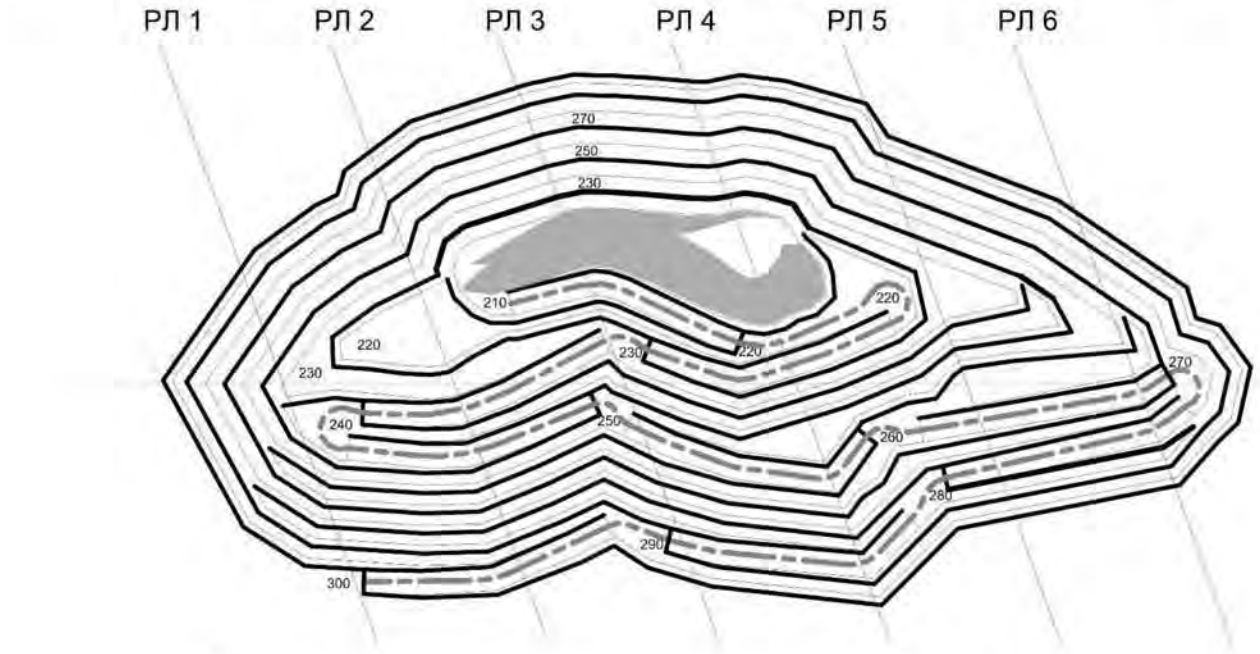
Рисунок прил.1-1 – Пример индивидуального задания для курсового проекта

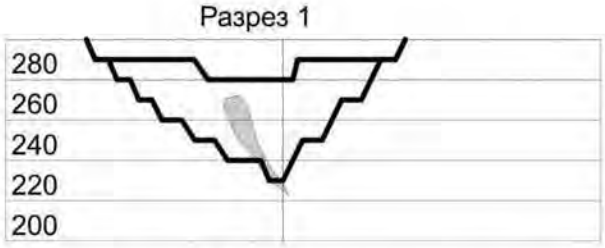
Цель курсового проекта:

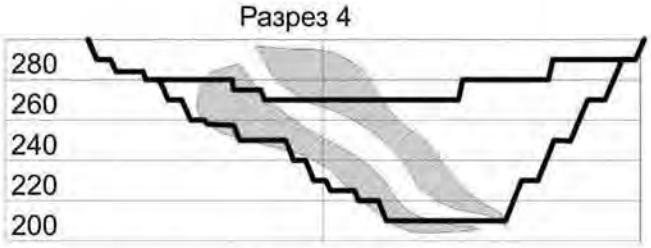
Освоить автоматизированные технологии проектирования карьеров, основанные на применении стандартных и специализированных программных средств типа AutoCAD Autodesk.

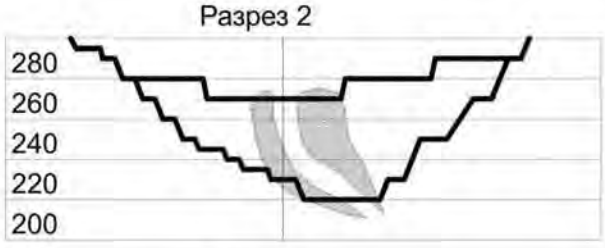
Курсовой проект выполняется на основе лабораторных работ, выполняемых студентом в ходе аудиторных занятий.

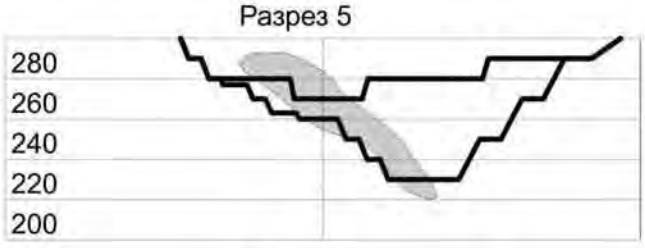
На основе данных, представленных на рисунке прил.1-1, студент последовательно решает поставленные задачи, в результате которых проектирует карьер со вскрывающими выработками и сдвоенными при погашении уступами, проводит сравнительный анализ изменения коэффициентов вскрыши при разной конфигурации границ карьерной выемки.

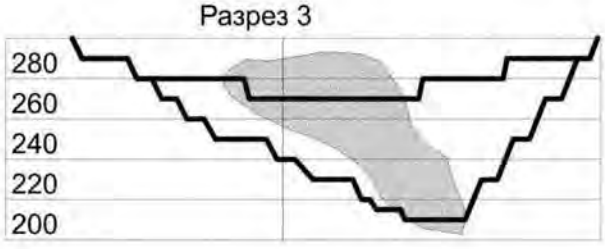












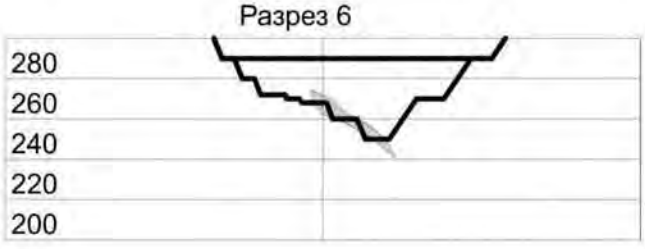


Рисунок прил.1-2 – Финальные материалы курсового проекта, предоставляемые преподавателю для оценки

Ход выполнения курсового проекта аналогичен ходу выполнения практических работ на аудиторных занятиях (см. Руководство по выполнению практических работ по дисциплине «Информационные технологии в горном деле»)

Критерии оценивания:

– Качество выполненной работы
– Самостоятельность выполнения
– Соответствие требованиям оформления
– Защита курсового проекта

Критерии оценки:

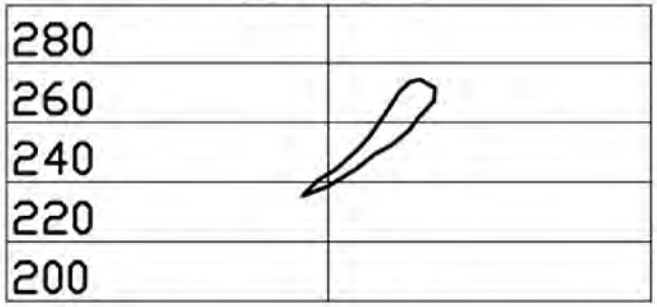
оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если проект выполнен в срок, на высоком уровне и в полном объеме, умело систематизированы данные в виде таблиц, отражен весь порядок выполнения работы, графика выполнена на надлежащем уровне (9-10 баллов)

9-10 баллов (90-100%) - оценка «отлично»
6-8 баллов (60-89%) - оценка «хорошо»
4-6 баллов (40-59%) - оценка «удовлетворительно»
0-3 баллов (0-39%) - оценка «неудовлетворительно».

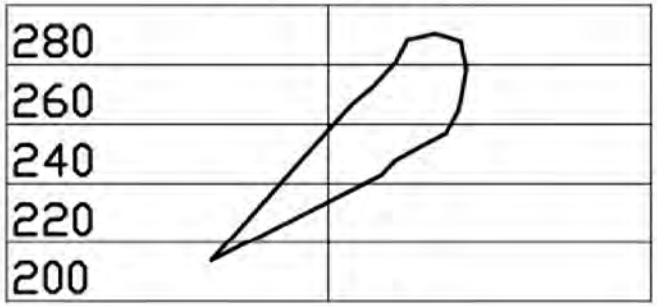
ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Вариант 23

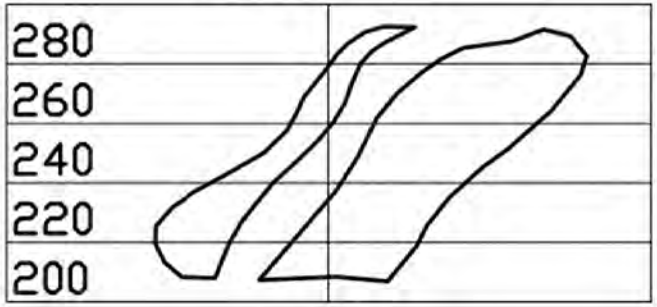
Разрез 1



Разрез 2



Разрез 3

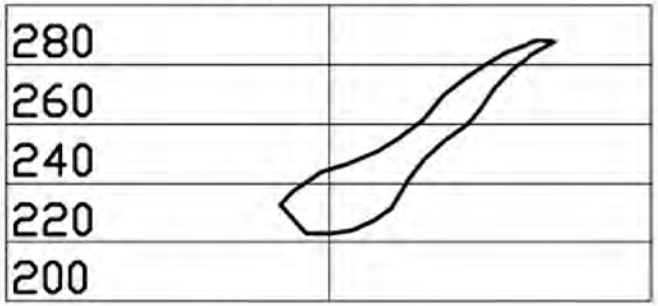


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



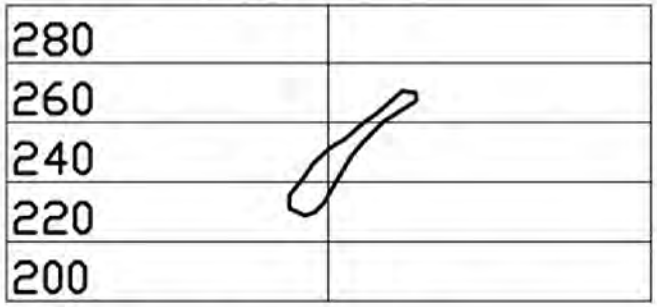
Разрез 6



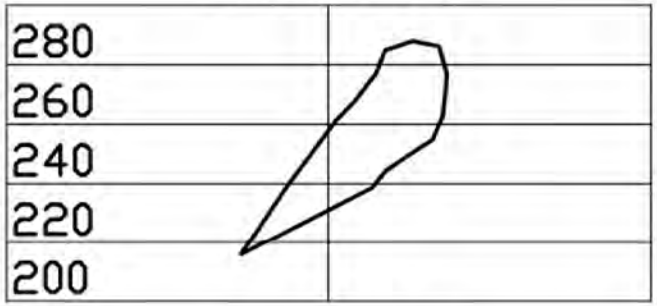
1:2000

Вариант 24

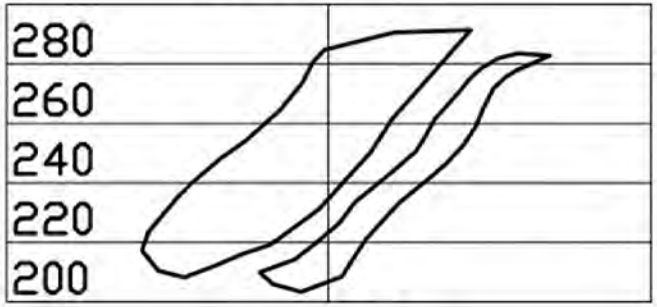
Разрез 1



Разрез 2

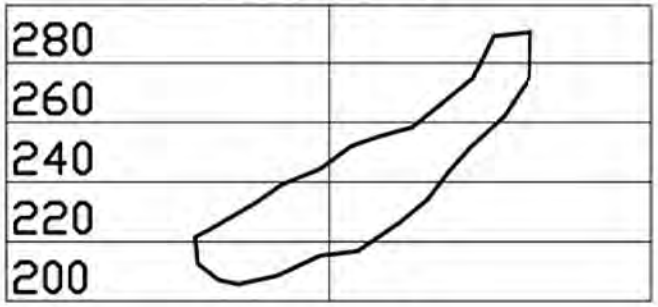


Разрез 3

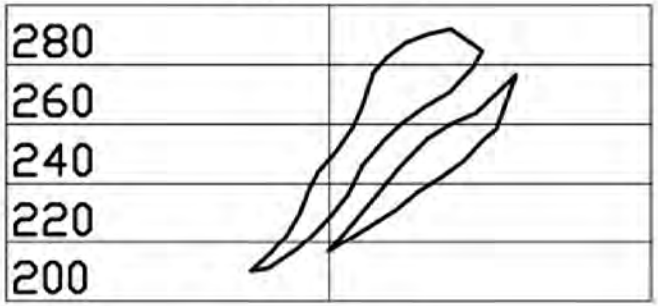


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



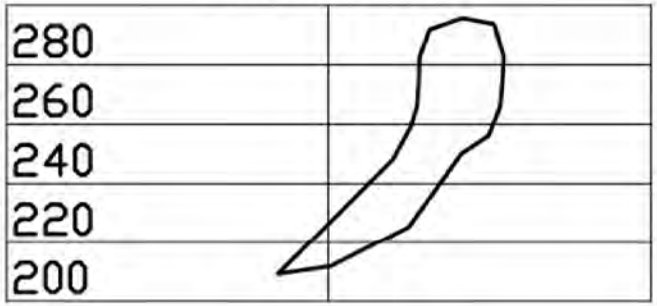
1:2000

Вариант 25

Разрез 1



Разрез 2



Разрез 3

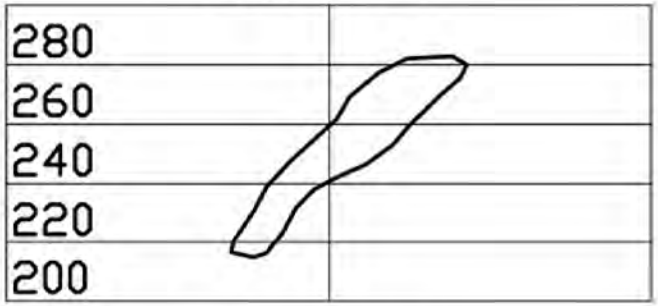


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



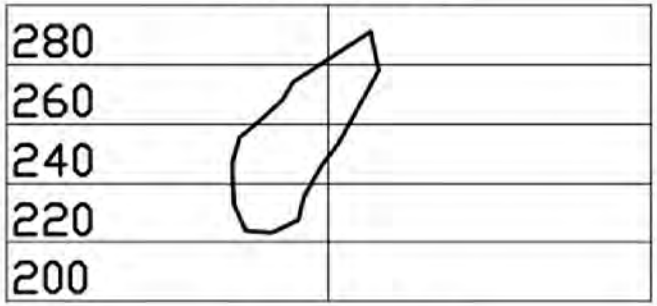
1:2000

Вариант 26

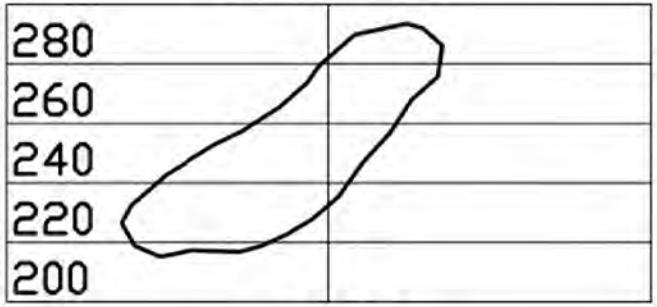
Разрез 1



Разрез 2

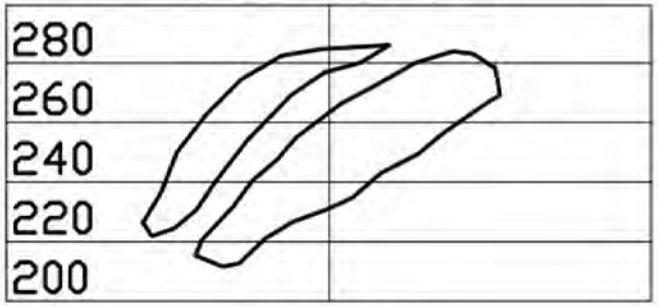


Разрез 3

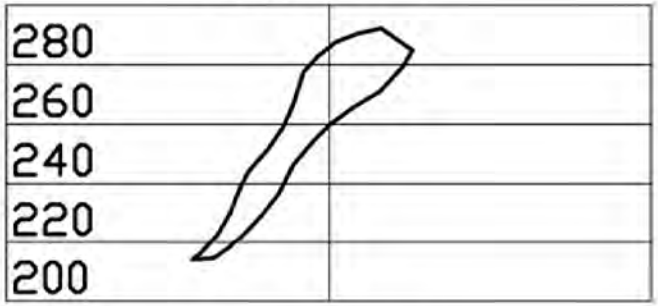


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



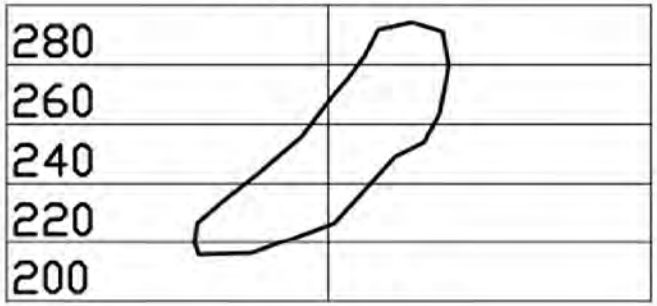
1:2000

Вариант 27

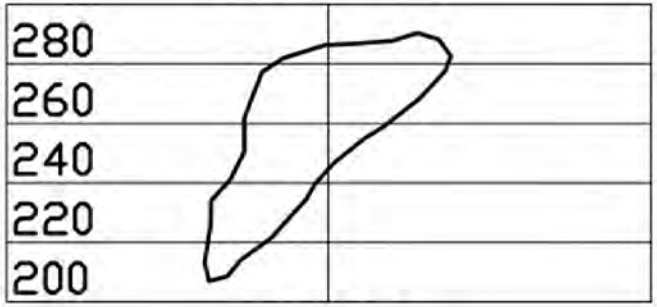
Разрез 1



Разрез 2



Разрез 3

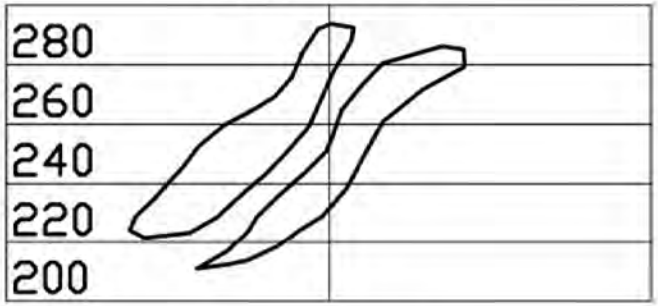


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



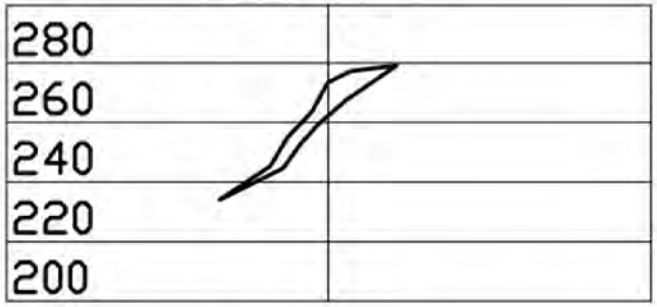
Разрез 6



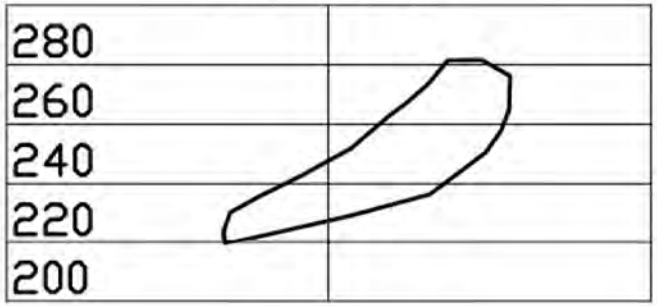
1:2000

Вариант 28

Разрез 1



Разрез 2

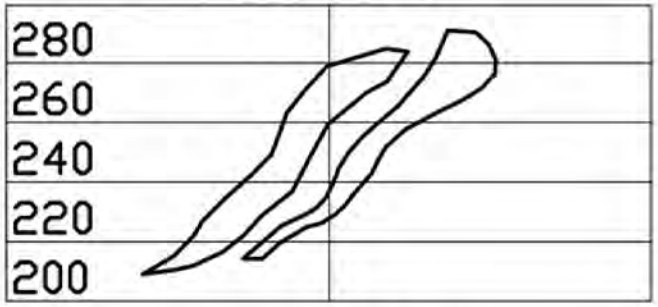


Разрез 3

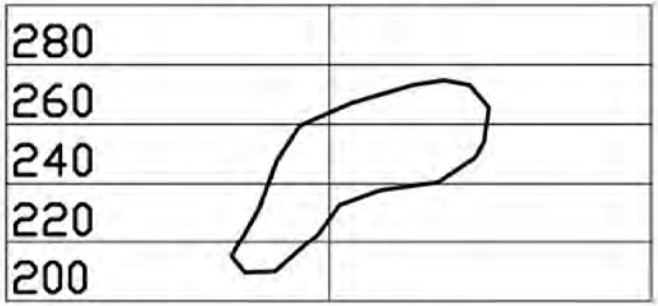


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



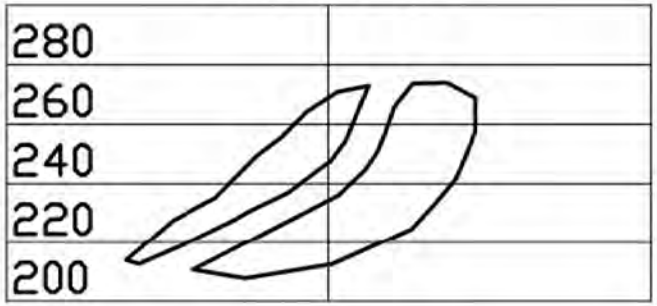
1:2000

Вариант 29

Разрез 1



Разрез 2

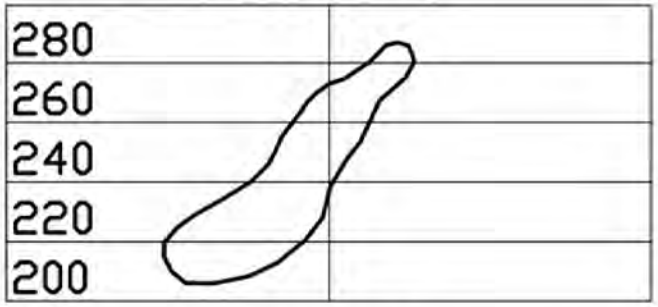


Разрез 3



1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



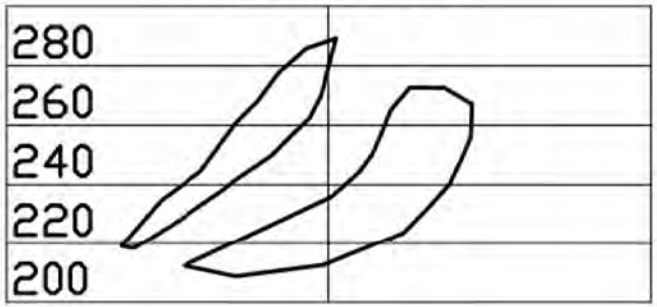
1:2000

Вариант 30

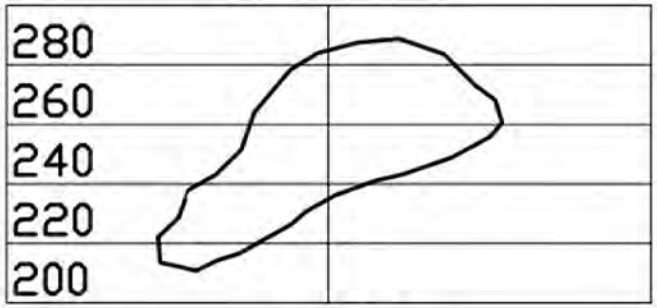
Разрез 1



Разрез 2

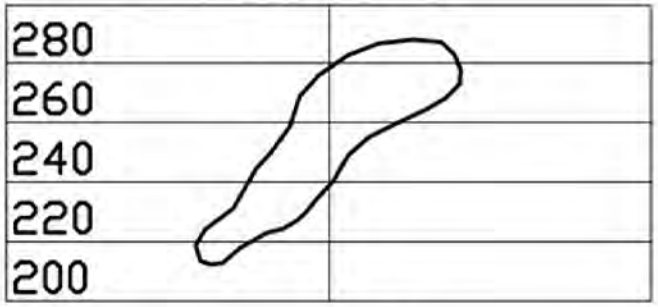


Разрез 3

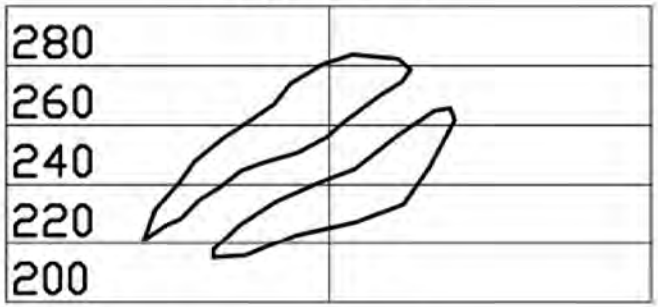


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



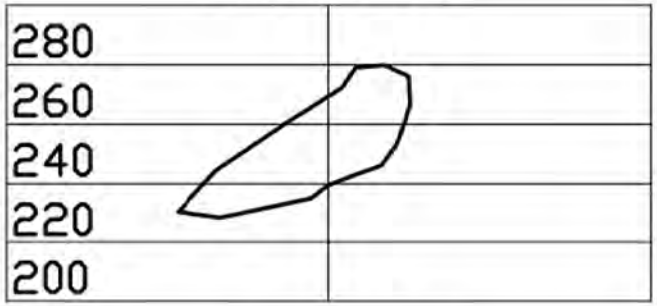
1:2000

Вариант 31

Разрез 1



Разрез 2

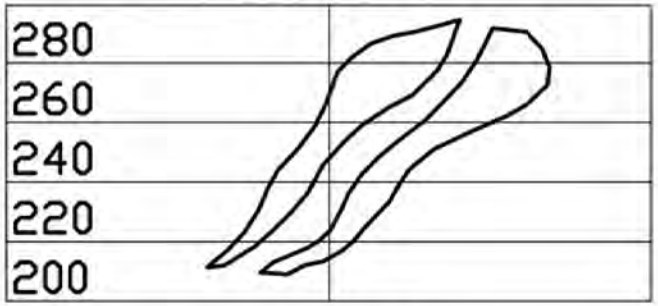


Разрез 3

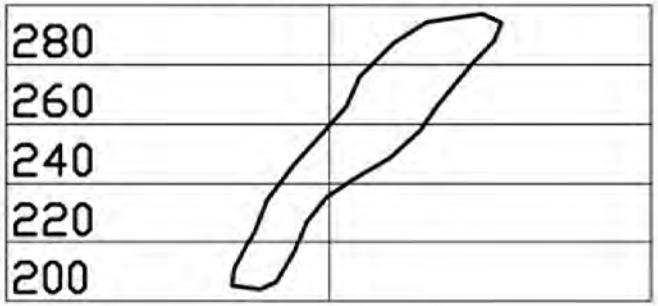


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



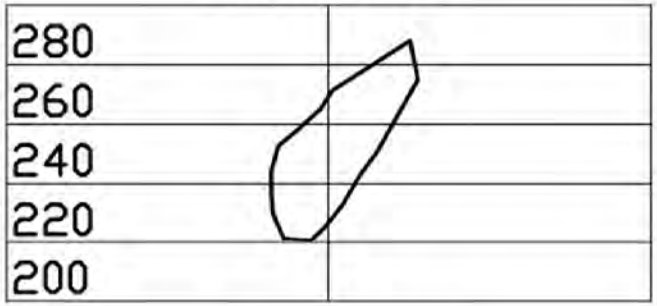
1:2000

Вариант 41

Разрез 1



Разрез 2

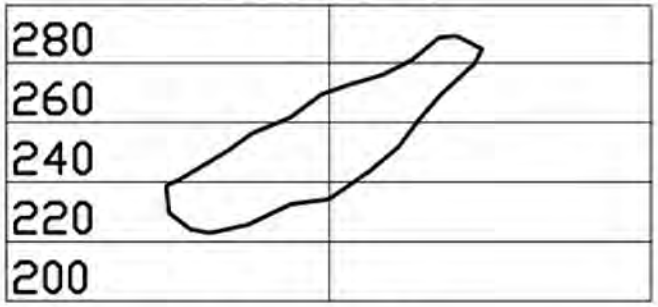


Разрез 3

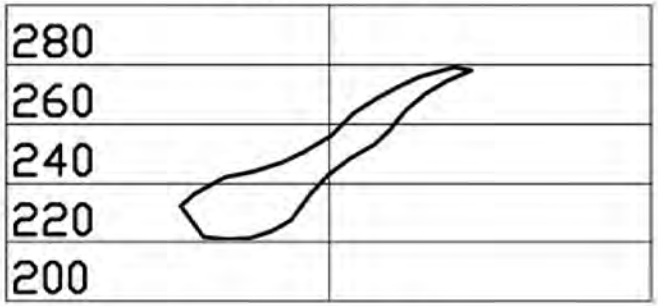


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



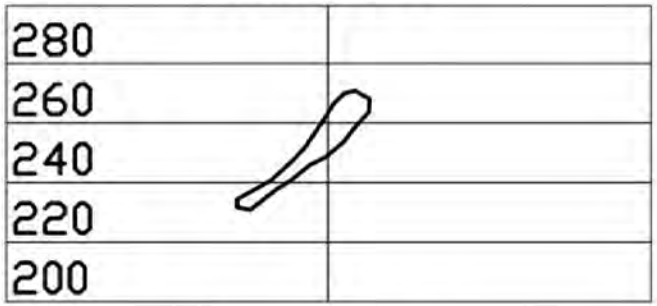
Разрез 6



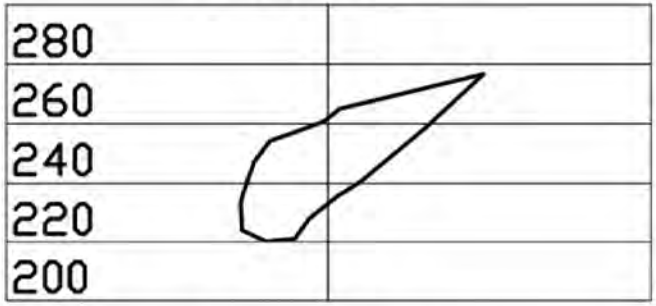
1:2000

Вариант 42

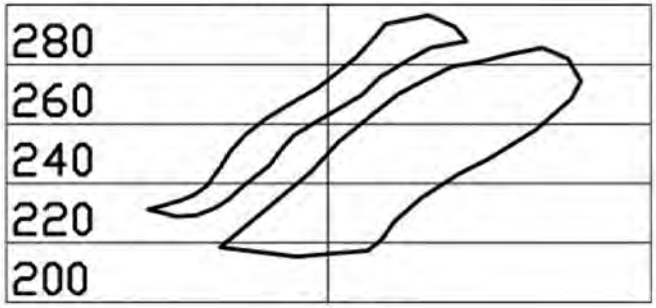
Разрез 1



Разрез 2

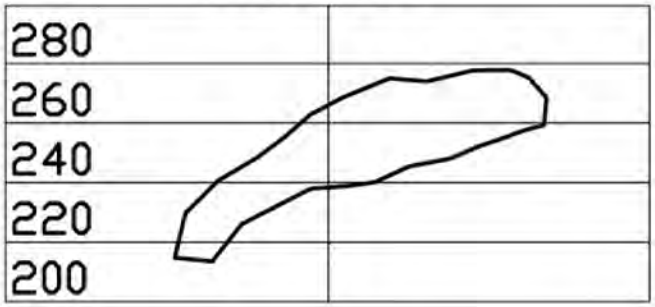


Разрез 3



1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



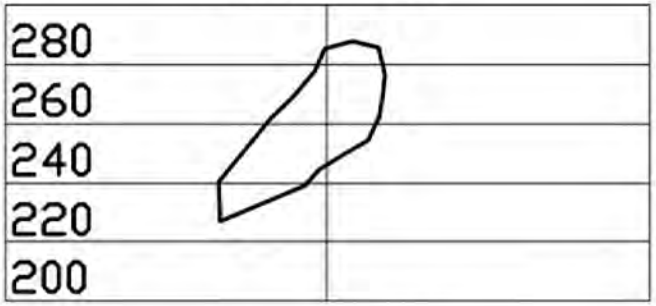
1:2000

ВАРИАНТ 43

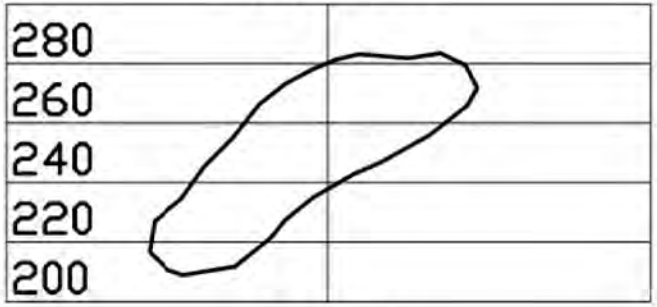
Разрез 1



Разрез 2

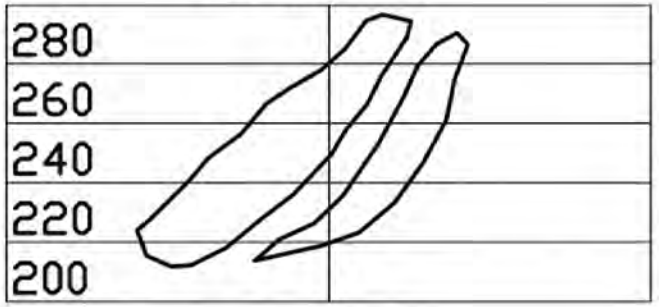


Разрез 3

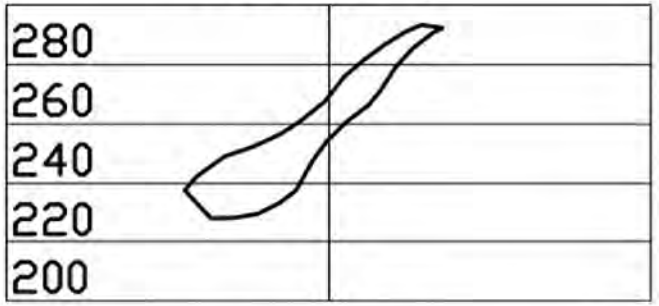


1:2000

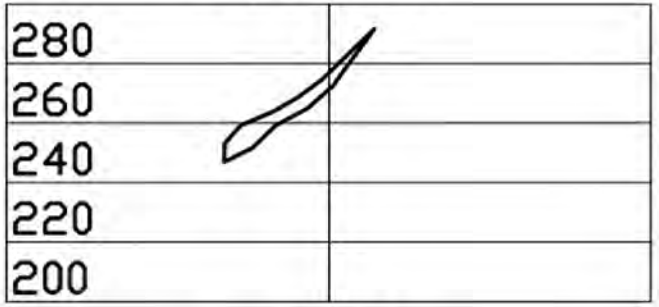
Разрез 4



Разрез 5



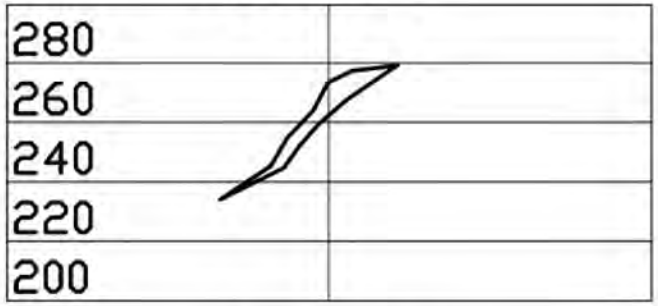
Разрез 6



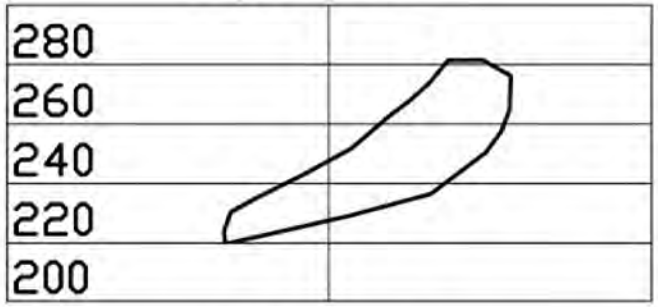
1:2000

Вариант 44

Разрез 1



Разрез 2

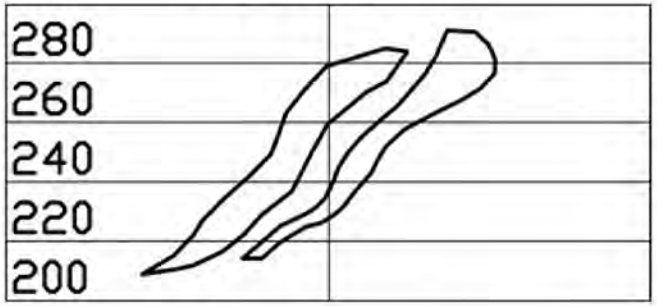


Разрез 3

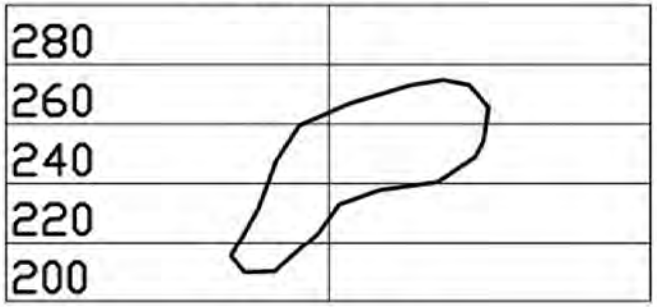


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



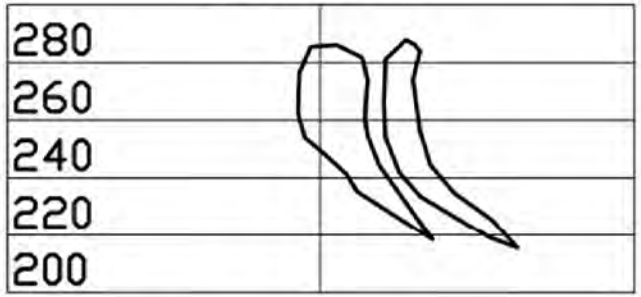
1:2000

Вариант 1

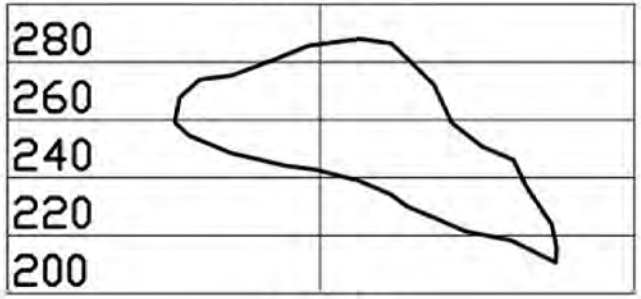
Разрез 1



Разрез 2

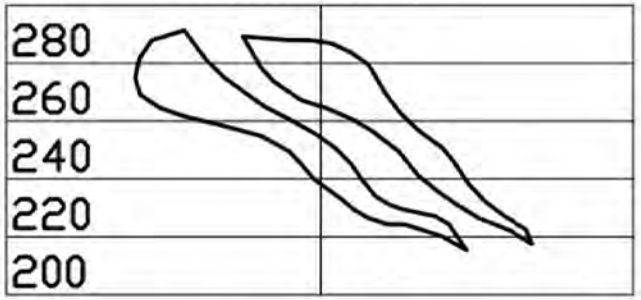


Разрез 3

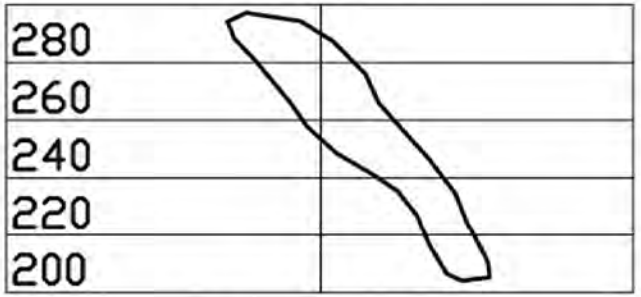


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



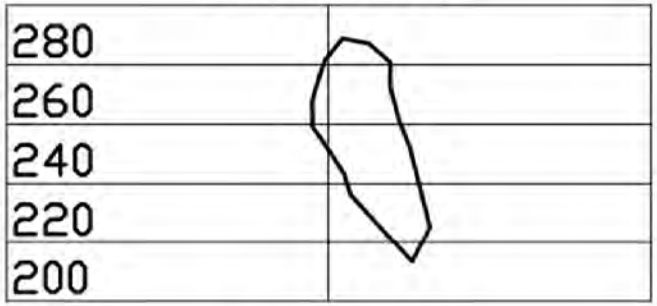
1:2000

Вариант 2

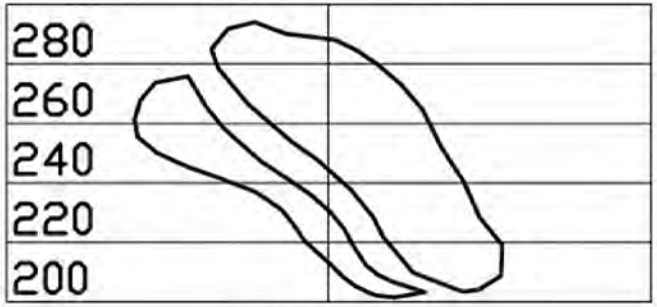
Разрез 1



Разрез 2

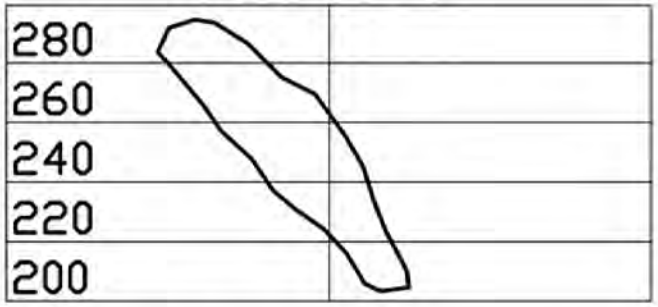


Разрез 3

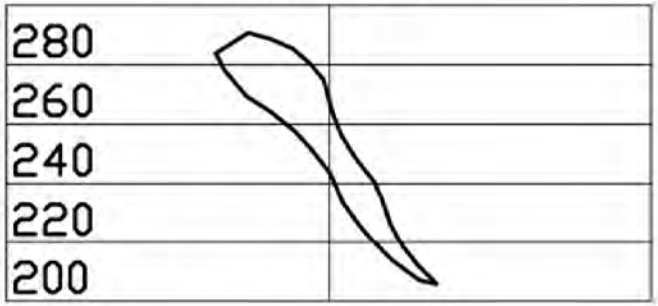


1:2000

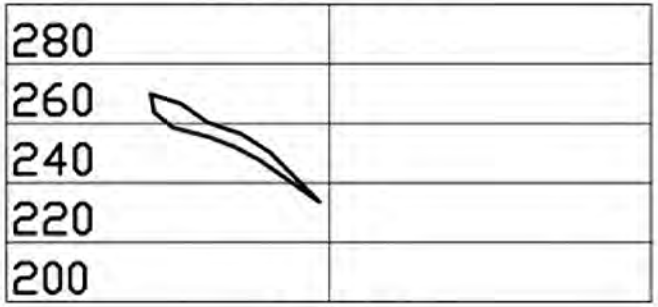
Разрез 4



Разрез 5



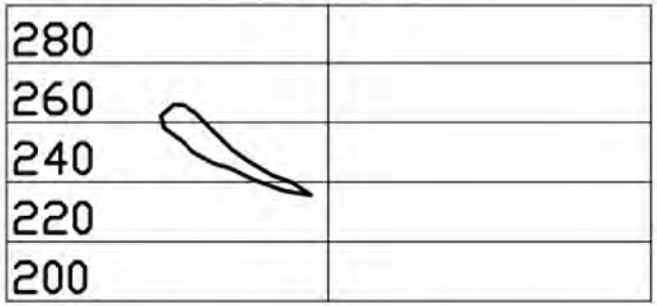
Разрез 6



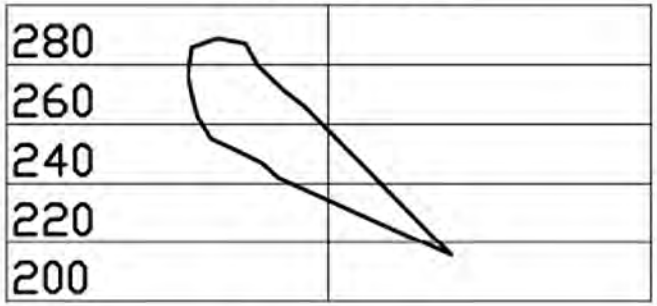
1:2000

Вариант 3

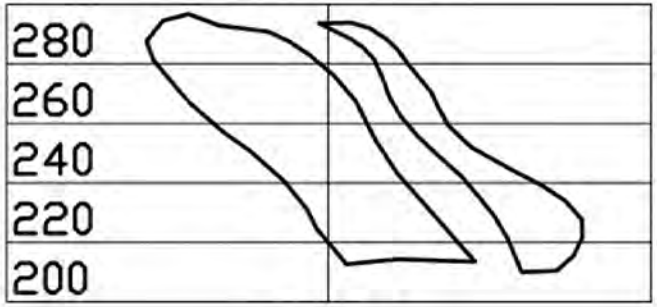
Разрез 1



Разрез 2

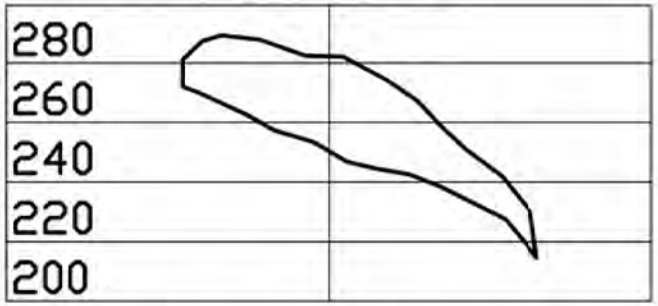


Разрез 3

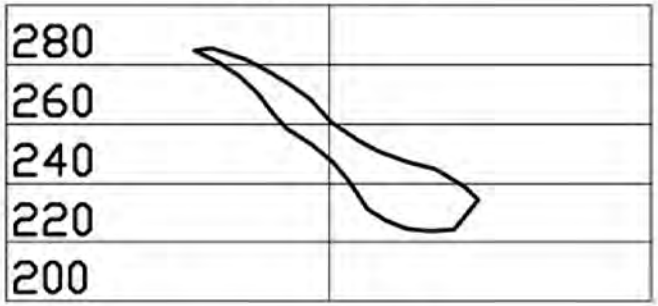


1:2000

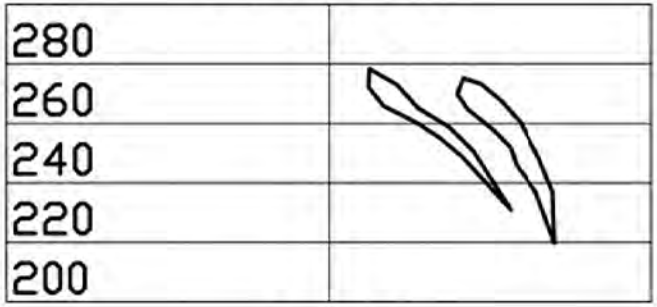
Разрез 4



Разрез 5



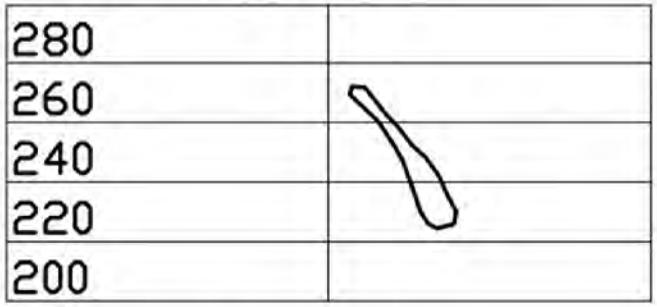
Разрез 6



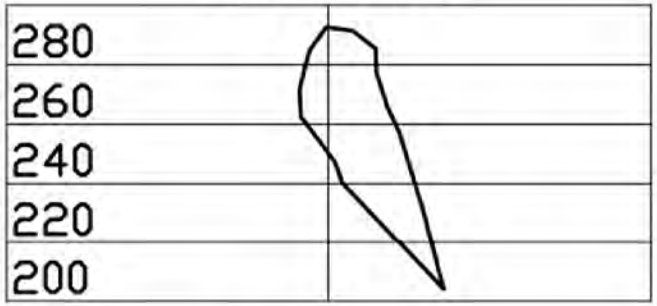
1:2000

Вариант 4

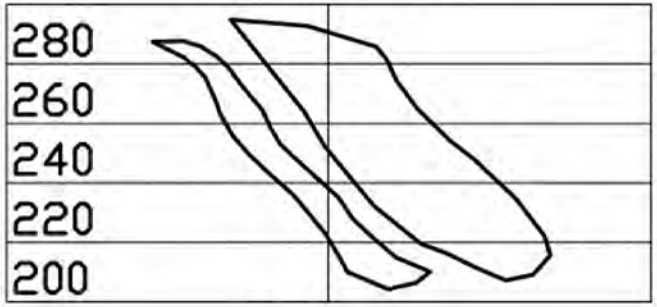
Разрез 1



Разрез 2

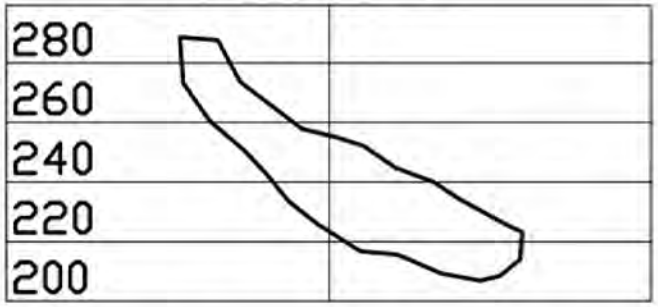


Разрез 3

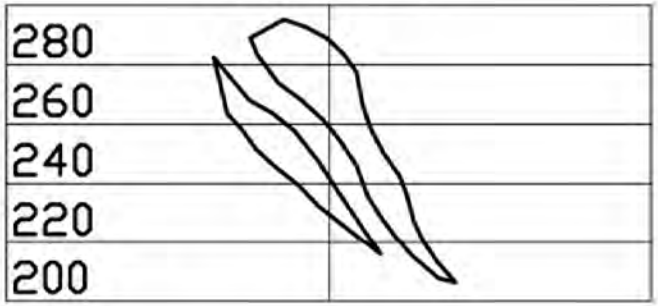


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



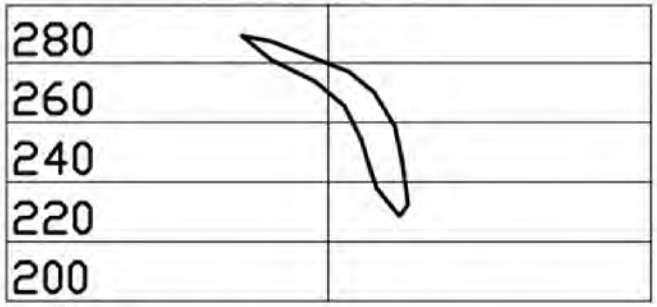
Разрез 6



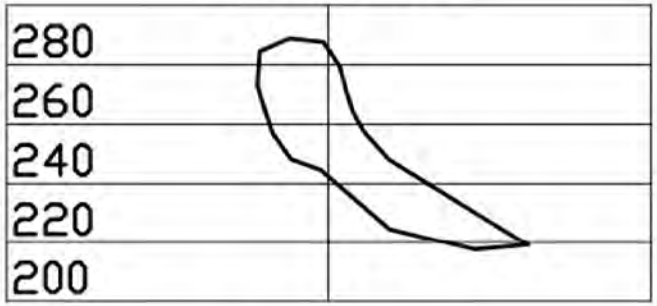
1:2000

Вариант 5

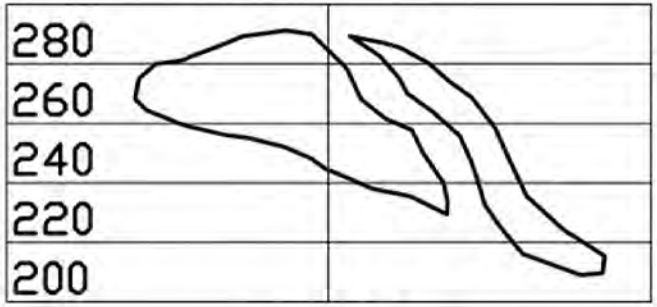
Разрез 1



Разрез 2



Разрез 3

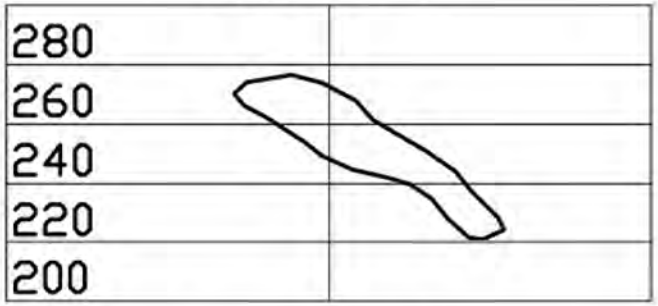


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



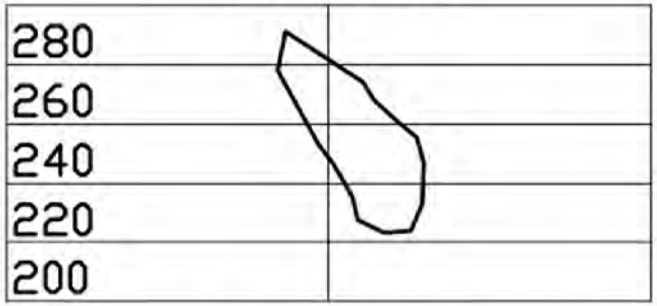
1:2000

Вариант 6

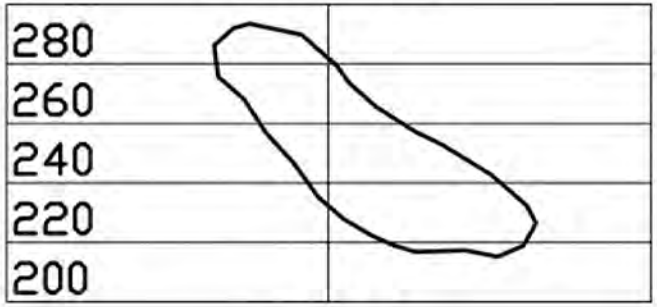
Разрез 1



Разрез 2

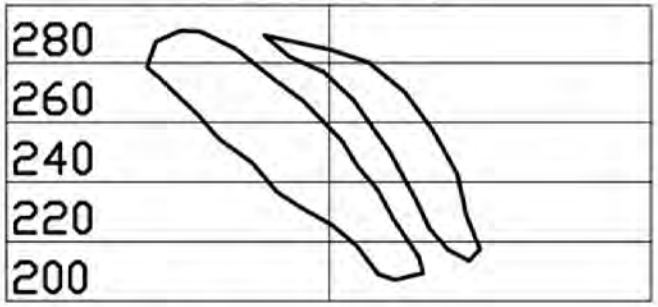


Разрез 3

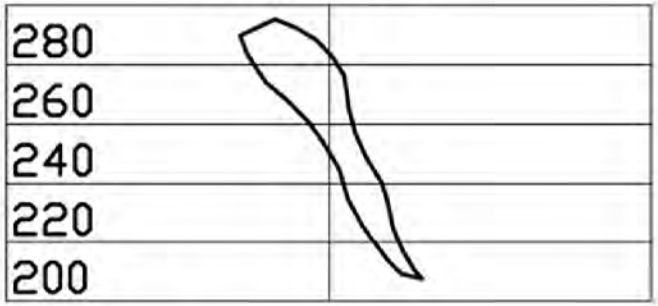


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



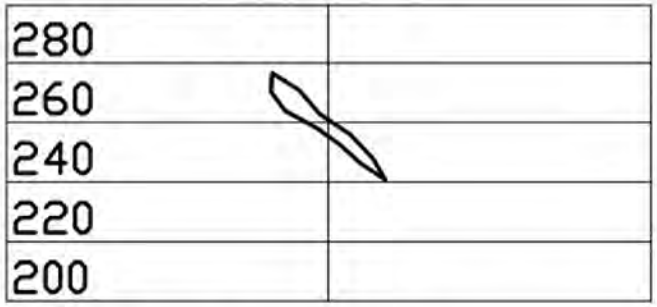
Разрез 6



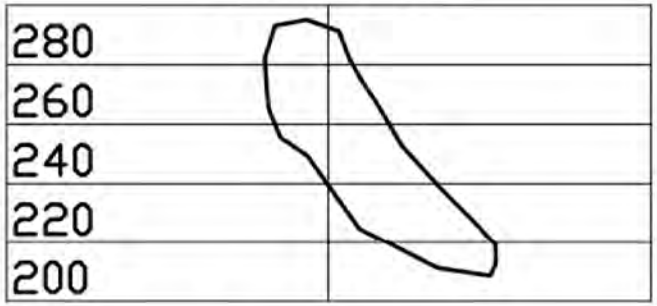
1:2000

Вариант 7

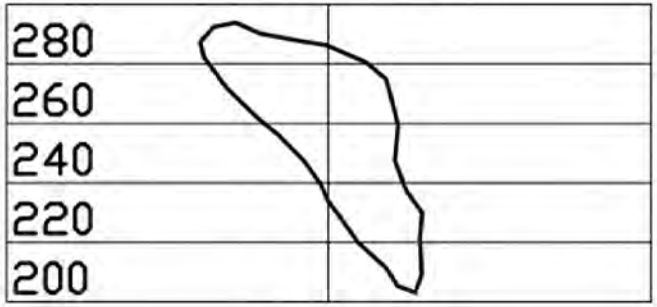
Разрез 1



Разрез 2

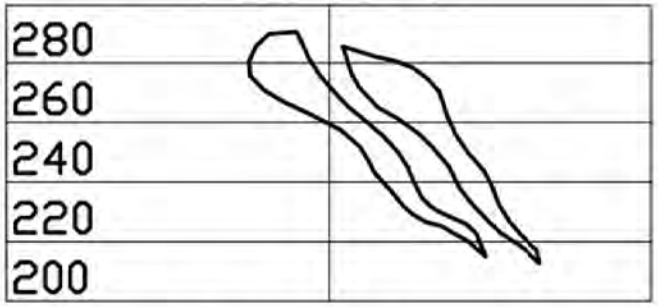


Разрез 3

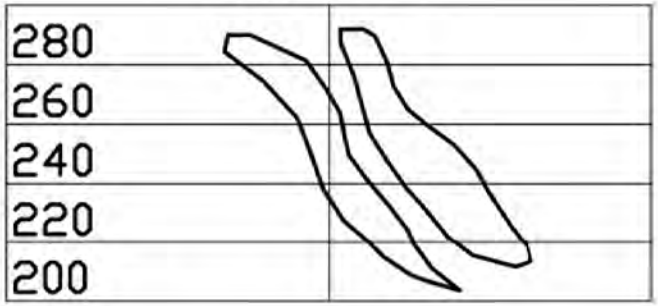


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



1:2000

Вариант 8

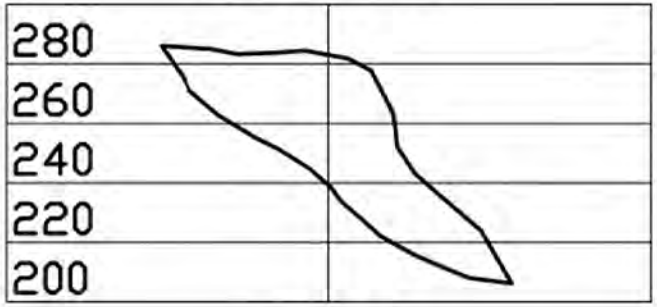
Разрез 1



Разрез 2

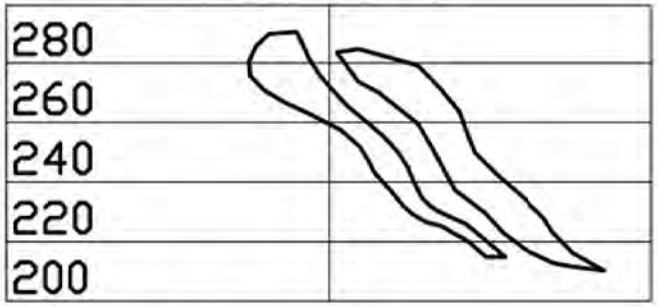


Разрез 3

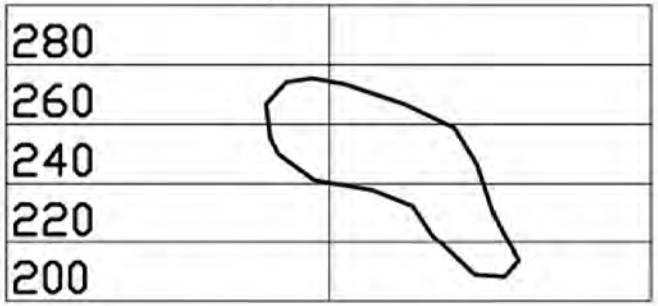


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



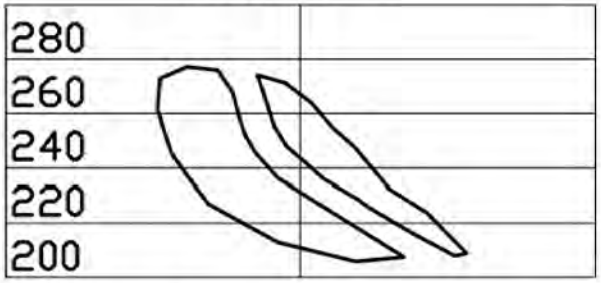
1:2000

Вариант 9

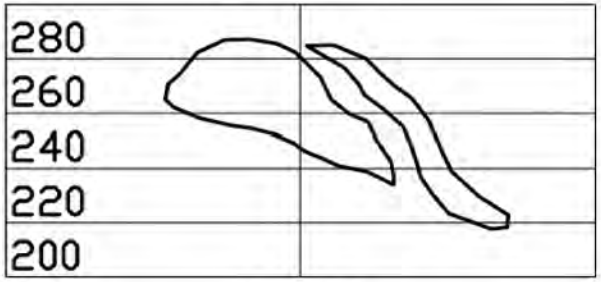
Разрез 1



Разрез 2

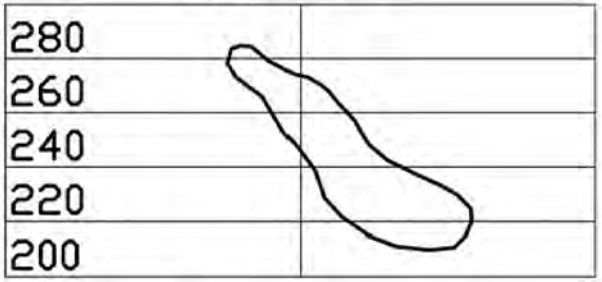


Разрез 3

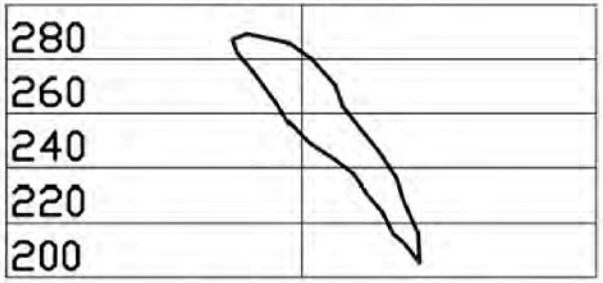


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



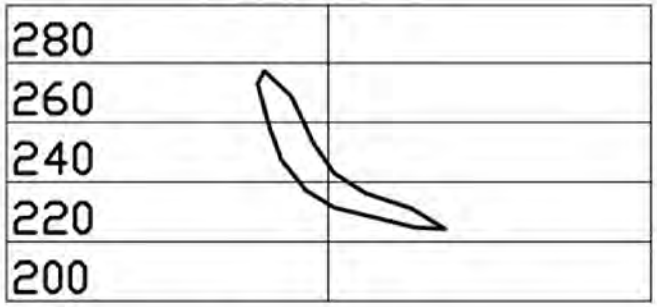
Разрез 6



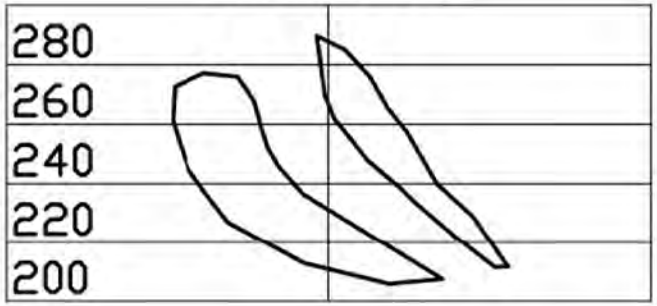
1:2000

Вариант 10

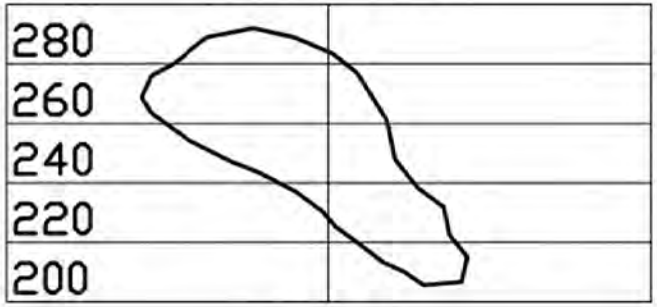
Разрез 1



Разрез 2

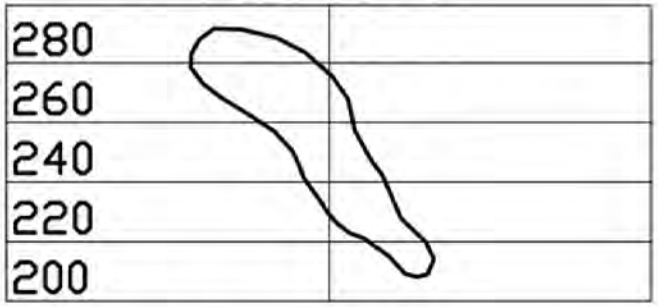


Разрез 3



1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



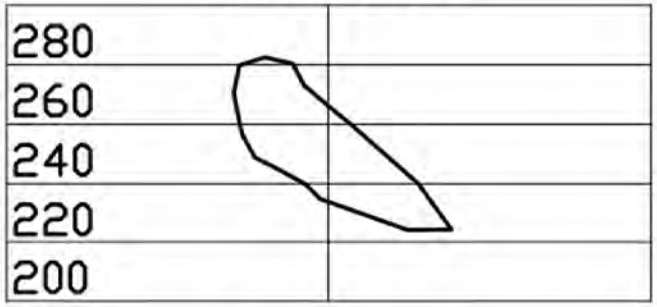
1:2000

Вариант 11

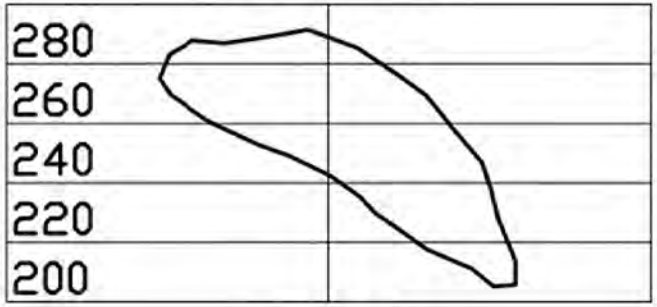
Разрез 1



Разрез 2

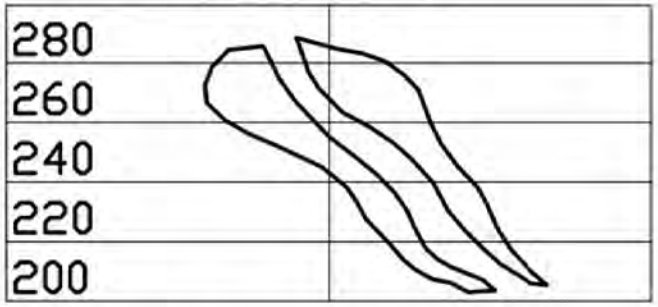


Разрез 3

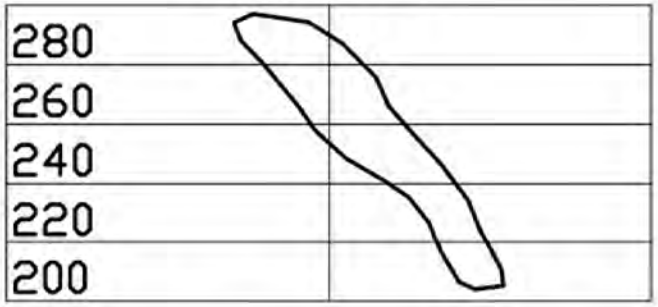


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



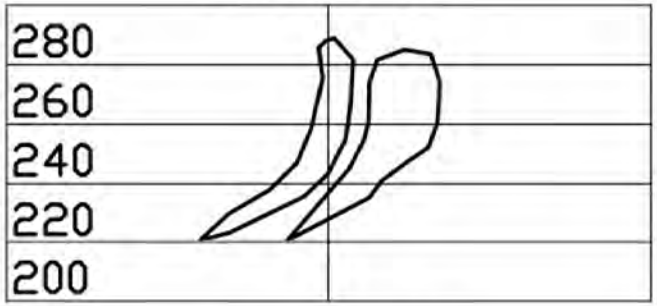
1:2000

Вариант 21

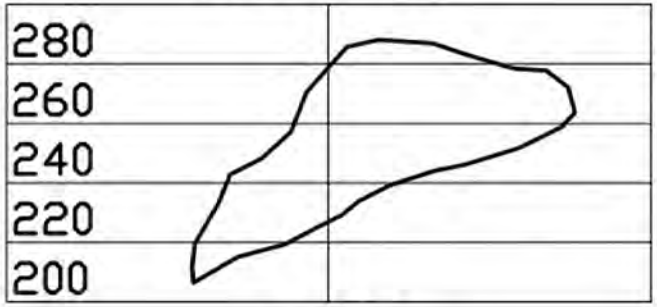
Разрез 1



Разрез 2



Разрез 3

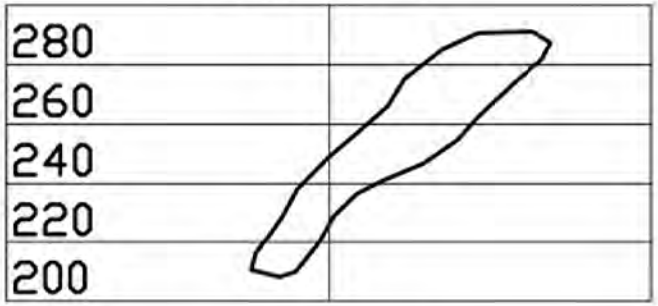


1:2000

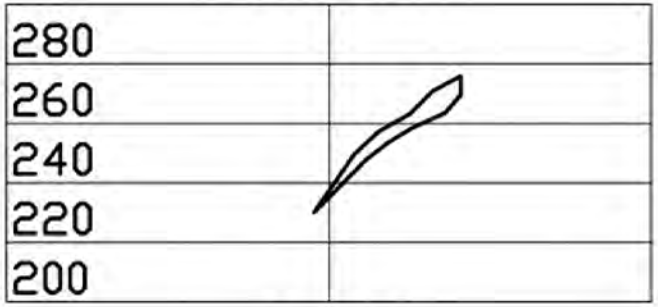
Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



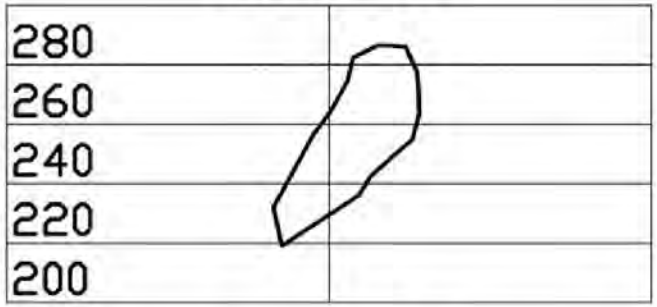
1:2000

Вариант 22

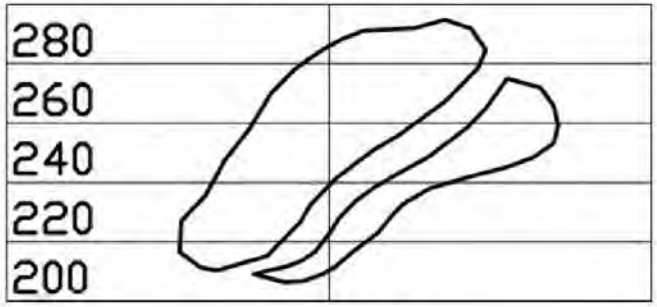
Разрез 1



Разрез 2

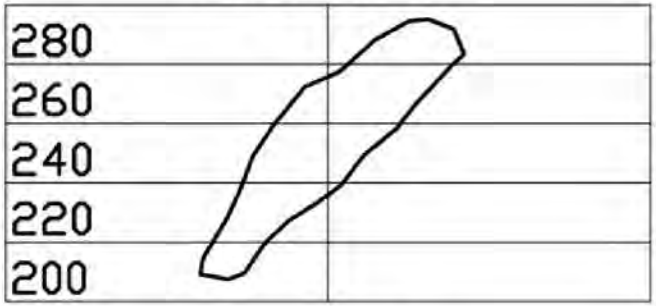


Разрез 3

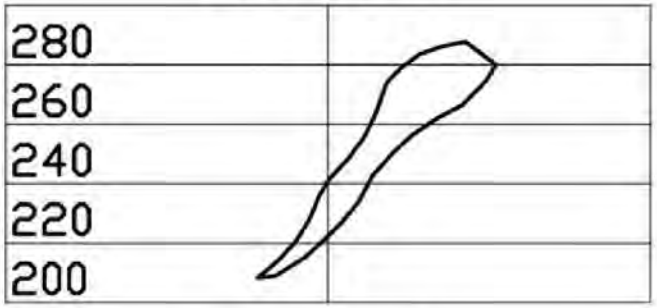


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6



1:2000

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Мусихина О.В., к.т.н., доцент

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ **3**

1. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОПИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ **5**

1.1. Сканирование 5
1.2. Векторизация (ручной способ – обвод ломаными линиями по растру) 5

2. ПОДГОТОВКА ОБЪЕМНОГО КАРКАСА ДЛЯ МОДЕЛИ ЗАЛЕЖИ **8**

2.1. Масштабирование чертежа (приведение к масштабу 1:1000) 8
2.2. Создание каркаса для модели залежи 9

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ **14**

3.1.Общие сведения 14
3.2. Создание моделей рудных блоков 14

4. ПОЛУЧЕНИЕ ПОГОРИЗОНТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАНОВ **17**

4.1. Объединение рудных блоков в единое рудное тело 17
4.2. Создание слоевой структуры модели 17
4.3. Создание погоризонтных планов по месторождению (горизонтальных сечений модели) 18

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНЕЧНЫХ КОНТУРОВ КАРЬЕРА **21**

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ КАРЬЕРА **25**

7. КОРРЕКТИРОВКА ГРАНИЦ КАРЬЕРА (СДВАИВАНИЕ УСТУПОВ) **29**

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРА НА МОМЕНТ ПОЛНОГО РАЗВИТИЯ РАБОТ **34**

9. НАНЕСЕНИЕ КОНТУРОВ КАРЬЕРА НА ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ **37**

10. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ **40**

11. СОЗДАНИЕ КАРТЫ ИЗОЛИНИЙ РЕЛЬЕФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ **44**

12. СОВМЕЩЕНИЕ 2D–МОДЕЛИ КАРЬЕРА С ТОПООСНОВОЙ УЧАСТКА **46**

13. ОТЧЕТНОСТЬ ПО РАБОТЕ **47**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ..... ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель практических и самостоятельных работ

Освоить компьютерные технологические линии проектирования карьеров, основанные на применении стандартных и специализированных программных средств.

Используемые программные средства

AutoCAD , Microsoft Excel.

Описание этапов

На всех этапах работы (исключая 1-й этап) производится подсчет объемов руды и вскрыши в контурах карьера и его этапов различными способами. Расчеты производятся в программном пакете EXCEL.

По тексту инструкции такие блоки будут выделены как:

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ

Исходные данные

1. План расположения разведочных линий с привязочной осью координатной сетки (электронная копия) масштаб 1:2000.
2. Поперечные геологические разрезы с контурами рудных тел, высотной сеткой и положением привязочной оси координатной сетки (бумажная копия, подлежит сканированию и векторизации) масштаб 1:2000.

Отчетность по выполненной работе

Включает в себя набор файлов – чертежей AutoCAD (файлы .DWG) и расчетных таблиц EXCEL (файлы .XLS). Отчетность в электронном виде предоставляется в процессе прохождения контрольных точек, которыми завершается каждый этап работы.

Успешное выполнение работы требует знаний AutoCAD, полученных на 1-2 курсах по дисциплине «Информатика. ч.II. Компьютерная графика». Для студентов, не получивших данных знаний (техникум III курс), работа потребует самостоятельного изучения основ работы в AutoCAD в рамках данной дисциплины.

Все команды, рекомендуемые данной инструкцией, приведены к выполнению через Верхнее Меню (далее ВМ), однако могут быть выполнены с использованием Панелей инструментов (самостоятельно, при соответствующих знаниях).

Команды, которые можно быстрее выполнить через Панель Инструментов, обозначены значком ☺.

Принятые в методических указаниях сокращения:
– **ВМ** – верхнее меню AutoCAD;
– **ЛКМ** – левая кнопка мыши;
– **ПКМ** – правая кнопка мыши;
– **ПСК** – пользовательская система координат;
– **МСК** – мировая система координат.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

1. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОПИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию изготовления электронной копии чертежа путем его сканирования и векторизации.

Исходные данные

Чертеж поперечных геологических разрезов с контурами рудных тел, высотной сеткой и положением привязочной оси координатной сетки масштаба 1:2000.

1.1. Сканирование

Рекомендуемые параметры растрового файла:

– формат TIF (при этом формате соблюдается масштаб оригинала и растра 1=1);

– режим сканирования (Scan Mode) – черно-белый (Line Art, Mono) или оттенки серого (Gray);

– разрешение (Resolution) 100-200 dpi.

Имя растрового файла после сканирования рекомендуется сохранять, как **в№.tif.** где № - номер варианта задания (примеры: в4.tif ил в12.tif).

1.2. Векторизация (ручной способ – обвод ломаными линиями по растру)

1.2.1. Считывание растрового файла в ACAD (ВМ – Вставка – Вхождение растрового изображения).

В соответствующих окнах выбирается растровый файл, указывается **масштаб, равный 1 (только для формата .TIF)**, и точка вставки растра (при помощи ЛКМ).

1.2.2. Для последующего удобства работы с чертежом перед ручной векторизацией создается новый слой «Растр», в который помещается отсканированное изображение. Слою задается новый цвет (цвет по слою, рекомендуется «Фиолетовый»).

Новый слой создается командой ВМ – Формат – Слой – Создание слоя (или клавиши ALT+Д) – <ввод имени слоя>. Здесь же задается цвет по слою «Фиолетовый»).

Помещение растрового изображения в слой «Растр» производится путем его выделения ЛКМ за контур (или рамкой). Затем в панели инструментов «Свойства» ему назначается новый слой «Растр» (указание ЛКМ на имя слоя «Растр»). Текущий слой, т. е. слой, в котором будет вестись векторизация,

должен остаться «0». Название текущего слоя появляется в панели «Слои», расположенной под верхним меню (рис.1.1).

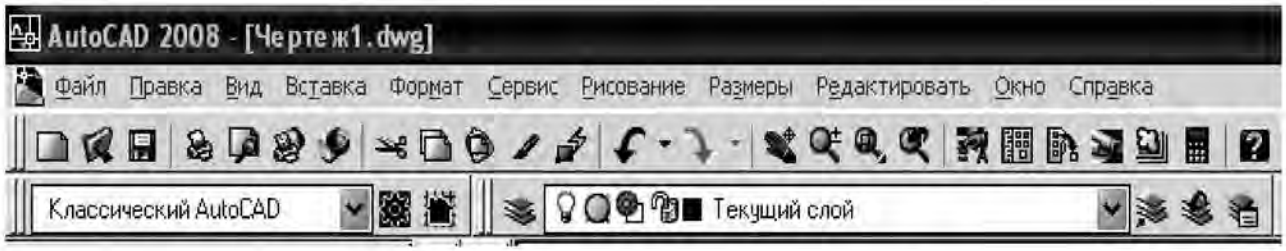


Рис.1.1. Верхнее меню AutoCAD и панель «Слои»

1.2.3. Выравнивание угловых невязок растрового чертежа.

При сканировании возникает постоянная угловая погрешность (до 2-5°) из-за неточного расположения исходного листа в сканере.

Методика выравнивания:

- Обводится любая горизонтальная линия высотной сетки (без привязки).
- Проводится та же линия, но в ОРТО-режиме (включается клавишей F8).
- Измеряется угол между проведенными линиями (точность 4 знака, устанавливается в ВМ – Формат – Размерные стили – Редактировать – Основные единицы – Десятичные градусы – Точность – 0.0000 – ОК), и растр поворачивается на измеренный угол.

1.2.4. Пренебрегая оставшейся погрешностью для остальных линий (угловая – до 0,05°, линейная – до 0,05 мм), наносится геометрически точная высотная сетка (подобие на высоту уступа с соблюдением масштаба чертежа, мм).

1.2.5. Геологические разрезы векторизуются ручным способом, т. е. обводятся полилиниями (ВМ – Рисование – Полилиния) по правилам аппроксимации и заносятся в соответствующий слой (при обведении должен быть текущим). Контуры рудных тел на разрезах должны быть замкнуты (при подходе к начальной точке необходимо осуществить процедуру замыкания ПКМ – Замкнуть).

Контрольная точка-1:
СОХРАНИТЬ ФАЙЛ как «В№-разрезы-2000.dwg» (рис.1.2)
где № - номер варианта задания

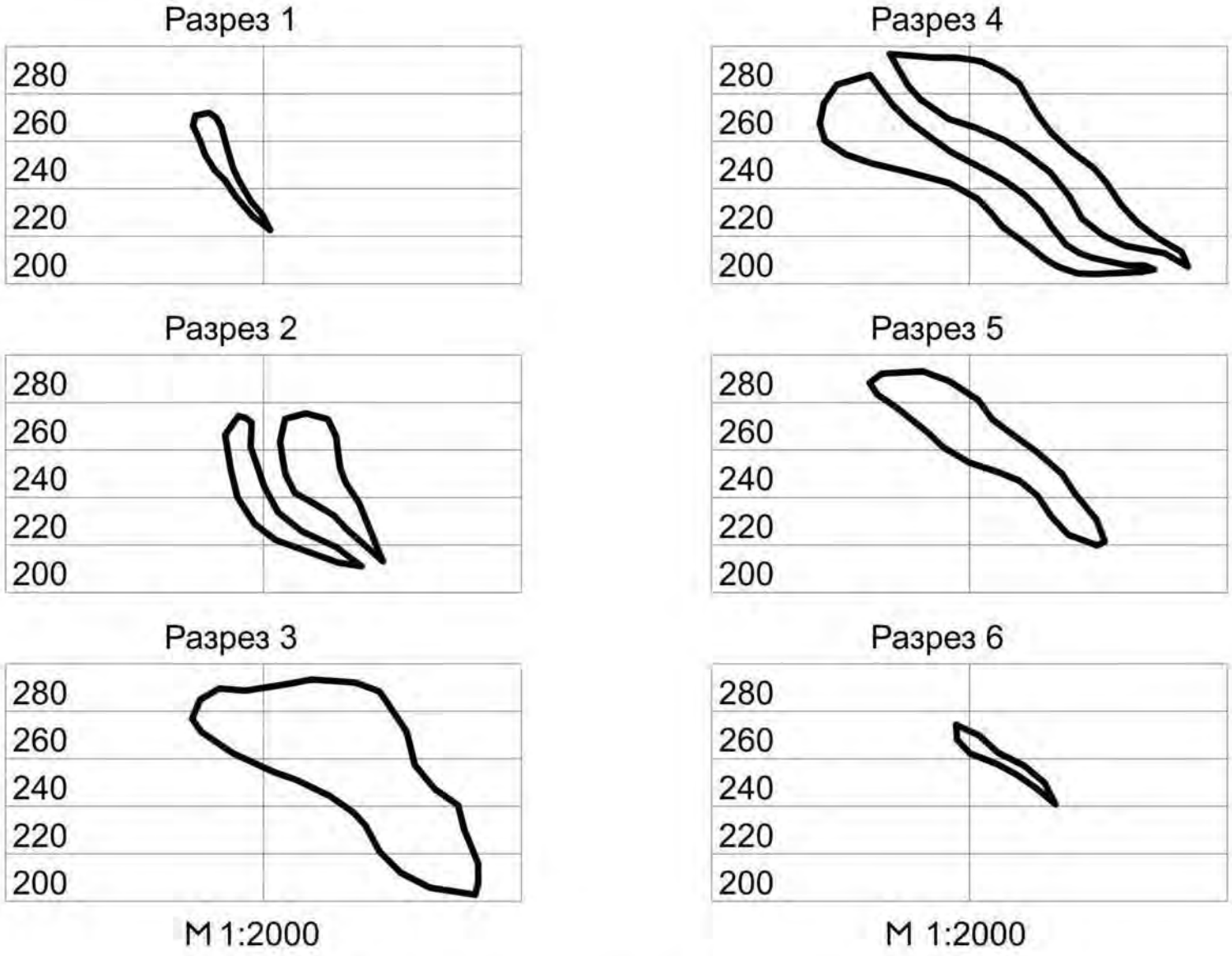


Рис. 1.2. Пример изображения в файле контрольной точки №1

2. ПОДГОТОВКА ОБЪЕМНОГО КАРКАСА ДЛЯ МОДЕЛИ ЗАЛЕЖИ

Цель выполнения этапа

Освоить способы приведения электронных чертежей к базовому масштабу и технологию построения объемного каркаса для модели залежи, основанного на вертикальных поперечных разрезах.

Исходные данные

Файлы «В№-разрезы-2000.dwg» и «План разведлиний.dwg».

2.1. Масштабирование чертежа (приведение к масштабу 1:1000)

Для корректного подсчета площадей контуров и объемов тел, масштаб чертежа/модели должен быть 1:1000 (1 ед. чертежа = 1 м, соответственно 1ед^2 = 1м^2, 1 ед^3 = 1м^3).

Разрезы векторизованы в исходном масштабе 1:2000, чертеж нужно перевести в масштаб 1:1000. План расположения разведлиний также нужно перевести из масштаба 1:2000 в масштаб 1:1000.

Для масштабирования (☺ВМ – Редактировать – Масштаб) выбираются все масштабируемые объекты на чертеже (выбор рамкой), указывается центр масштабирования (ЛКМ) и масштабный коэффициент равный 2.

Изображение при этом увеличивается в 2 раза (от масштаба 1:2000 к масштабу 1:1000).

Изображение в файле «**В№-разрезы-2000.dwg**» отмасштабировать в 2 раза и сохранить как «**В№-разрезы-1000.dwg**».

Изображение в файле «**План разведлиний.dwg**» отмасштабировать в 2 раза и сохранить как «**План разведлиний-1000.dwg**».

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-1

Объем залежи определяется как сумма объемов подсчетных блоков, заключенных между смежными разрезами. В данной работе все расчеты проводятся по формуле:

$$V = L \cdot (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}\,/3$$

где V – объем подсчетного блока, м^3;

S_1 и S_2 – площади рудных тел на смежных разрезах, м^2;

L – расстояние по нормали между смежными разрезами, м.

Площади и длины измеряются средствами AutoCAD.

– расстояния: ВМ – Сервис – Сведения – Расстояние (с использованием привязки по нормали);

– площадь одного контура: ВМ – Сервис – Сведения – Площадь – <ПКМ> – Объект. Значение площади появляется в командной строке внизу;

– суммарная площадь нескольких контуров: ВМ – Сервис – Сведения – Площадь – <ПКМ> – Добавить – <ПКМ> – Объект. Значение суммарной площади появляется в командной строке внизу.

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 1.1

Подсчет объемов залежи по площадям рудных тел на разрезах (метод вертикальных сечений)

Разрез 1	Разрез 2	Площадь рудных тел на разрезе 1, м^2	Площадь рудных тел на разрезе 2, м^2	Расстояние между разрезами, м	Объем подсчетного блока, м^3
1	2	356	1813	80	79264
2	3	1813	4906	80	258703
3	4	4906	4714	80	384774
4	5	4714	1952	80	258652
5	6	1952	251	80	77412
ВСЕГО					**1058805**

Контрольная точка-2:

ФАЙЛЫ AutoCAD **«В№-разрезы-1000.dwg»** **(рис.2.1а)**

«План разведлиний-1000.dwg» **(рис.2.1б)**

ФАЙЛЫ Excel **«В№-объемы.xls»**

<Лист1 ОБЪЕМЫ ПО РАЗРЕЗАМ>

2.2. Создание каркаса для модели залежи

Открыть файл «**План разведлиний-1000.dwg**» и сохранить его как «**В№-каркас.dwg**».

Принцип создания каркаса заключается в установке разрезов в их истинное положение в пространстве путем разворота из плоскости (*XY*) в плоскость (*XZ*) и установки высотной сетки на разрезах на ее истинную отметку (координата *Z*).

Для дальнейшей работы чертеж «**В№-каркас.dwg**» необходимо развернуть в изометрической проекции (рекомендуется Юго-Восточная Изометрия: ВМ – Вид – 3D Виды – ЮВ Изометрия).

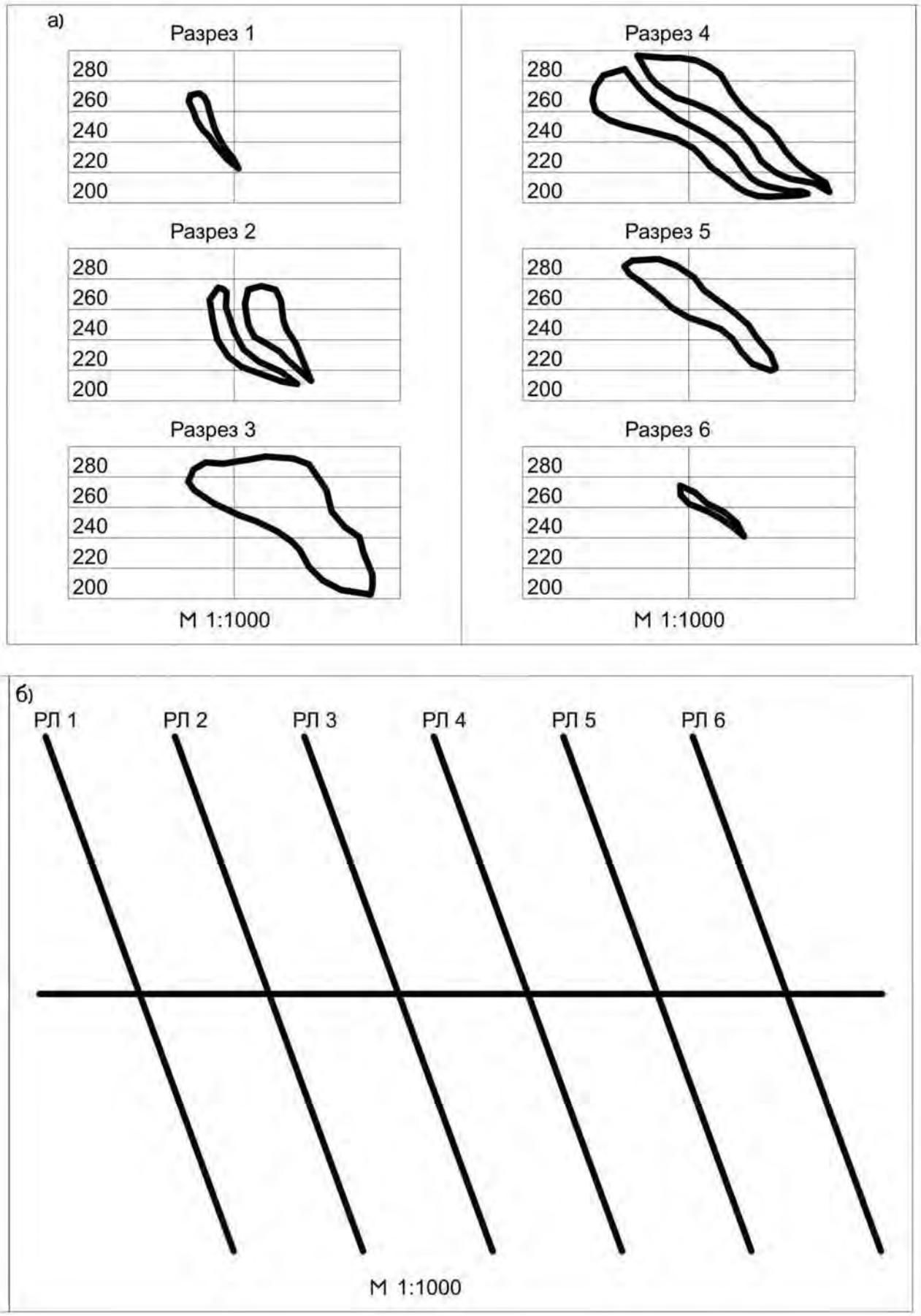


Рисунок 2.1 Пример изображения в файле контрольной точки №2

2.2.1. Установка файла «**ВМ-каркас.dwg**» на истинную высотную отметку.

Истинная высотная отметка для плана разведлиний в общем случае может быть любой, к ней должны быть привязаны разрезы по их высотной сетке. В данной работе рекомендуется установить истинную высотную отметку Z=200. При переносе разрезов в этом случае будет использоваться пересечение линии «200» их высотной сетки с координатной осью.

Установка плана разведлиний на истинную высотную отметку производится на вектор (0,0,0) → (0,0,200) командой переноса ☺ВМ – Редактировать – Перенести – <С клавиатуры 0,0,0> – <Enter> – <С клавиатуры 0,0,200> – <Enter>. При этом изображение поднимается вверх по оси (Z) на 200 м. После переноса рекомендуется проверить высотные отметки узловых точек чертежа, которые должны быть Z=200 (☺ВМ – Сервис – Сведения – Координаты).

2.2.2. Подготовка для установки Пользовательской Системы Координат (ПСК)

В чертеже файла «**ВМ-каркас.dwg**» проводится отрезок произвольной длины (50 ед.) в направлении оси (Z) для последующей ориентации Пользовательской Системы Координат (далее ПСК).

Отрезок проводится по 2 точкам:

1-я – ЛКМ по привязке в пересечении РЛ 1 с осью координат.

2-я – с клавиатуры в относительной системе координат как @ 0,0,50 (т. е. 50 ед. вверх от 1-й точки).

Отрезок должен пройти вертикально вверх (по оси Z).

2.2.3. Установка ПСК на плане разведлиний для последующего нанесения разрезов.

ПСК для разреза должна пройти через разведлинию и вертикальный отрезок от пересечения разведлинии с координатной осью.

Рекомендуется установить ПСК по трем точкам (ВМ – Сервис – Новая ПСК – 3 Точки):

1-я – на разведлинии, ниже (южнее) пересечения ее с осью координат.

2-я – на пересечении разведлинии, оси координат и вертикального отрезка.

3-я – на вертикальном отрезке выше 2-й точки.

После установки ПСК маркер системы координат переместится в новое положение.

2.2.4. Установка разрезов на план разведлиний – формирование объемного каркаса.

Установка производится из файла «**ВМ-Разрезы-1000.dwg**» (Мировая Система Координат – МСК) в файл «**ВМ-каркас.dwg**» (предварительно установлена ПСК). При установке должны быть открыты оба файла, межфайловое переключение в ВМ – Окно.

Технология формирования объемного каркаса:

а) в файле «**В№-Разрезы-1000.dwg»** скопировать с базовой точкой изображение разреза № 1 в буфер обмена (ВМ – Правка – Копировать с базовой точкой). Сначала указывается базовая точка – пересечение линии «200» высотной сетки с осью координат. Затем выбираются копируемые объекты – контуры рудных тел и координатная ось;

б) переключиться в файл «**В№-каркас.dwg»** с подготовленной ПСК;

в) вставить изображение из буфера обмена (ВМ – Правка – Вставить), указав в качестве точки вставки пересечение разведлинии № 1 с осью координат.

Повторить действия п.п. а, б, в для остальных разрезов.

Вернуть переустановленную ПСК в начальное положение – МСК (ВМ – Сервис – Новая ПСК – МСК).

В результате сформируется файл с объемным каркасом залежи.

Контрольная точка-3:
ФАЙЛ AutoCAD «В№-каркас.dwg» (рис.2.2).

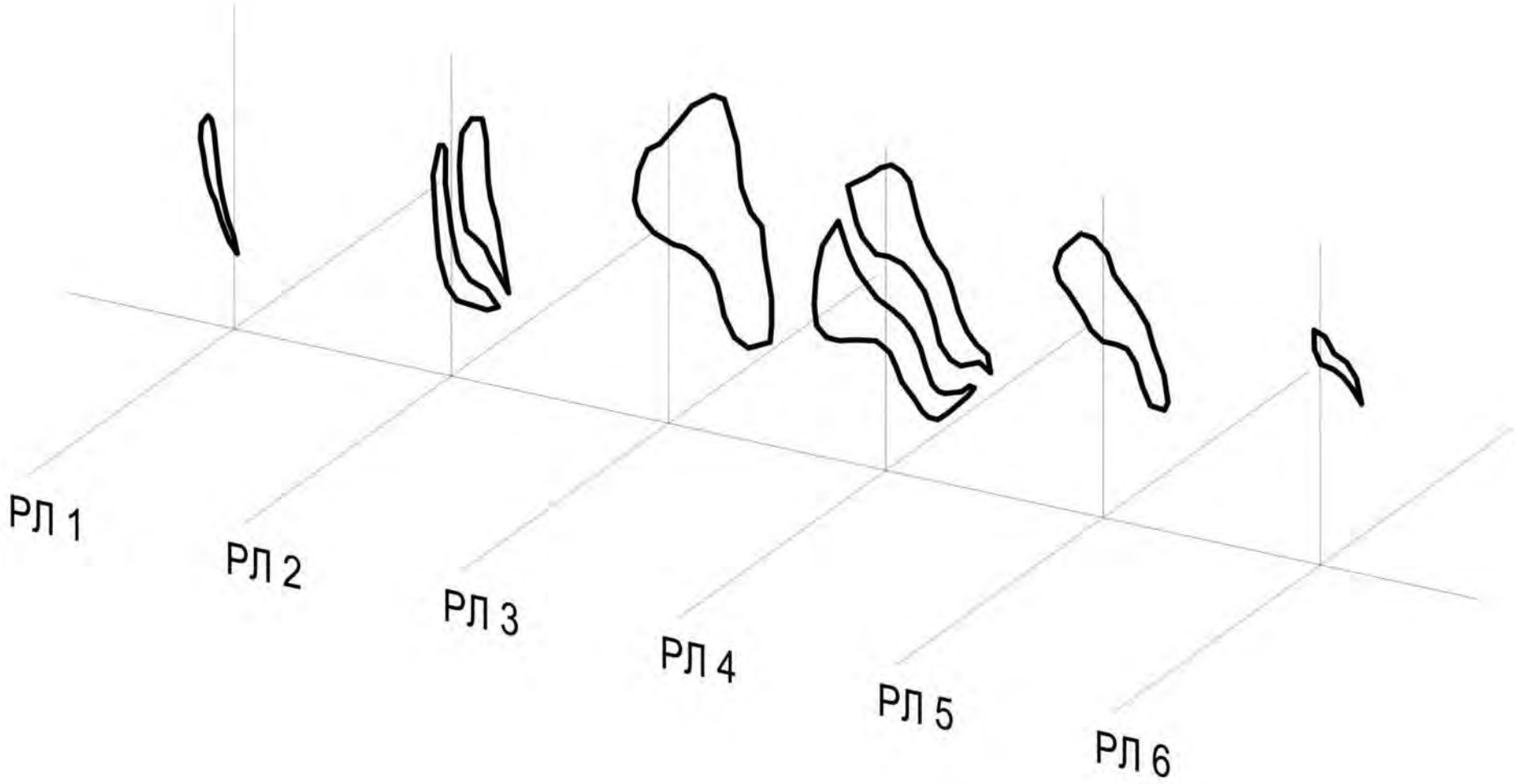


Рис. 2.2. Пример изображения в файле контрольной точки-3

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Цель выполнения этапа:

Освоить технологию моделирования месторождения путем создания рудных блоков как SOLID-объектов в среде AutoCAD.

Исходные данные:

Файл «В№-каркас.dwg».

3.1.Общие сведения

Моделирование месторождения заключается в создании рудных блоков, заключенных между смежными разведлиниями. Форма рудных тел на сечениях – произвольная, поэтому сам блок также будет иметь неправильную форму. Одним из средств моделирования неправильных геометрических объектов в AutoCAD является процедура LOFT (моделирование объекта по сечениям), создающая «сплошное» тело (или SOLID-объект) путем формирования сплайн-переходов между двумя смежными профилями.

SOLID-объект, полученный через процедуру LOFT, может являться базовым для создания дочернего SOLID-объекта, таким образом, возможно моделирование «разветвляющихся» в пространстве рудных блоков. Создание SOLID-объекта предусматривает использование двух или более базовых профилей.

SOLID-модели рудных блоков обладают свойствами «сплошных тел», т. е. имеется возможность «рассечения» объектов плоскостями (задаваемыми по трем точкам). Становится возможной генерация любых дополнительных сечений – вертикальных поперечных, вертикальных продольных, а также погоризонтных планов.

3.2. Создание моделей рудных блоков

Создать новый файл (☺ВМ – Файл – Новый – Enter), в который будут передаваться рудные блоки. Сохранить его, как **«В№-блоки.dwg».**

Создание рудного блока между смежными сечениями:

а) открыть файл «**В№-каркас.dwg**» (В п. «Окно» должно быть открыто 2 файла);

б) команда (ВМ – Рисование – Моделирование – По сечениям);

в) указываются 2 сечения на смежных разведлиниях. После указания 2-го сечения нажать 2 раза ПКМ: появится выпадающее меню, в котором необходимо указать «Только поперечные сечения»;

г) в появившемся окне «Настройка лофтинга» выбрать из раздела «Управление поверхностью на поперечных сечениях» функцию «Гладкая» <ОК> – блок будет построен;

д) с построенным блоком невозможно дальнейшее моделирование следующего рудного блока, поэтому получившийся блок необходимо скопировать в буфер обмена (☺ ВМ – Правка – Копировать);

е) переключиться в новый созданный файл «В№-блоки.dwg» (ВМ – Окно) и вставить в него в исходных координатах изображение блока, содержащееся в буфере обмена (ВМ – Правка – Вставить с исходными координатами). При отсутствии изображения блока на экране использовать команду показа на экране всего содержимого чертежа ВМ – Вид – Зумирование – Границы.

ж) измененный файл «В№-каркас.dwg» закрывается **БЕЗ СОХРАНЕНИЯ !!!**, либо в нем отменяются два последних действия до момента, когда на экране останутся только сечения (без рудного блока);

Для создания рудных блоков между следующими смежными профилями выполнить последовательно действия пунктов а … ж.

В случае «лофтинга» между поперечными сечениями, на которых изображено 2 рудных тела, необходимо сначала выполнить пункты а … ж для одного рудного тела, затем проделать то же самое для второго.

В блоках с двумя рудными телами, которые пересекаются между собой, необходимо выполнить их объединение: ВМ – Редактировать – Редактирование тела – Объединение – <Указание двух рудных блоков ЛКМ или рамкой> – <ПКМ или Enter>.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-2

Объем залежи определяется прямым измерением объема блоков, заключенных между смежными разрезами.

Определить объем блока ВМ – Сервис – Сведения – Геометрия и масса – <Выбор блока, ПКМ>. Занести объем блока в дополнительную колонку таблицы 1, оценить погрешность (%) при вычислении объемов по формуле и прямым измерением.

Контрольная точка-4:
ФАЙЛ в AutoCAD «В№-блоки.dwg» (рис.3.1)
ФАЙЛ в Excel «В№-объемы.xls»
<Лист1 ОБЪЕМЫ ПО РАЗРЕЗАМ с дополнением>

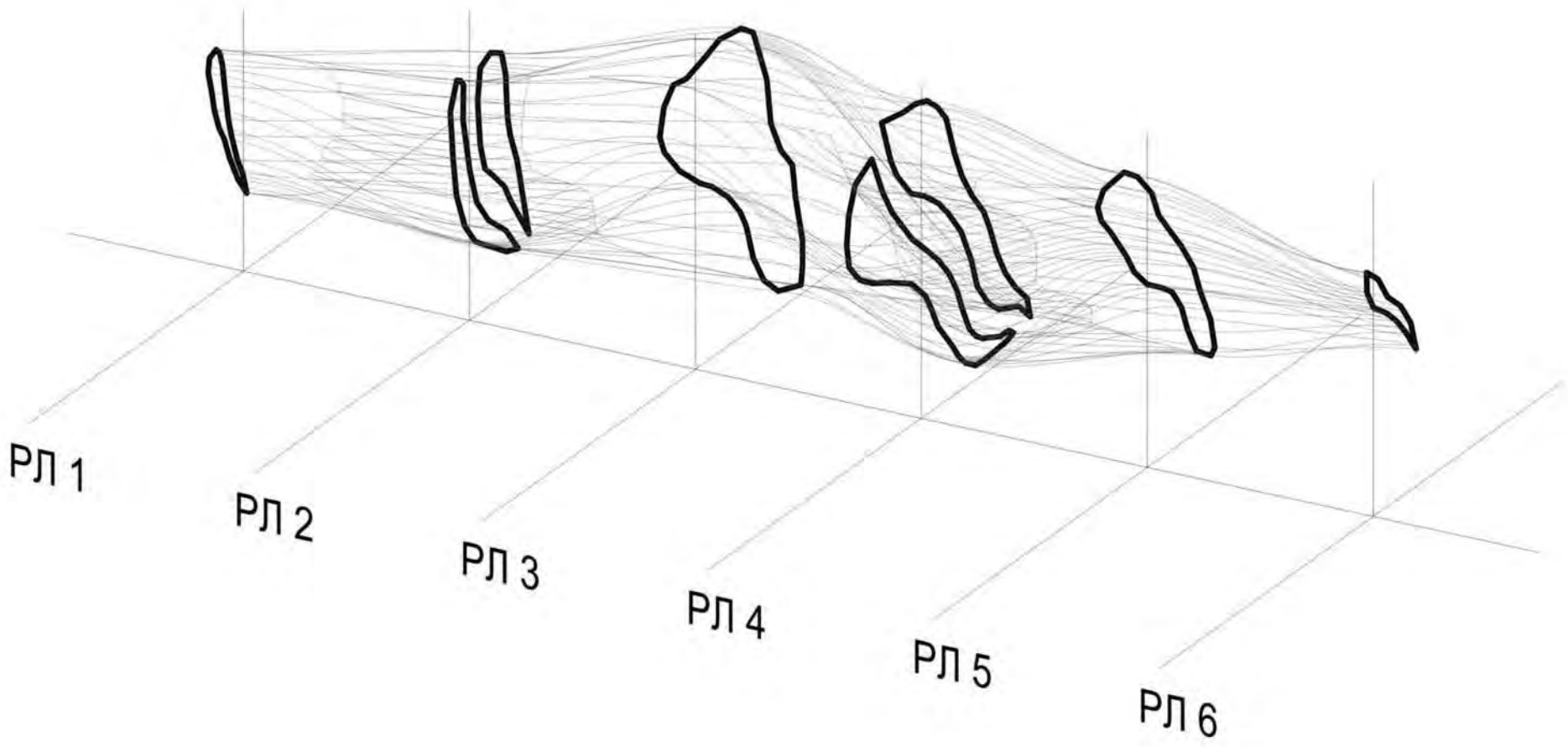


Рис.3.1. Пример изображения в файле контрольной точки-4

4. ПОЛУЧЕНИЕ ПОГОРИЗОНТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию генерации погоризонтных геологических планов по месторождению на основе его объемной модели.

Исходные данные

Файл «В№-блоки.dwg».

В AutoCAD открыть файл «**В№-блоки.dwg**», сохранить его как «**В№-геопланы.dwg**».

Каждый погоризонтный план, являющийся горизонтальным сечением модели месторождения по соответствующей высотной отметке, должен находиться в своем слое.

4.1. Объединение рудных блоков в единое рудное тело

Горизонтальные сечения создаются для месторождения в целом, поэтому рудные блоки объединяются в единое рудное тело командой ВМ – Редактировать – Редактирование тела – Объединение – <Указание всех рудных блоков ЛКМ или рамкой> – <ПКМ или Enter>.

4.2. Создание слоевой структуры модели

Количество и имена слоев в файле «**В№-геопланы.dwg**» должны соответствовать эксплуатационным горизонтам.

Высота уступа при отработке 10 м. Отметка нижнего горизонта 200 м. Отметка верхнего горизонта 290 м. Условная отметка поверхности 300 м.

Слоевая структура создается командой ВМ – Формат – Слой – Создать слой или Alt+Д – <Ввод имени слоя>.

Имена слоев задаются как отметки горизонтов: 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290.

Также должны быть созданы слои «Рудное тело» и «Разведлинии» для размещения в них, соответственно, рудного тела и разведочных линий с координатной осью.

После создания слоевой структуры файла, ее рекомендуется проверить через меню «Слои» панели инструментов «Свойства».

Для визуального контроля правильного получения сечений необходимо, чтобы рассекаемый объект (SOLID-модель) и сечение имели разные цвета. Рекомендуется SOLID-модели месторождения назначить новый цвет (Фиолетовый). Для этого модель рудного тела помечается (возможна пометка рамкой), и в панели инструментов «Свойства» ей назначается новый цвет «Фиолетовый» и новый слой «Рудное тело».

Перенос разведлиний и координатной оси: открыть файл **«План разведлиний-1000.dwg»**, скопировать в буфер обмена разведлинии с их подписями и координатную ось (ВМ – Правка – Копировать). Переключиться в файл «**В№-геопланы.dwg**» (ВМ – Окно). Вставить содержимое буфера обмена в исходных координатах (ВМ – Правка – Вставить с исходными координатами).

Вставленные объекты помечаются ЛКМ, и в панели инструментов «Свойства» им назначается новый слой «Разведлинии».

4.3. Создание погоризонтных планов по месторождению (горизонтальных сечений модели)

Сечение по модели формируется в текущем слое, поэтому перед началом создания сечения, необходимо произвести установку текущего слоя.

Технология построения сечения рудного тела по горизонту:

а) план (сечение) на горизонте 200 м. Установка текущего слоя «200» ☺ВМ – Формат – Слой <Указание слоя «200»> – 2 раза кликнуть по имени выбранного слоя так, чтобы возле его имени появилась зеленая галочка, подтверждающая, что выбранный слой стал текущим – ОК;

б) построение сечения по горизонту

В командной строке внизу экрана набрать команду Сечение <Выбор рассекаемых объектов, ПКМ> – < ПКМ, указание плоскости XY > – <Ввод в командной строке координаты точки на плоскости рассечения 0,0,200>.

В ряде вариантов рудное тело не пересекает горизонт +200 м, поэтому сечение может быть не получено, что не является ошибкой. В этом случае следует перейти к вышележащему горизонту.

Для построения сечений на гор.210 м – 290 м выполнить пункты а … б для каждого горизонта.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-3

Объем залежи определяется как сумма погоризонтных объемов, определяемых по формуле:

$$V = H \cdot (S_1 + S_2) / 2,$$

где V – погоризонтный объем, м^3;

S_1 и S_2 – площади рудных тел на смежных горизонтах, м^2;

H – высота уступа, м.

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 4.1

Подсчет объемов залежи по площадям рудных тел
на геологических планах (метод горизонтальных сечений)

Отм. гор.	Площадь рудных тел по низу, $м^2$	Площадь рудных тел по верху, $м^2$	Высота уступа, м	Объем, $м^3$
290	7973	0	7	27906
280	16060	7973	10	120165
270	20528	16060	10	182940
260	19971	20528	10	202495
250	16880	19971	10	184255
240	13882	16880	10	153810
230	11656	13882	10	127690
220	9452	11656	10	105540
210	5168	9452	10	73100
200	0	5168	8	20672
ВСЕГО				**1198573**

Контрольная точка-5:
ФАЙЛ AutoCAD «В№-геопланы.dwg» (рис.4.1)
ФАЙЛ Excel «В№-объемы.xls»
<Лист2 ОБЪЕМЫ ПО ПЛАНАМ>

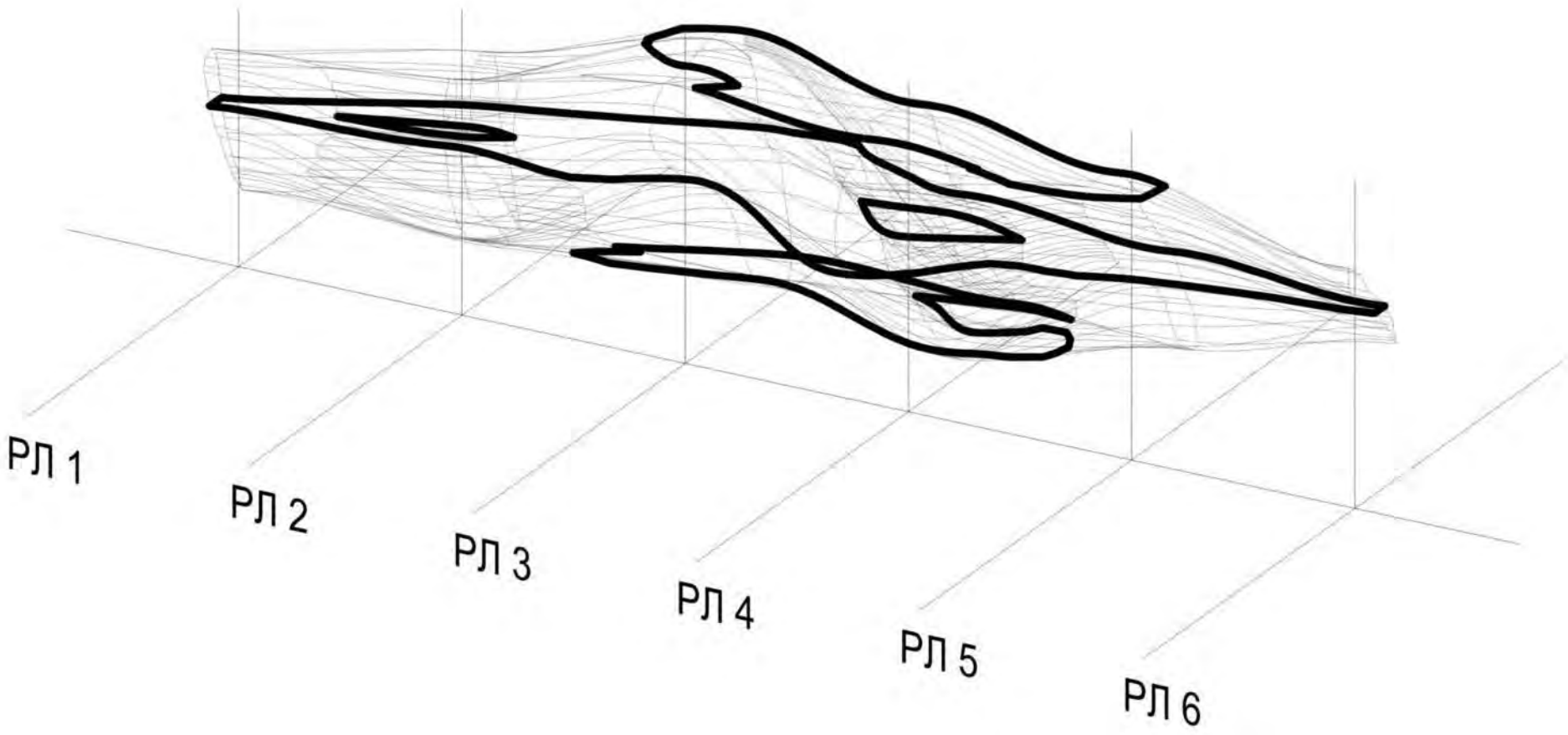


Рис.4.1. Пример изображения в файле контрольной точки-5

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНЕЧНЫХ КОНТУРОВ КАРЬЕРА

Цель выполнения этапа

Освоить технологию автоматизированного проектирования конечных контуров карьера на основе погоризонтных планов, с учетом конфигурации рудной залежи и конструкции борта карьера.

Исходные данные

Файл «В№-геопланы.dwg».

Открыть файл «**В№-геопланы.dwg**», сохранить его, как «**В№-карьер-контуры.dwg**».

Конечные контуры карьера формируются поуступно, на основе погоризонтных геологических планов с учетом конструкции погашенного борта карьера (заложение откоса уступа $Z=H_y\mathrm{ctg}(A)$ и ширина бермы очистки).

Для данной работы высота уступа H_y=10 м, заложение откоса уступа 4 м (при угле откоса уступа A=65-70^0), ширина бермы очистки 6 м.

Формирование борта идет поуступно, начиная с нижнего горизонта, путем оконтуривания рудного тела на горизонте.

Критерии оконтуривания:

- положение нижней бровки проходит по контуру рудного тела, с учетом обеспечения подъезда в торцевые части залежи;
- ширина дна карьера должна обеспечивать разворот автосамосвалов при установке под погрузку (не менее 25-30 м);
- при небольшой мощности залежи (особенно при ее выклинивании в торцевых частях) разрешается оставлять участки дна карьера шириной 15-20 м при условии движения в них самосвалов задним ходом не более 30 м.

Технология отстройки борта карьера в предельном положении:

а) все слои, кроме слоя «0», выключаются. Включается слой с нижним контуром рудного тела (слой «200») при текущем слое «0»;

б) полилинией оконтуривается висячий бок залежи (без привязки, с минимальным числом вершин, максимально приближенный к границе рудного тела) – получается контур нижней бровки по висячему боку;

в) на ширину разворотной площадки (25 м или 30 м) отстраивается подобная линия, от проведенной в пункте б), – получается контур нижней бровки по лежачему боку ☺ВМ – Редактирование – Подобие – <С клавиатуры указывается ширина смещения 25 или 30> – <Указывается исходный контур – проведенный по висячему боку> – <Указывается точка на желаемой стороне смещения>;

г) в случае выхода рудного тела за контур нижней бровки по лежачему боку, этот контур подвигается (маркерами) за контур рудного тела до полного его охвата;

д) отстраиваются полилинии в торцах залежи, все участки контуров нижней бровки «сшиваются» в единую замкнутую полилинию ☺ВМ – Редактировать – Объект – Полилиния – <Указывается любой сегмент в полилинии> – <В выпадающем меню указать Добавить> – <Указываются все добавляемые к выбранному сегменту объекты, ПКМ, Enter>;

е) от замкнутого контура нижней бровки откладывается верхняя бровка на смещение, равное заложению откоса уступа (4 м), а от нее – нижняя бровка вышележащего горизонта – на смещение, равное ширине бермы очистки (6 м);

ж) включается слой с контуром рудного тела на вышележащем горизонте и для него снова выполняются пункты г…ж. Слой с оконтуренным рудным телом можно выключить.

После выполнения цикла операций по пунктам г)…ж) для всех горизонтов – конечный контур карьера будет отстроен

Слоевая структура файла дополняется группой новых слоев для размещения в них контуров уступов. ВМ – Формат – Слой – Создать слой или Alt+Д – <Ввод имени слоя>. Имена слоев задаются как: гор 210, гор 220 … гор 290.

Занесение контуров в соответствующий слой - объекты помечаются, и в панели инструментов «Свойства» им назначается новый слой.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-4

Объем карьерного пространства определяется, как сумма погоризонтных объемов, определяемых по формуле:

$$V = H \cdot (S_1 + S_2) / 2,$$

где V – погоризонтный объем, м^3;

S_1 и S_2 – площади горизонта по нижней и верхней бровке, м^2;

H – высота уступа, м.

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 5.1

Подсчет объемов горной массы, руды и вскрыши
в конечных контурах карьера (без учета вскрытия)

Отм. гор.	Площадь по нижней бровке, м^2	Площадь по верхней бровке, м^2	Высота уступа, м	Объем горной массы, м^3	Объем руды *), м^3	Объем вскрыши, м^3	Коэф-нт вскрыши, м^3/м^3
290	95463	100787	10	981250	27906	953344	34,16
280	82638	87685	10	851615	120165	731450	6,09
270	70281	75060	10	726705	182940	543765	2,97
260	58242	62773	10	605075	202495	402580	1,99
250	44738	48995	10	468665	184255	284410	1,54
240	32980	36741	10	348605	153810	194795	1,27
230	23502	26894	10	251980	127690	124290	0,97
220	14640	17305	10	159725	105540	54185	0,51
210	6844	8611	10	77275	73100	4175	0,06
200	–	–	8 (н.ч.)	20672	20672	–	–
ВСЕГО				**4491567**	**1198573**	**3292994**	**2,75**

*) Данные из таблицы 4.1

Контрольная точка-6:
ФАЙЛ AutoCAD «В№-карьер-контуры.dwg» (рис.5.1)
ФАЙЛ Excel «В№-объемы.xls»
<Лист3 ОБЪЕМЫ ПО ГОРИЗОНТАМ>

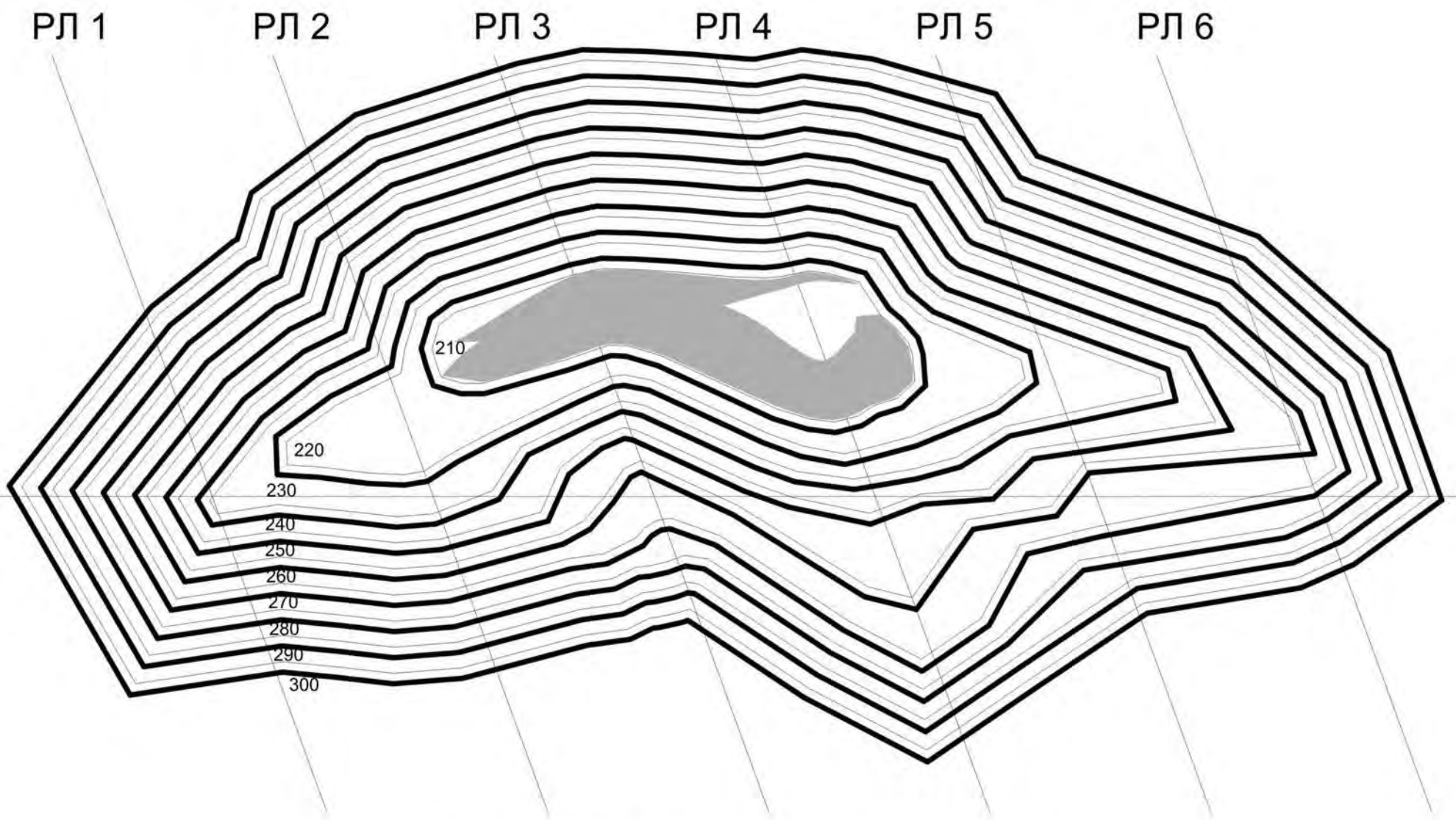


Рис.5.1. Пример изображения в файле контрольной точки-6

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ КАРЬЕРА

Цель выполнения этапа:

Освоить технологию автоматизированного проектирования схемы вскрытия карьера и построения вскрывающих выработок на одном из нерабочих бортов.

Исходные данные:

Файл «В№-карьер-контуры.dwg».

Открыть файл «**В№-карьер-контуры.dwg**», сохранить его, как «**В№-карьер-вскрытие.dwg**».

Снова открыть файл «**В№-карьер-контуры.dwg**», таким образом, открыты 2 файла с межфайловым обменом через ВМ – Окно.

В данной работе вскрытие карьера производится на автотранспорт. Уклон съездов 0,080, ширина съездов – 12 м, длина съезда – 125 м (10/0,08), длина площадки примыкания – 20 … 25 м.

Критерии формирования трассы вскрывающих выработок:

- расположение трассы автосъездов - с использованием конструкции борта по лежачему боку залежи (разнос борта под вскрытие карьера – минимальный);

- число пунктов перемены направления движения на трассе – минимальное;

- разнос борта в торцах карьера – минимальный.

Построение автосъездов («врезка» съезда в уступ) производится последовательно, начиная с нижнего горизонта на вышележащие.

Перед началом построения схемы вскрытия карьера рекомендуется провести ее предварительную трассировку – наметить оси автосъездов (заданной длины), места разворотных площадок и площадок примыкания.

Начальная точка первого съезда на нижнем горизонте выбирается таким образом, чтобы обеспечить разворот самосвала при въезде на нижний горизонт, и чтобы съезд разместился полностью по длине борта без перемены направления.

Перед началом отстройки в файле **«В№-карьер-вскрытие.dwg»** удалить все контуры горизонтов, кроме нижней бровки нижнего горизонта («гор 210»).

Технология «врезки» съезда:

а) нижняя бровка копируется по вертикали (включен ОРТО-режим F8) на фиксированное расстояние (300 м). Команда ☺ВМ – Редактирование – Кприрование – <Указание контура ЛКМ> – <1 точка – любая, указание ЛКМ> – <Подвинуть «мышь» вверх или вниз> – <Набрать 300> – <Enter>;

б) на исходной нижней бровке, в точке начала съезда, делается разрыв контура как можно меньшей длины (☺ВМ – Редактирование – Разорвать – <Указание 1 точки разрыва> – <Указание 2 точки разрыва>);

в) от нижней бровки уступа оставляется ее часть, равная длине съезда, т. е. фактически нижняя бровка уступа трансформируется в верхнюю бровку съезда. Команда ☺ВМ – Редактирование – Увеличить – <Указать объект> –

<ПКМ, Всего> – <Ввод с клавиатуры длины съезда 125, Enter> – <Указание удаляемой части контура>. Проверка длины получившейся ломаной – Выбрать объект – ПКМ – Свойства – Длина (д.б. =125);

г) поворот получившейся ломаной (верхней бровки съезда) относительно начальной точки съезда (точки разрыва) на угол около 2^0 (направление поворота – в зависимости от выбранного направления съезда). ☺ВМ – Редактировать – Повернуть – <Выбор объекта> – <Указание центра поворота – начальная точка съезда> – <Ввод с клавиатуры угла поворота, Enter>;

д) по подобию на ширину съезда (12 м) от линии верхней бровки строится его нижняя бровка по команде ☺ВМ – Редактировать – Подобие –<С клавиатуры указывается ширина съезда 12> – <Указывается исходный контур – верхняя бровка съезда> – <Указывается точка на стороне смещения>. Контур съезда по его верхней и нижней бровке с торцов замыкается отрезками;

е) восстанавливаются участки уступа: верхней бровки над съездом и нижней бровки под съездом – по подобию на заложение откоса уступа (построение аналогично пункту «д»). Восстановленные участки доворачивается на угол около 2^0 (построение аналогично пункту «г»). Все нестыковки линий ликвидируются подвиганием маркеров узловых точек. Таким образом, на этот момент на экране должен быть отстроен съезд и его откосы;

ж) копия нижней бровки, полученная в п.«а» перемещается в исходное положение (на 300 м обратно, аналогично действиям п.«а», но с использованием команды ВМ – Редактировать – Перенести);

з) в перемещенном контуре нижней бровки делаются 2 разрыва в 10-12 м за пределами границ съезда (☺ВМ – Редактировать – Разорвать – <Указание 1 точки разрыва> – <указание 2 точки разрыва>). Часть контура нижней бровки, лежащая в пределах съезда, удаляется. Участки нижней бровки уступа и откосов съезда стыкуются подвиганием маркеров с привязкой по конечным точкам (при этом должен быть обеспечен радиус поворота автосамосвала);

и) верхняя бровка отстраивается по подобию от нижней бровки на заложение откоса уступа (аналогично пункту «е»). Нестыковки линий ликвидируются подвиганием маркеров узловых точек;

к) производится «сшивка» всех сегментов нижней и верхней бровки уступа в единый замкнутый контур. Верхняя и нижняя бровки съезда не входят в присоединяемые сегменты. Команда ☺ВМ – Редактировать – Объект – Полилиния – <Указывается любой сегмент в полилинии> – <В выпадающем меню указать Добавить> – <Указываются все добавляемые к выбранному сегменту объекты, ПКМ, Enter>;

л) по подобию на ширину бермы очистки (6 м) строится нижняя бровка вышележащего уступа;

м) из файла **«В№-карьер-контуры.dwg»** копируется в буфер обмена нижняя бровка вышележащего уступа (ВМ – Правка – Копировать) и вставляется в исходных координатах в файл **«В№-карьер-вскрытие.dwg»** (ВМ – Правка – Вставить с исходными координатами);

н) из двух полученных вариантов нижней бровки (по пунктам «л» и «м») формируется новый контур нижней бровки, проходящий по внешней границе двух вариантов бровок. Для объединения 2 контуров в один они предварительно переводятся в вид «Область» командой ВМ – Рисование – Область – <Указание обоих контуров ЛКМ> – <ПКМ>. Визуально при этом ничего не происходит. Далее 2 региона объединяются в один командой ВМ – Редактировать – Редактирование тела – Объединение – <Указание регионов ЛКМ> – <ПКМ или Enter>. Полученный объект снова переводится в режим «Полилиния», для чего разбивается на отрезки (ВМ – Редактировать – Расчленить), а затем «сшивается» в замкнутую полилинию (аналогично п.«к»);

о) отложить от середины выезда площадку 25 … 30 м (окружностью радиусом 25 … 30). Точка пересечения ее с полученной нижней бровкой будет началом нового съезда. При перемене направления движения точка начала нового съезда будет находиться по нормали от точки выезда.

Для отстройки съездов на каждом вышележащем горизонте – повторяются операции по пунктам а …о.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-4

Объем карьерного пространства с учетом вскрывающих выработок определяется аналогично «ПОДСЧЕТУ ОБЪЕМОВ-3». Рекомендуется использовать ту же самую электронную форму таблицы, изменив в ней только площади. Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 6.1

Подсчет объемов горной массы, руды и вскрыши
в конечных контурах карьера (с учетом вскрытия)

Отм. гор.	Площадь по нижней бровке, $м^2$	Площадь по верхней бровке, $м^2$	Высота уступа, м	Объем горной массы, $м^3$	Объем руды *), $м^3$	Объем вскрыши, $м^3$	Коэф-нт вскрыши, $м^3/м^3$
290	106941	114015	10	1104780	27906	1076874	38,59
280	91808	98695	10	952515	120165	832350	6,93
270	77192	84038	10	806150	182940	623210	3,41
260	64051	70152	10	671015	202495	468520	2,31
250	50139	56063	10	531010	184255	346755	1,88
240	37808	43069	10	404385	153810	250575	1,63
230	26831	31738	10	292845	127690	165155	1,29
220	15976	20238	10	181070	105540	75530	0,72
210	7022	10318	10	86700	73100	13600	0,19
200	–	–	8 (н.ч.)	20672	20672	–	–
ВСЕГО				**5051142**	**1198573**	**3852569**	**3,21**

Контрольная точка -7

ФАЙЛ AutoCAD В№-карьер-вскрытие.dwg (рис.6.1)

ФАЙЛ Excel В№-объемы.xls <Лист4 ОБЪЕМЫ ПО КАРЬЕРУ>

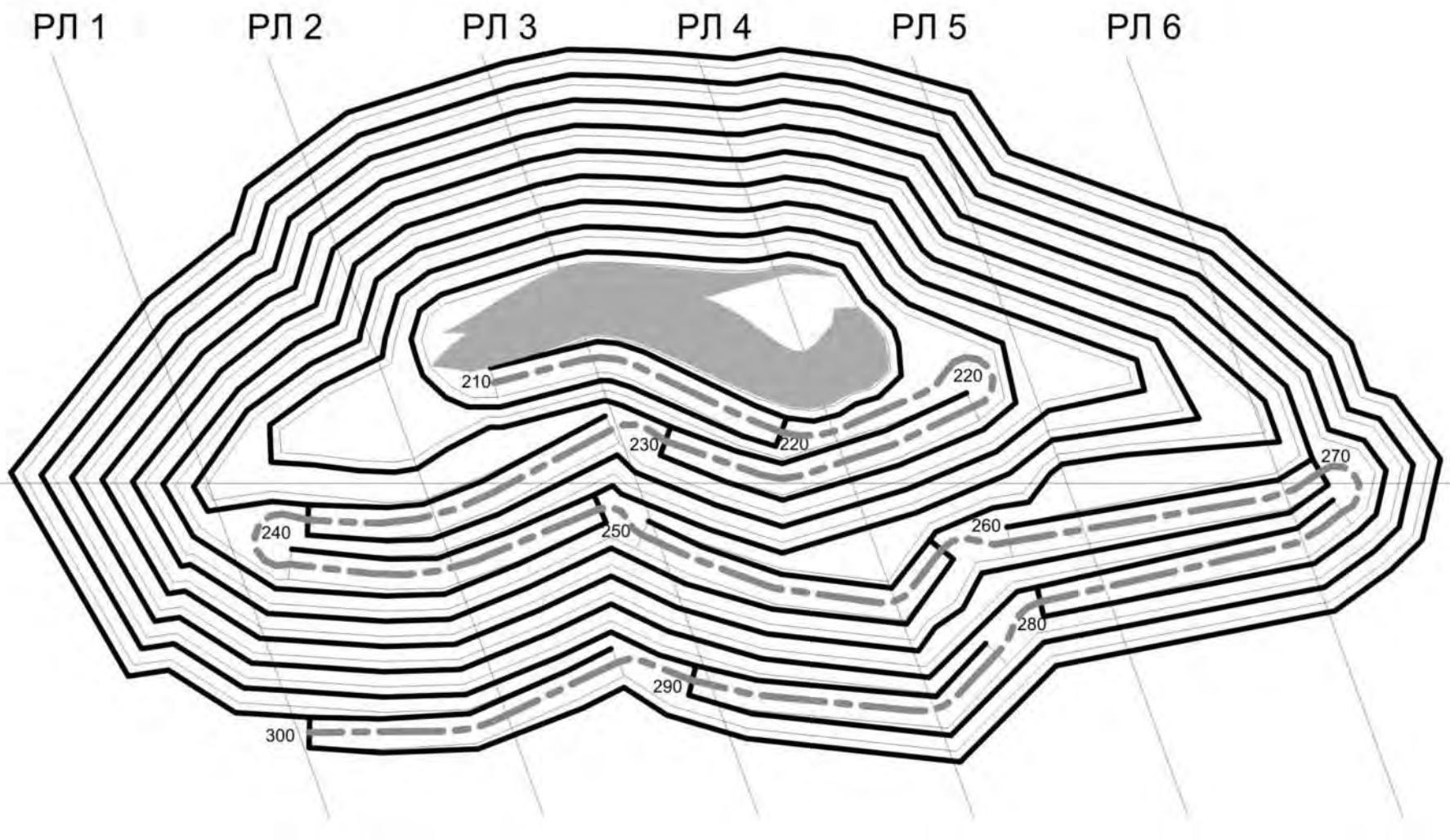


Рис.6.1. Пример изображения в файле контрольной точки-7

7. КОРРЕКТИРОВКА ГРАНИЦ КАРЬЕРА (СДВАИВАНИЕ УСТУПОВ)

Цель выполнения этапа

Освоить технологию построения нерабочего борта, содержащего сдвоенные уступы, оценить сокращение объемов вскрыши при сдваивании уступов.

Исходные данные

Файл «В№-карьер-вскрытие.dwg».

Открыть файл **«В№-карьер-вскрытие.dwg»**, сохранить его как **«В№-карьер-вскрытие2.dwg»**.

Для уменьшения объемов вскрыши, уступы борта, не содержащего вскрывающие выработки, сдваиваются.

Проектирование сдваивания уступов происходит с нижнего горизонта в зоне борта с выдержанной шириной бермы очистки, путем «перетягивания» маркеров узловых точек контура каждой бровки в новое положение.

Технология построения сдвоенных уступов

На рис. 7.1 и 7.2 представлена пошаговое сдваивание уступов. Сдваивание начинается с двух нижних горизонтов карьера.

Шаг 1 и 2: Нижняя бровка горизонта, идущего следом за самым нижним горизонтом, с помощью маркеров передвигается на верхнюю бровку нижележащего горизонта.

Шаг 3: От сдвинутой нижней бровки с помощью команды «Подобие» отстраивается вспомогательная линия на расстояние равное заложению откоса уступа (4,0 м). Вспомогательный контур рекомендуется выделить цветом, отсутствующим на чертеже, так как данный контур впоследствии необходимо будет удалить.

Шаг 4: На вспомогательный контур с помощью маркеров сдвигается верхняя бровка перемещаемого горизонта. Измеряется площадь новых полученных контуров и заносится в таблицу 7.1.

Шаг 5: С помощью команды «Разорвать» (ВМ – Редактировать – Разорвать) необходимо разорвать верхнюю бровку нижнего горизонта и нижнюю бровку вышележащего горизонта в местах выклинивания уступов. Затем следует удалить две полностью совпадающие линии, расположенные в центре сдвоенного уступа.

Шаг 6: От верхней бровки, сформированной на шаге 4, отстраивается вспомогательная линия по подобию на ширину бермы механизированной очистки (6,0 м), которая совпадает с новым положением нижней бровки вышележащего уступа.

Шаг 7: На вспомогательную линию сдвигается нижняя бровка следующего уступа, планируемого к сдваиванию. По завершении шага №7, выполнять шаг 1-7 со следующими двумя уступами. Повторять выполнение шагов 1-7 до тех пор пока не будут сдвоены попарно все уступы в карьере.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-5

Объем карьерного пространства с учетом вскрывающих выработок и сдвоенных уступов на противоположном борту определяется аналогично «ПОДСЧЕТУ ОБЪЕМОВ-4». Рекомендуется использовать ту же самую электронную форму таблицы, изменив в ней только площади.

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 7.1

Подсчет объемов горной массы, руды и вскрыши
в конечных контурах карьера (с учетом вскрытия и сдваивания уступов)

Отм. гор.	Площадь по нижней бровке, м^2	Площадь по верхней бровке, м^2	Высота уступа, м	Объем горной массы, м^3	Объем руды *), м^3	Объем вскрыши, м^3	Коэф-нт вскрыши, м^3/м^3
290	92817	99584	10	962005	27906	934099	33,47
280	78436	85025	10	817305	120165	697140	5,80
270	68243	74875	10	715590	182940	532650	2,91
260	55658	61501	10	585795	202495	383300	1,89
250	45385	51267	10	483260	184255	299005	1,62
240	33373	38531	10	359520	153810	205710	1,34
230	25144	30021	10	275825	127690	148135	1,16
220	14451	18674	10	165625	105540	60085	0,57
210	7022	10317	10	86695	73100	13595	0,19
200	–	–	8 (н.ч.)	20672	20672	–	–
ВСЕГО				**4472292**	**1198573**	**3273719**	2,73

Контрольная точка-8:
ФАЙЛ AutCAD **В№-карьер-вскрытие2.dwg (рис.7.3)**
ФАЙЛ Excel **В№-объемы.xls**
<Лист5 ОБЪЕМЫ ПО КАРЬЕРУ2>

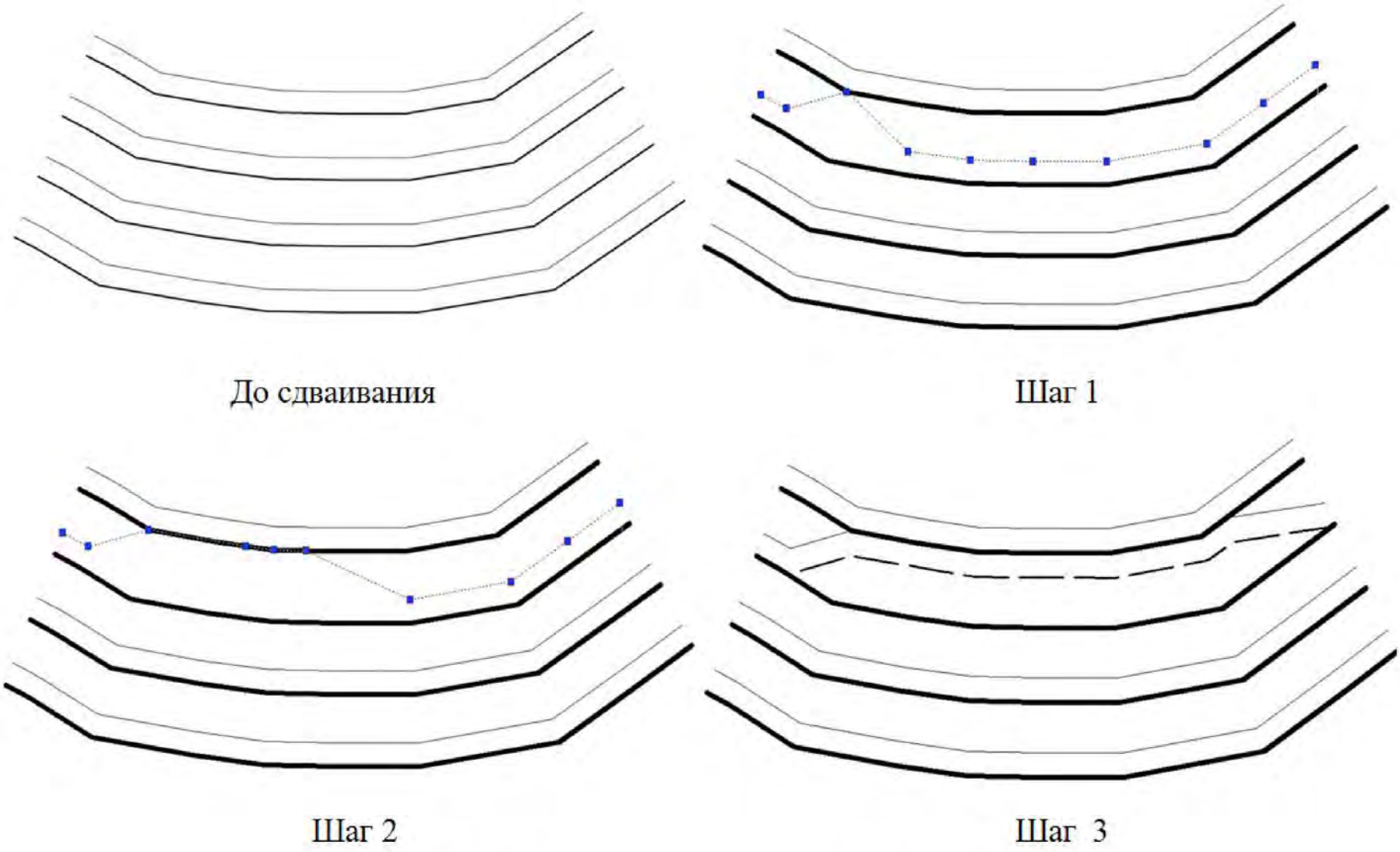


Рис.7.1. Шаги по сдваиванию уступа №1-3

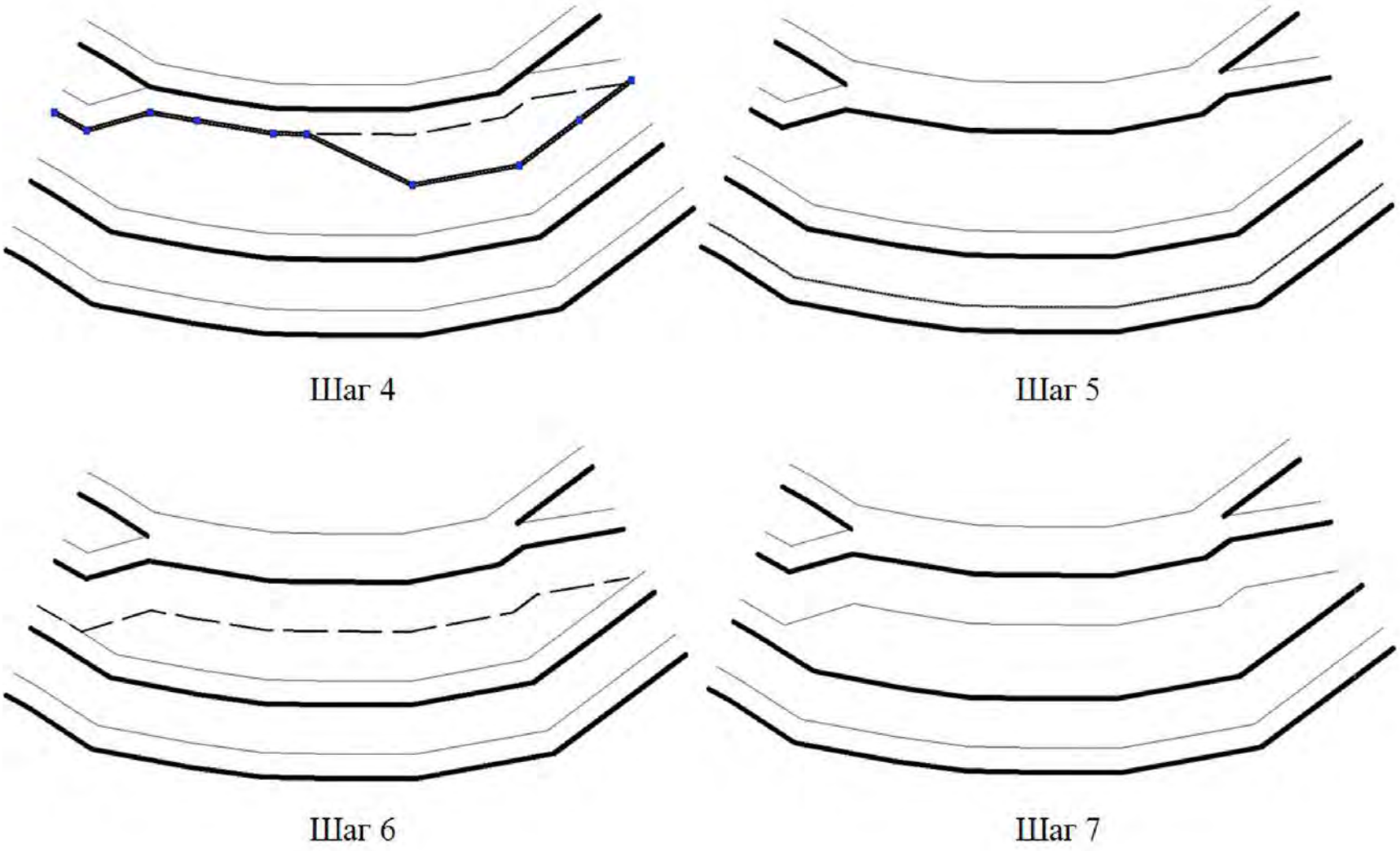


Рис.7.2. Шаги по сдваиванию уступа №4-7

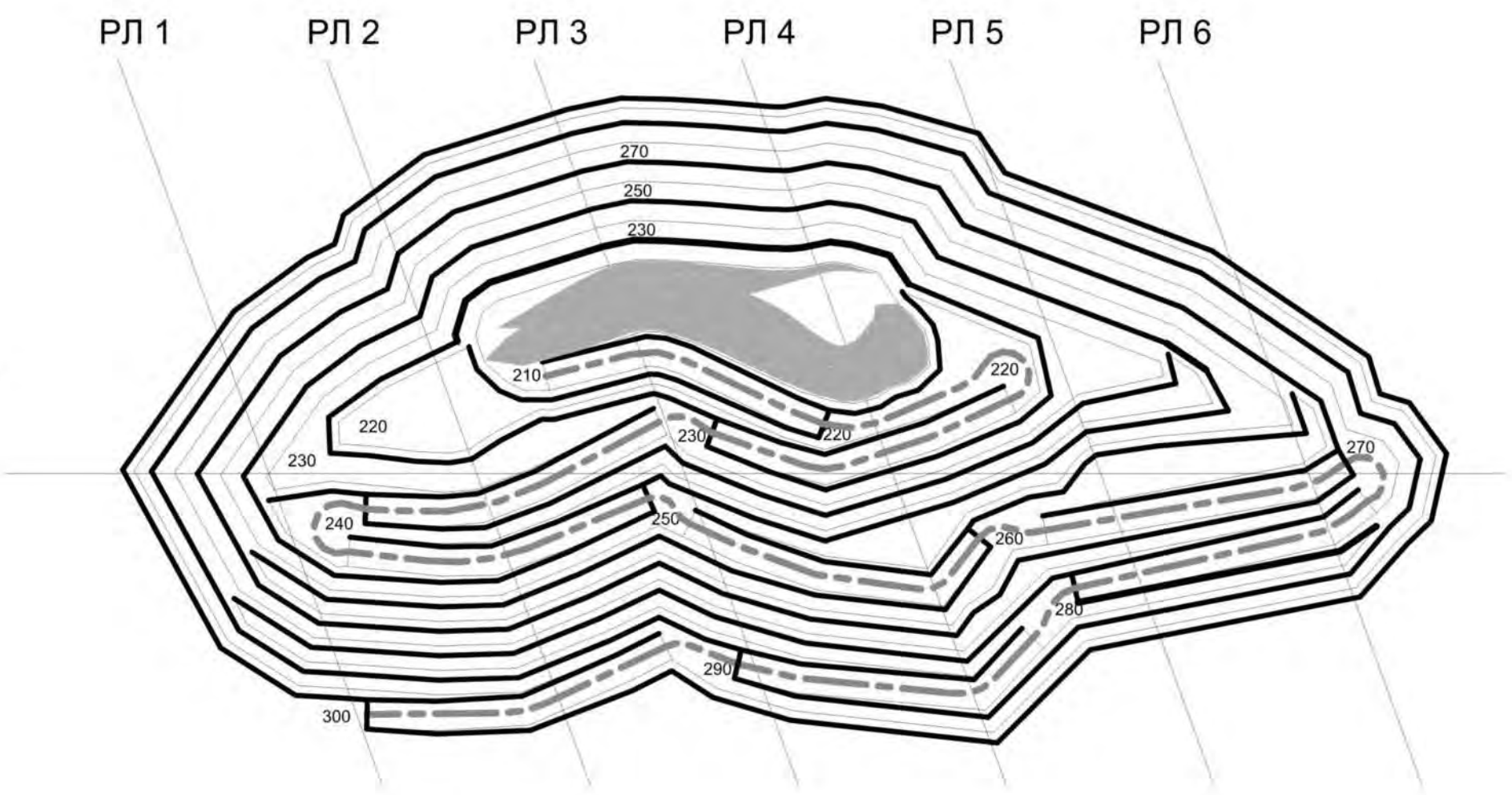


Рис.7.3. Пример изображения в файле контрольной точки-8

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРА НА МОМЕНТ ПОЛНОГО РАЗВИТИЯ РАБОТ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию автоматизированного проектирования рабочей зоны карьера, переход от конечного положения к положению на момент полного развития работ с выдержанной шириной рабочих площадок и обеспечением фронта ведения горных работ.

Исходные данные

Файл «В№-карьер-вскрытие2.dwg».

Открыть файл **«В№-карьер-вскрытие2.dwg»** и сохранить его как **«В№-карьер-развитие работ.dwg»**. Снова открыть файл **«В№-карьер-вскрытие2.dwg»**, таким образом, открыты 2 файла, межфайловое переключение в ВМ – Окно.

Положение горных работ на момент полного развития характеризуется:

– выходом карьера на предельные границы по поверхности (верхним уступом);

– сформированной рабочей зоной с соблюдением ширины рабочих площадок на горизонтах (ширину рабочей площадки принять 40 м);

– ширина разрезной траншеи (котлована) на нижнем горизонте должна обеспечивать разворот автосамосвалов (т. е. быть не менее 25-30 м).

На данном этапе работы необходимо:

– задавшись положением верхнего уступа (сформированного в пункте 7), отстроить рабочую зону карьера с площадками 40 м и рабочим углом откоса 80^0 (угол учитывается в заложении откоса уступа);

– определить количество рабочих уступов с соблюдением минимальной ширины траншеи (котлована) на нижнем горизонте;

– вскрывающие выработки оставить, по возможности, в стационарном состоянии, за исключением съезда на нижний горизонт (допускается временный съезд).

Технология построения положения горных работ на полное развитие:

а) переключиться в файл **«В№-карьер-развитие работ.dwg»;**

б) удаляются все уступы, кроме верхнего (гор.+290 м);

в) от верхнего уступа по подобию отстраиваются горизонты внутрь карьерного поля (на ширину рабочей площадки и на заложение откоса рабочего уступа для верхних и нижних бровок, соответственно);

г) в процессе построений визуально отслеживаются размеры выработки на нижнем горизонте, и при достижении ею ширины менее 25-30 м, построения

прекращаются. Для контроля ширины выработки можно использовать построенный круг радиусом 15 м, перемещая его по площади выработки. В результате построений определяется количество уступов, размещаемых в пределах рабочей зоны;

д) из файла **«В№-карьер-вскрытие2.dwg»** копируется в буфер обмена нижележащий горизонт со съездом (ВМ – Правка – Копировать), и вставляется в исходных координатах в файл **«В№-карьер-развитие работ.dwg»** (ВМ – Редактировать – Вставить с исходными координатами);

е) из вставленного в п. «д» горизонта оставляется только съезд с его откосами, путем разрезания контуров бровок до и после съезда (ВМ – Редактировать – Разорвать), и удаления отрезанного контура горизонта;

ж) горизонт рабочей зоны, соответствующий данному съезду, аналогично разрезается в зоне расположения съезда (с удалением части контура в районе съезда), контур горизонта маркерами подтягиваются к съезду по соответствующим точкам нижних и верхних бровок.

Для переноса оставшихся нижележащих горизонтов (кроме последнего) повторить действия по пунктам д … ж.

На нижнем горизонте в уступ «врезается» временный съезд, положение которого решается разработчиком из условия минимального расстояния транспортирования. Технология построения съезда – см. пункт 6 «Вскрытие карьера».

Контрольная точка-9:
ФАЙЛ AutoCAD В№-карьер-развитие работ.dwg (рис.8.1)

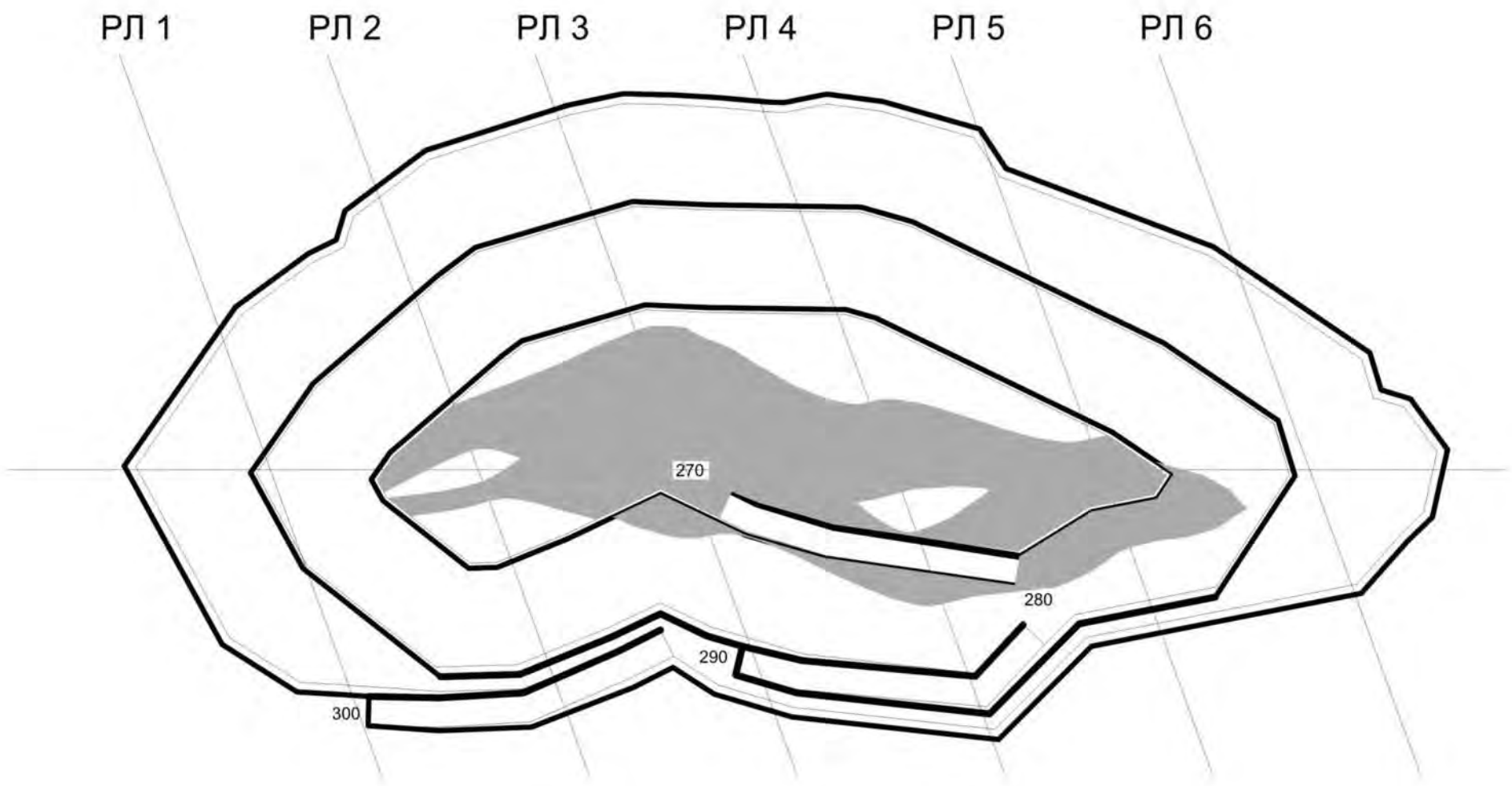


Рис.8.1. Пример изображения в файле контрольной точки-9

9. НАНЕСЕНИЕ КОНТУРОВ КАРЬЕРА НА ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию автоматизированного построения контуров карьера на поперечных геологических разрезах.

Исходные данные

Файлы «В№-разрезы-1000.dwg», «В№-карьер-вскрытие2.dwg», «В№-карьер-развитие работ.dwg».

Открыть файл **«В№-разрезы-1000.dwg»**, сохранить его как **«В№-разрезы с контурами.dwg»**. Дополнительно открыть файл **«В№-карьер-вскрытие2.dwg».** При нанесении контуров должны быть открыты оба файла, межфайловое переключение в ВМ – Окно.

Технология нанесения контуров карьера на геологические разрезы:

а) перейти в файл «В№-карьер-вскрытие2.dwg», установить ПСК на разведочную линию. Ось (*X*) при этом должна проходить по разведлинии или быть ей параллельна в направлении «Юго-восток – Северо-запад» (снизу вверх). Команда ВМ – Сервис – Новая ПСК – Объект – <Указание на нижнюю часть разведлинии>;

б) проведение серии вспомогательных отрезков, перпендикулярных разведлинии (для этого включение ОРТО-режима – F8), от пересечения каждой бровки каждого уступа с разведлинией. Длина отрезков должна соответствовать высотной отметке бровки минус 200 м (т. е. если проводится отрезок от бровки с отм.+280 м, то его длина = 80 ед.).

Команда для проведения отрезка заданной длины ☺ВМ – Рисование – Отрезок – <Указание точки пересечения бровки с разведлинией по привязке> – <Задание направления отрезка> – <Ввод с клавиатуры его длины, Enter>;

в) соединение концов построенных отрезков полилинией ☺ВМ – Рисование – Полилиния, вспомогательные отрезки удаляются;

г) копирование с базовой точкой в буфер обмена полученного контура карьера. Базовая точка – пересечение разведлинии с линией координатной сетки. Команда ☺ВМ – Правка – Копировать с базовой точкой – <указание базовой точки> – <выбор объекта, ПКМ>;

д) переключение в файл «В№-разрезы с контурами.dwg» ВМ-Окно;

е) вставка содержимого буфера обмена (контур карьера) на соответствующий разрез, в точку пересечения линии высотной сетки «200» с линией оси координат ☺ВМ – Правка – Вставить.

Для переноса остальных контуров карьера на соответствующие разрезы – повторить действия по пунктам а … е.

Аналогично нанести на разрезы контуры горных работ на момент полного развития.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-6

Объем карьера и вскрыши в карьере на конец отработки определяется по разрезам аналогично «ПОДСЧЕТУ ОБЪЕМОВ-1» как сумма объемов подсчетных блоков, заключенных между смежными разрезами. Все расчеты проводятся по формуле;

$$V = L * (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}) / 3,$$

где V – объем подсчетного блока, м^3;

S_1 и S_2 – площади контуров карьера на смежных разрезах, м^2;

L – расстояние по нормали между смежными разрезами, м.

Площади и длины измеряются средствами AutoCAD

- площади: ВМ – Сервис – Сведения – Площадь – <ПКМ> – Объект;
- расстояния: ВМ – Сервис – Сведения – Расстояние (с исп. привязки по нормали).

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 9.1

Подсчет объемов горной массы, руды и вскрыши
в конечных контурах карьера методом вертикальных сечений

Раз-рез 1	Раз-рез 2	Площадь карьера на разрезе 1, м^2	Площадь карьера на разрезе 2, м^2	Расстоя-ние между разре-зами, м	Объем горной массы, м^3	Объем руды*), м^3	Объем вскрыши, м^3	Коэфф. вскры-ши, м^3/м^3
1	2	6097	10999	80	683840	79264	604576	7,63
2	3	10999	13408	80	976280	258703	717577	2,77
3	4	13408	15078	80	1139440	384774	754666	1,96
4	5	15078	8371	80	937960	258652	679308	2,63
5	6	8371	4066	80	497480	77412	420068	5,43
ВСЕГО					**4235000**	**1058805**	**3176195**	**3,00**

*) данные табл. 1.1.

Контрольная точка-10:

ФАЙЛ AutoCAD В№-разрезы с контурами.dwg (рис. 9.1)

ФАЙЛ Excel В№-объемы.xls

<Лист6 ОБЪЕМЫ КАРЬЕРА ПО РАЗРЕЗАМ>

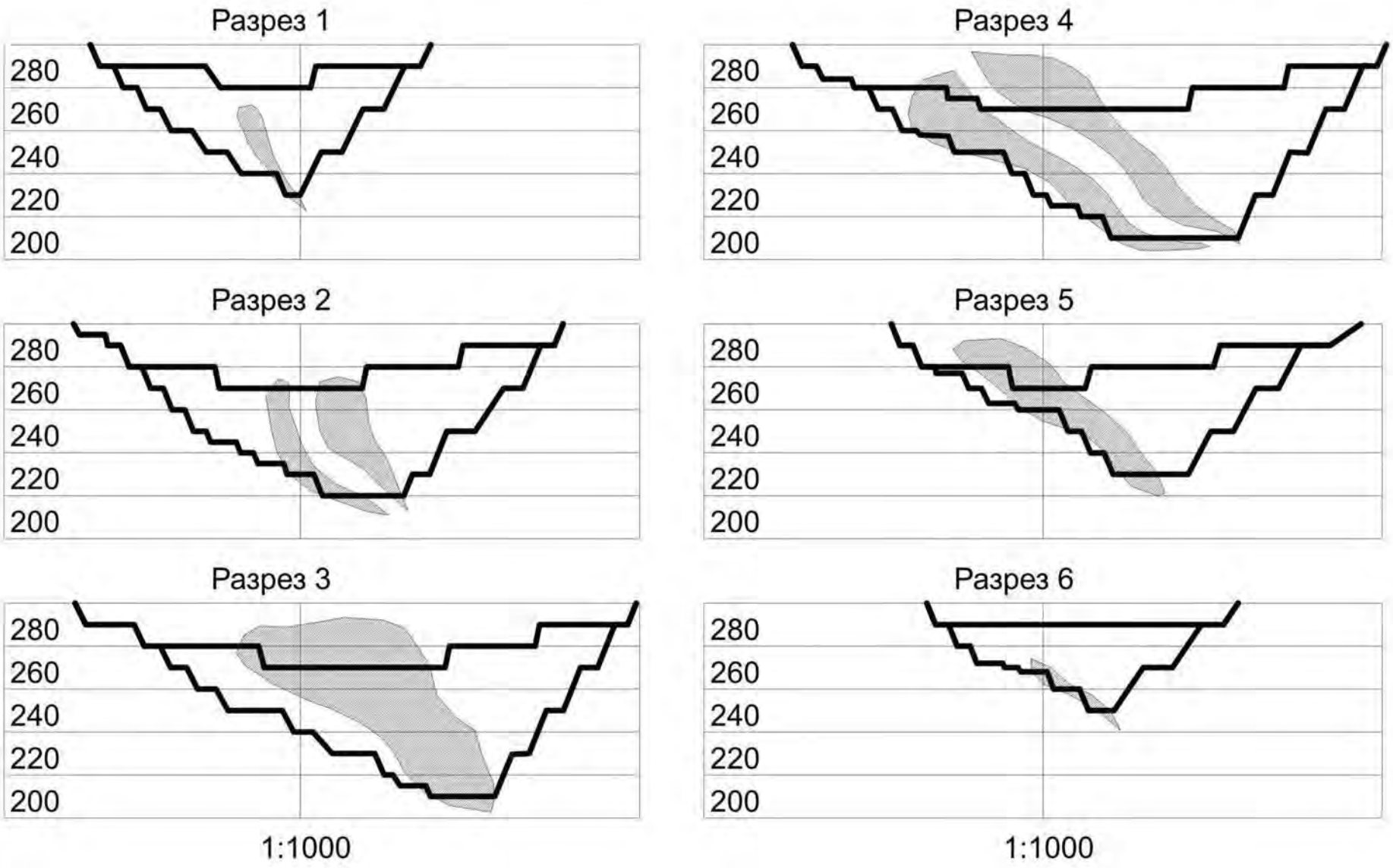


Рис. 9.1. Пример изображения в файле контрольной точки-10

10. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию формирования SOLID-модели рельефа месторождения.

Исходные данные

Файлы «В№-разрезы с контурами.dwg», «В№-каркас.dwg».

Открыть файл «В№-разрезы с контурами.dwg», сохранить его как **«В№-разрезы с рельефом.dwg»**.

Технология формирования SOLID-модели рельефа месторождения

а) в связи с тем, что контура спроектированного карьера, как правило, выходят за пределы ограничивающих разрез линий, необходимо увеличить длину разрезов на 50 мм чертежа влево и вправо от ограничивающих линий. Для этого необходимо воспользоваться командой «Подобие», выбрав расстояние смещения – 50 мм для ограничивающих разрез линий (рисунок 10.1). Удлинение всех горизонтальных линий разреза выполняется с помощью команды «Удлинить» (☺ВМ – Редактировать – Удлинить – <Выбрать вновь отстроенные линии – ПКМ – выбрать удлиняемые горизонтальные линии по одной, кликая ЛКМ поочередно по обоим концам горизонтальной линии>).

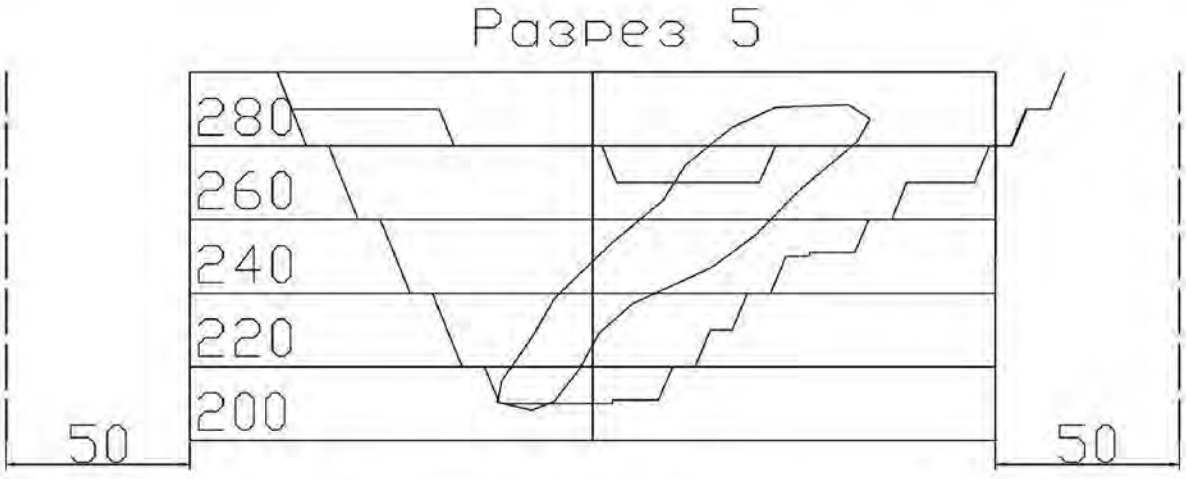


Рис. 10.1. Увеличение длины разреза

б) преподаватель наносит на все поперечные геологические разрезы контура, описывающие рельеф дневной поверхности месторождения.

в) в файле «В№-объемы.xls» <Лист6 ОБЪЕМЫ ПО РАЗРЕЗАМ> создать копию разработанной ранее таблицы (контрольная точка №10). Скорректировать объем вскрыши в контурах карьера и коэффициент вскрыши с учетом рельефа месторождения. Расчеты следует производить аналогично контрольной точке №10. Для измерения площадей необходимо создать замкнутые контура: <ВМ – Рисование – Контур – Создать – Указание линии,

описывающей рельеф месторождения и контура карьера на конец отработки (рис. 10.2) – ПКМ – Указание точек – указать точку внутри создаваемого контура – Enter>. После измерения площадей, построенные контура удалить.

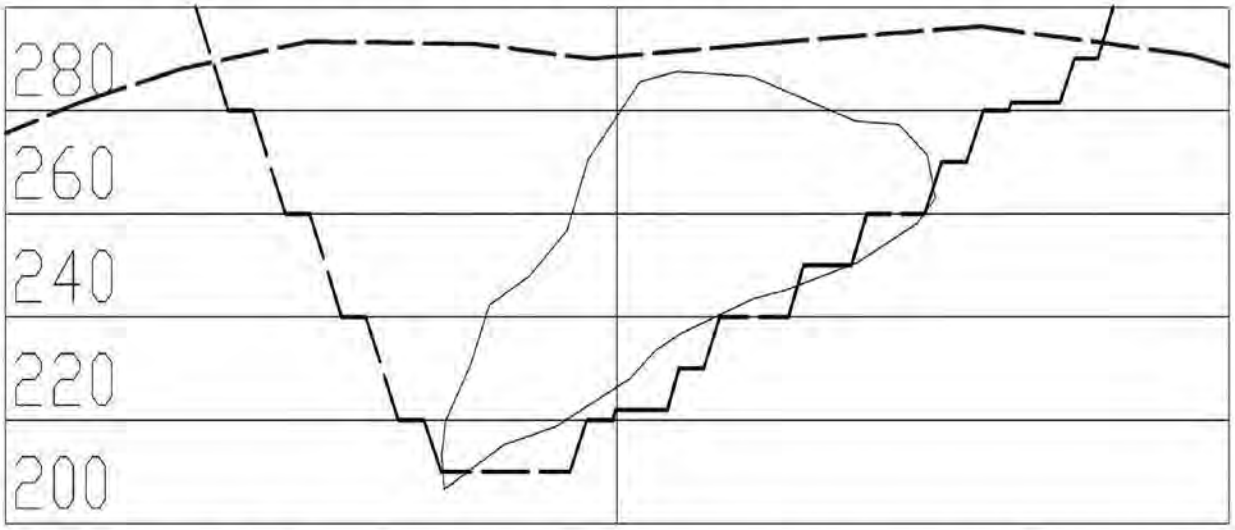


Рис. 10.2. Создание замкнутого контура для определения площади

г) объединить отстроенную линию рельефа с новыми ограничивающими линиями разреза и нижней горизонтальной линией с целью создания единого замкнутого контура. Для этого 4 выбранные линии «сшиваются» в единую замкнутую полилинию ☺ВМ – Редактировать – Объект – Полилиния – <Указывается любой сегмент в полилинии> – <В выпадающем меню указать Добавить> – <Указываются все добавляемые к выбранному сегменту объекты, ПКМ, Enter>;

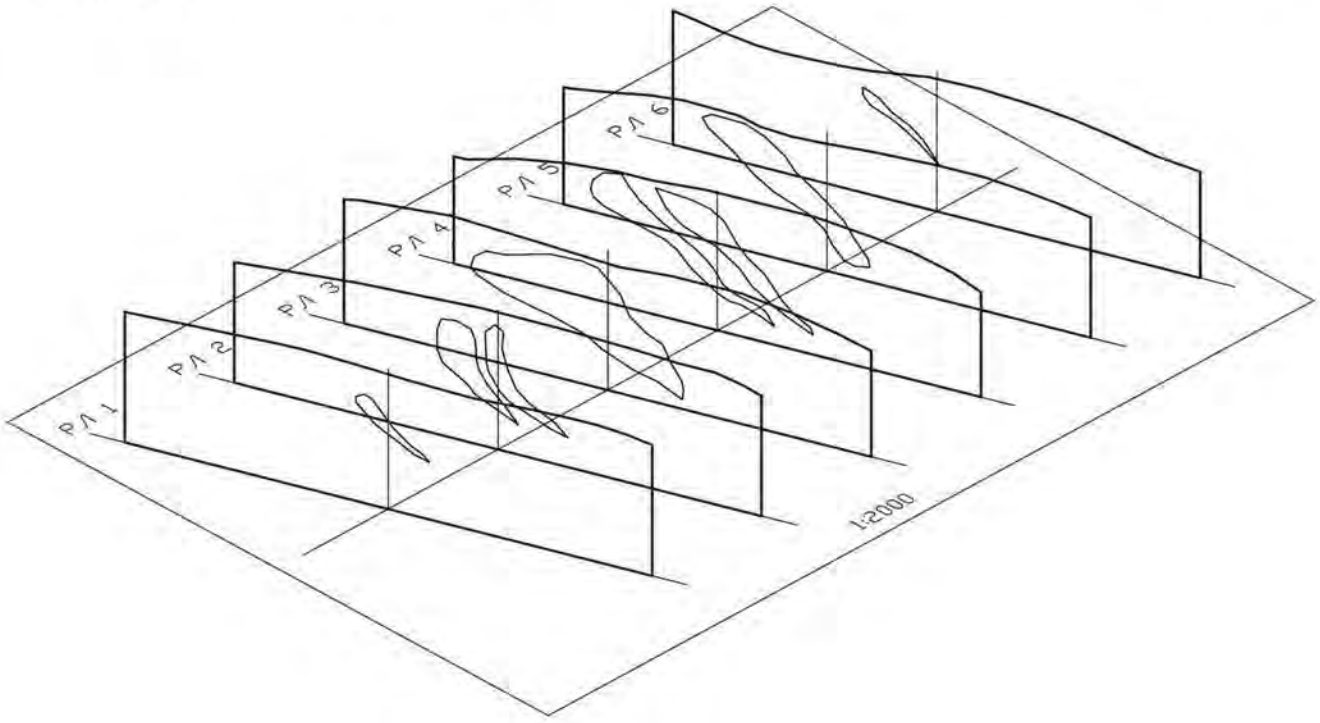


Рис. 10.3. Создание каркасной модели участка недр

д) открыть файл «В№-каркас.dwg» и переименовать в «В№-каркас с рельефом.dwg». Восстановить пользовательскую систему координат:

ПСК для разреза должна пройти через разведлинию и вертикальный отрезок от пересечения разведлинии с координатной осью.

Рекомендуется установить ПСК по трем точкам (ВМ – Сервис – Новая ПСК – 3 Точки):

1-я – на разведлинии, ниже (южнее) пересечения ее с осью координат.

2-я – на пересечении разведлинии, оси координат и вертикального отрезка.

3-я – на вертикальном отрезке выше 2-й точки.

После установки ПСК маркер системы координат переместится в новое положение.

Дополнительно к сечениям рудных тел нанести 6 контуров с рельефом аналогично п.п. 2.2.3 – 2.2.4 (рисунок 10.3).

Восстановить мировую систему координат: <ВМ – Сервис – Новая ПСК – МСК>.

е) открыть файл «В№-блоки.dwg» и переименовать в файл «В№-блоки с рельефом.dwg»;

ж) сформировать 3D-модель рельефа месторождения аналогично п.3.2, используя полученные сечения.

з) создать в файле слой «участок недр» и назначить ему синий цвет. В новый слой внести созданные блоки 3D-модели рельефа месторождения (рис. 10.4).

Контрольная точка-11:

ФАЙЛ AutoCAD	**В№-блоки с рельефом.dwg**
ФАЙЛ Excel	**В№-объемы.xls**
	<Лист6 ОБЪЕМЫ КАРЬЕРА ПО РАЗРЕЗАМ>
	(скорректированная таблица)

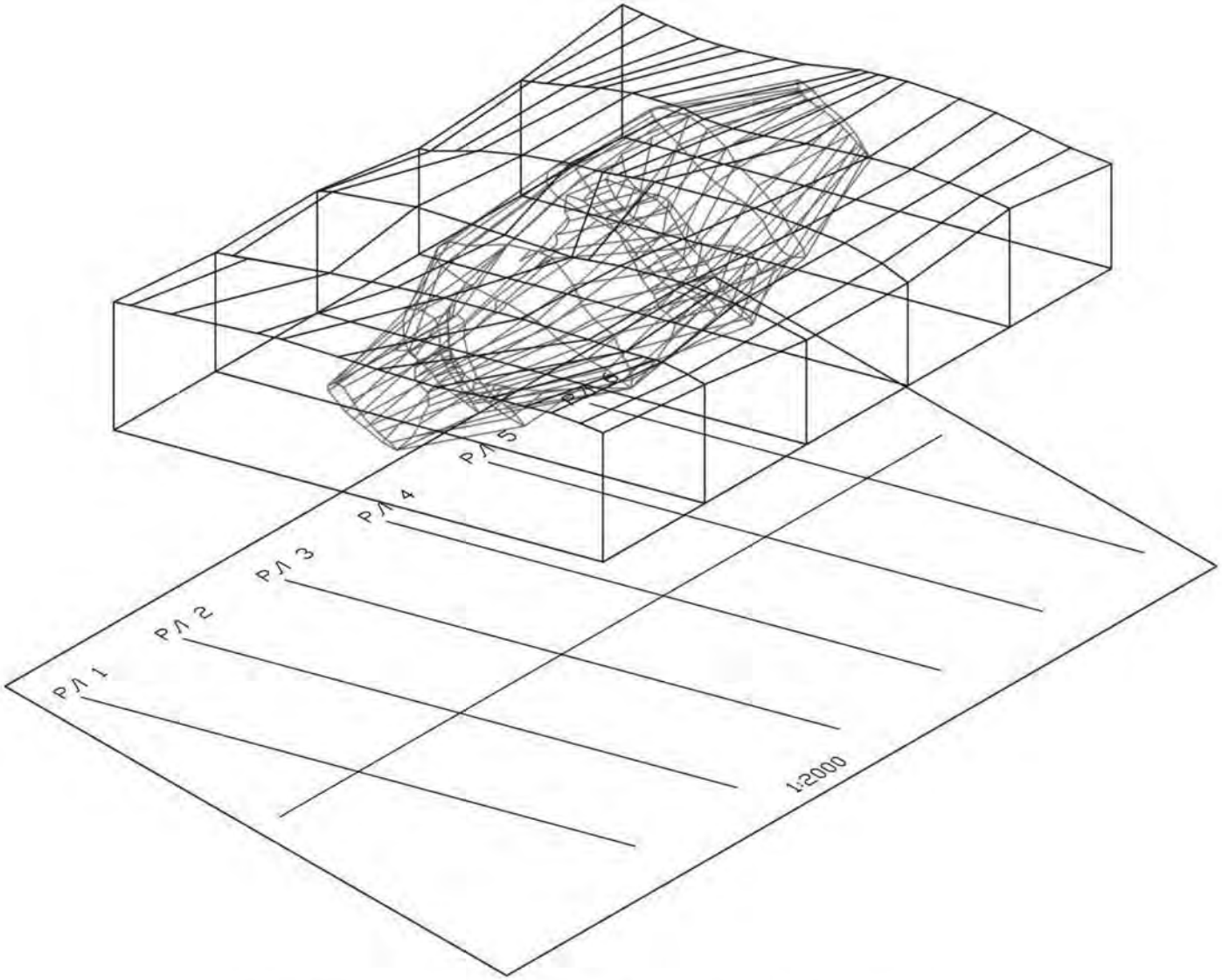


Рис. 10.4. Сформированная 3D-модель участка недр

11. СОЗДАНИЕ КАРТЫ ИЗОЛИНИЙ РЕЛЬЕФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Цель выполнения этапа

Освоить создание двумерных планов изолиний рельефа на основе твердотельной модели участка недр, вмещающих рудную залежь.

Исходные данные

Файлы «В№-блоки с рельефом.dwg».

Технология формирования карты изолиний рельефа месторождения

а) в файле «В№-блоки с рельефом.dwg» создать слой «изолинии» и назначить его текущим. Выключить все слои, кроме слоев «изолинии» и «участок недр». Слою «изолинии» назначить зеленый цвет.

б) объединить пять блоков, составляющих модель участка недр в единую модель: <ВМ – Редактировать – Редактирование тела – Объединение тела – Выбрать все пять блоков – Enter>;

в) определить минимальную отметку дневной поверхности месторождения. Для этого в файле «В№-разрезы с контурами.dwg» необходимо найти самую нижнюю точку на нарисованных преподавателем линиях, описывающих рельеф месторождения и высчитать ее высотную отметку. Полученную отметку следует округлить до целого числа в сторону увеличения.

г) установить вид на участок недр «в плане» в мировой системе координат: <ВМ – Вид – 3D-виды – Вид в плане – МСК>.

д) построить набор горизонтальных сечений участка недр, начиная с отметки, полученной в пункте в): В командной строке внизу экрана набрать команду Сечение <Выбор рассекаемых объектов, ПКМ> – < ПКМ, указание плоскости XY > – <Ввод в командной строке координаты точки на плоскости рассечения 0,0,Z (отметка из пункта в)>. Координаты Z последующих сечений отличаются друг от друга на 0,5 м. Следует отстраивать сечения до тех пор, пока внизу экрана в командной строке не появится фраза «секущая плоскость не пересекает рудное тело».

е) Отключить слой «участок недр» (рис. 11.1).

Контрольная точка-12:
ФАЙЛ AutoCAD В№-рельеф.dwg

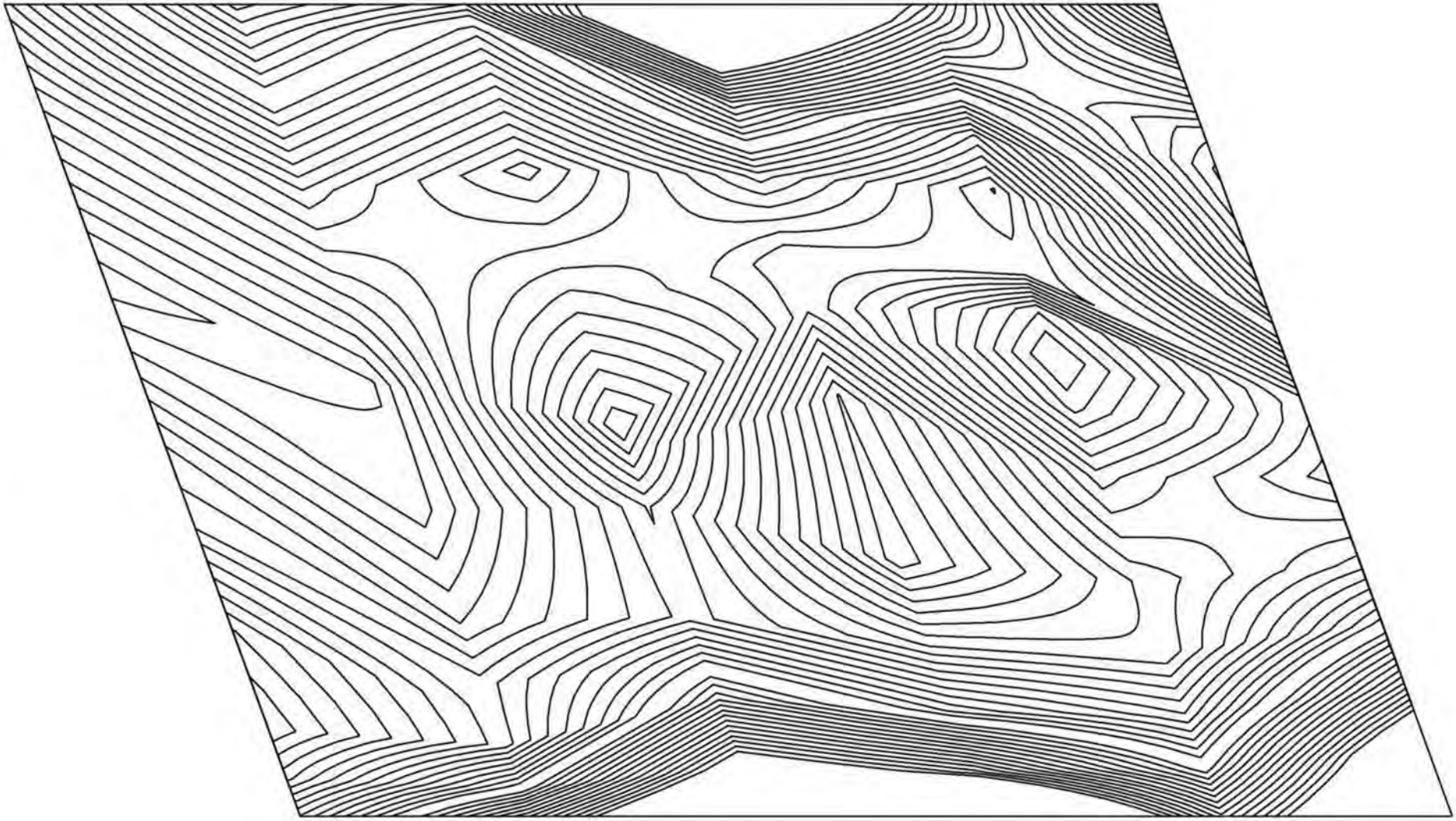


Рис. 11.1. Карта изолиний рельефа месторождения

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

12. СОВМЕЩЕНИЕ 2D–МОДЕЛИ КАРЬЕРА С ТОПООСНОВОЙ УЧАСТКА

Цель выполнения этапа

Освоить основные принципы формирования модели карьерной выемки с учетом реальной топоосновы участка месторождения.

Исходные данные

Файлы «В№-рельеф.dwg», «В№-карьер-вскрытие2.dwg».

Внимание!!!

Лабораторная работа «Совмещение 2D-модели карьера с топоосновой участка» выполняется студентами самостоятельно под руководством преподавателя.

Основная задача этапа – формирование контуров карьера с учетом реальной топоосновы участка залегания месторождения.

В результате выполнения работы должен быть получен план карьера на полную отработку с выклинивающимися верхними уступами, расположенными в нагорной части месторождения.

Контрольная точка-13:
ФАЙЛ AutoCAD В№-карьер с рельефом.dwg

13. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Отчетность по выполненной работе представляется в электронном виде и включает в себя набор файлов – чертежей AutoCAD (файлы DWG) и расчетных таблиц EXCEL (файлы XLS). Целесообразность предоставления отчетности на бумажных носителях (распечатки) определяется преподавателем. Отчетность в электронном виде предоставляется в процессе прохождения контрольных точек, которые представлены по тексту и сведены в табл. 13.1.

Таблица 13.1

Этап	Контр. точка	Файлы
Практические работы		
1 – создание электронной копии исходных данных	КТ – 1	В№-разрезы-2000.dwg
2 – подготовка объемного каркаса для модели залежи	КТ – 2	В№-разрезы-1000.dwg План разведлиний-1000.dwg В№-объемы.xls (л1)
	КТ – 3	В№-каркас.dwg
	КТ – 4	В№-блоки.dwg
4 – получение погоризонтных геологических планов	КТ – 5	В№-геопланы.dwg В№-объемы.xls (л1,л2)
5 – проектирование конечных контуров карьера	КТ – 6	В№-карьер-контуры.dwg В№-объемы.xls (л3)
6 – проектирование вскрытия карьера	КТ – 7	В№-карьер-вскрытие.dwg В№-объемы.xls (л4)
7 – корректировка границ карьера (сдваивание уступов)	КТ – 8	В№-карьер-вскрытие2.dwg В№-объемы.xls (л5)
8 – проектирование карьера на момент полного развития работ	КТ – 9	В№-карьер-развитие работ.dwg
9 – нанесение контуров карьера на геологические разрезы	КТ – 10	В№-разрезы-контуры.dwg В№-объемы.xls (л6)
10 – Создание модели рельефа месторождения	КТ – 11	В№-блоки с рельефом.dwg В№-объемы.xls (л6)
11 – Создание карты изолиний рельефа месторождения	КТ – 12	В№-блоки с рельефом.dwg
Самостоятельная работа		
12 – Совмещение 2D-модели карьера с топоосновой участка	КТ – 13	В№-карьер с рельефом.dwg

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Ганиев Р.С., ст. преподаватель

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....3
2. ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.....6
2.1. Создание цифровой модели поверхности рельефа.....6
2.2. Определение границ оптимальной оболочки карьера и получение укрупненного календарного плана.....6
2.3. Проектирование карьера.....11
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 13

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовое проектирование – завершающий этап в изучении дисциплины "Основы автоматизированного проектирования" и его цель – приобретение навыков творческого решения принципиальных задач открытой разработки месторождений - вскрытия и системы их разработки.

Тема типового курсового проекта: Автоматизированное проектирование объектов открытых горных работ и планирование основных производственных показателей.

Все задачи курсового проекта решаются в программной среде Micromine.

Типовой курсовой проект выполняется по индивидуальным заданиям, представленным студентам в электронном виде. Исходные данные включают блочную модель месторождения (рисунок 1) и топографическую съемку земной поверхности (рисунок 2).

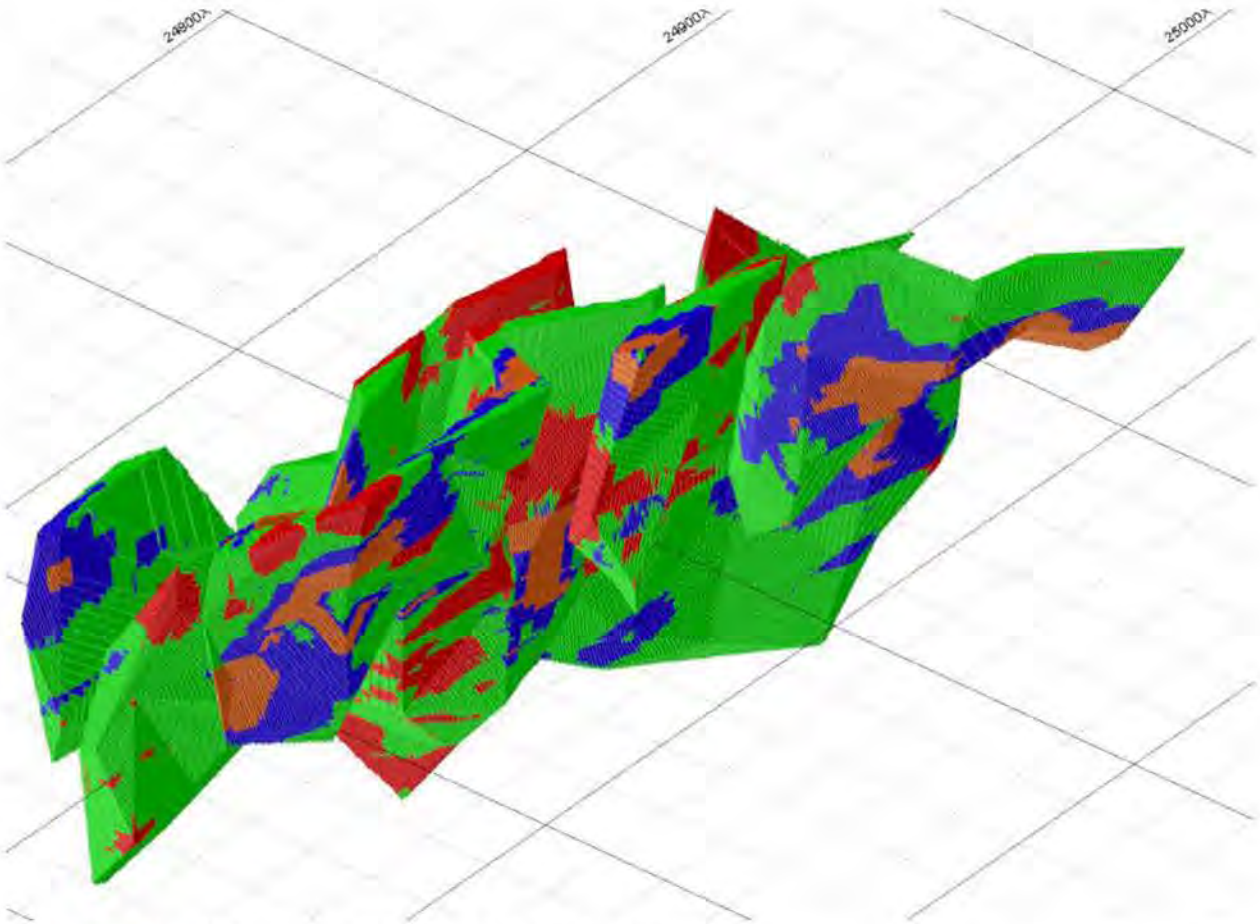


Рисунок 1 – Блочная модель месторождения

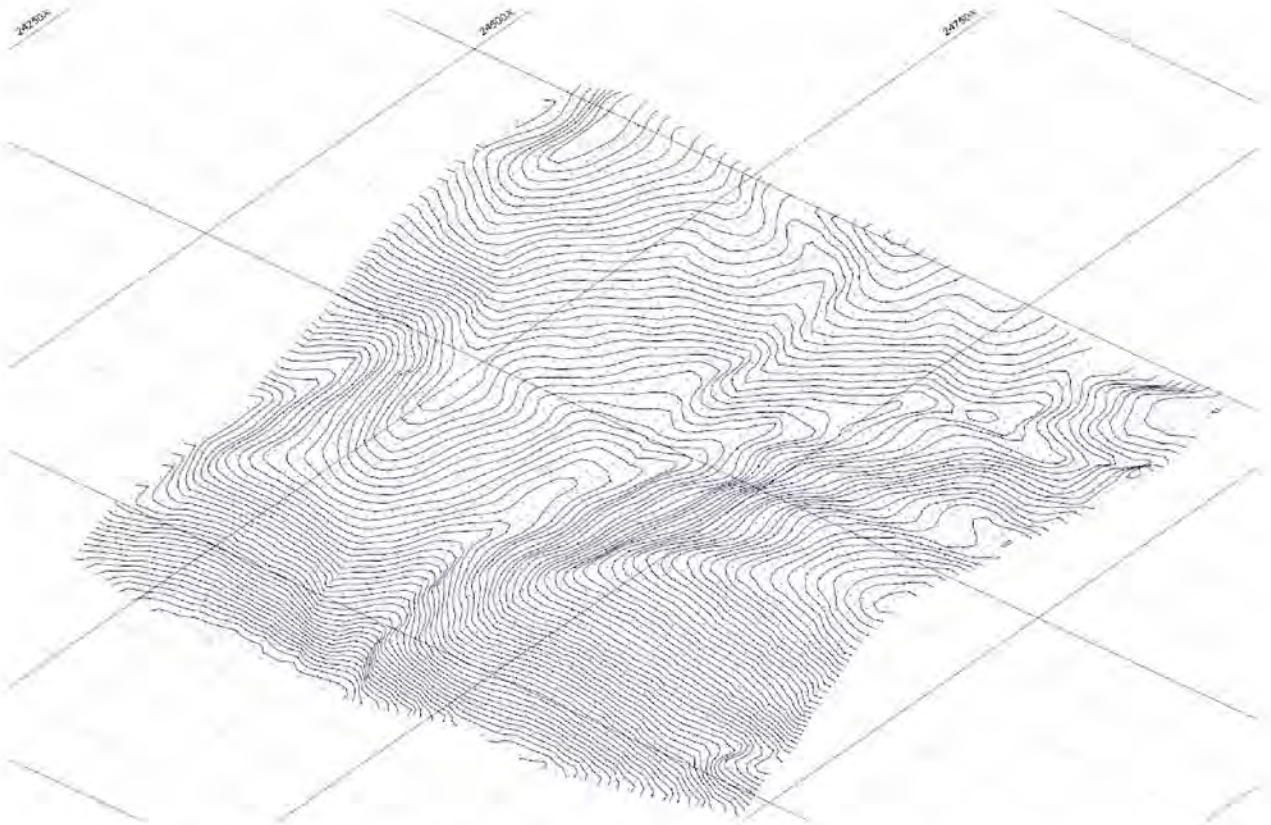


Рисунок 2 – Топографическая съемка земной поверхности

Цель курсового проекта:

Освоить технологии работы с геологическими моделями, цифровыми моделями поверхностей, автоматизированного проектирования карьеров и других объектов горного производства, основанные на применении программного средства Micromine.

Курсовой проект выполняется на основе лабораторных работ, выполняемых студентом в ходе аудиторных занятий.

На основе данных, представленных на рисунках 1,2, студент последовательно решает поставленные задачи, в результате которых вычисляет оптимальную оболочку карьера, проектирует карьер со вскрывающими выработками, осуществляет автоматизированное планирование горных работ с формированием календарного плана ведения добычных и вскрышных работ под заданные условия, оформляет модель генерального плана карьера.

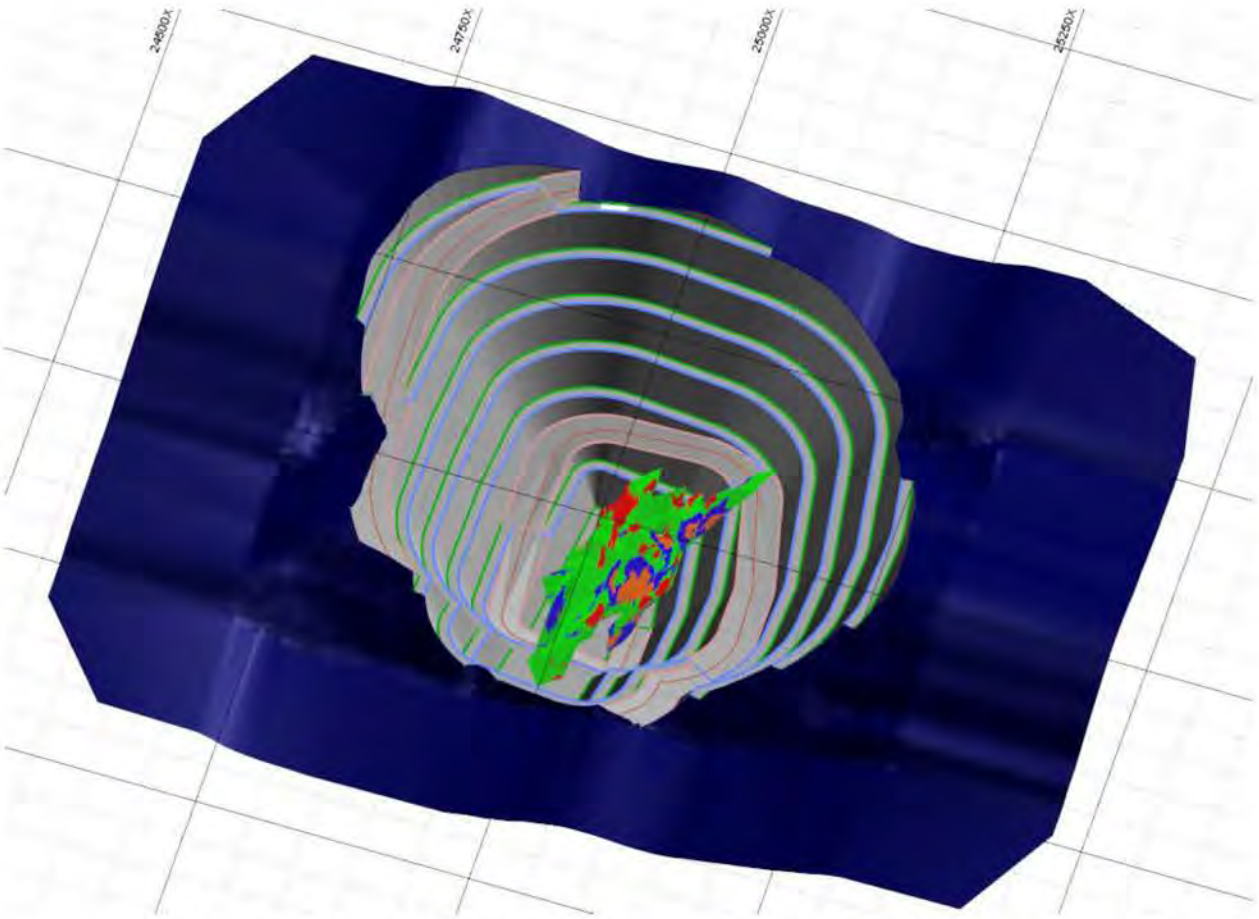


Рисунок 3 – Финальные материалы курсового проекта, предоставляемые преподавателю для оценки

Комплект заданий для раздачи, состоящий из 25 вариантов, также прилагается в виде отдельной папке.

Критерии оценивания:

– Качество выполненной работы
– Самостоятельность выполнения
– Соответствие требованиям оформления
– Защита курсового проекта

2. ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

2.1. Создание цифровой модели поверхности рельефа

2.1.1 Импорт изолиний из Автокад

МЕНЮ: Файл -> Импорт->Векторные данные (CAD, ГИС, GPS)

2.1.2 Построение ЦМП по стрингам изолиний

Панель -> Создать каркас (Ctrl + Shift + E)

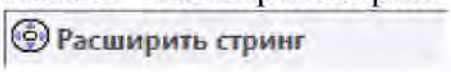
2.1.3 Осуществляем проверку поверхности на правильность

МЕНЮ->Каркас->Проверить

В результате операции граница поверхности помечается стрингом как незамкнутый срез

2.1.4 Создаем стринг границ расширенной поверхности дублированием созданного стринга проверки на правильность

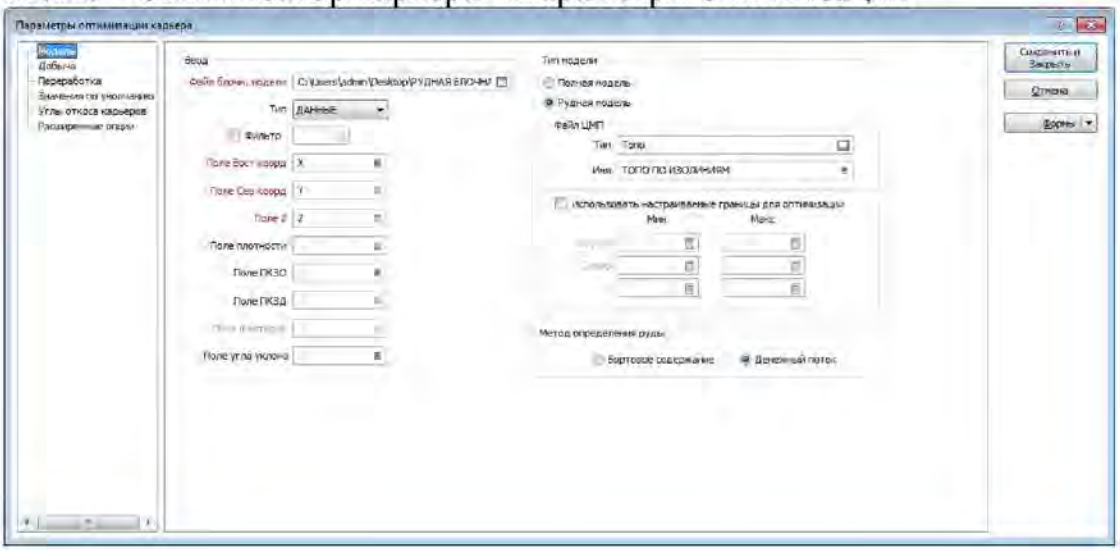
Панель->Расширить стринг

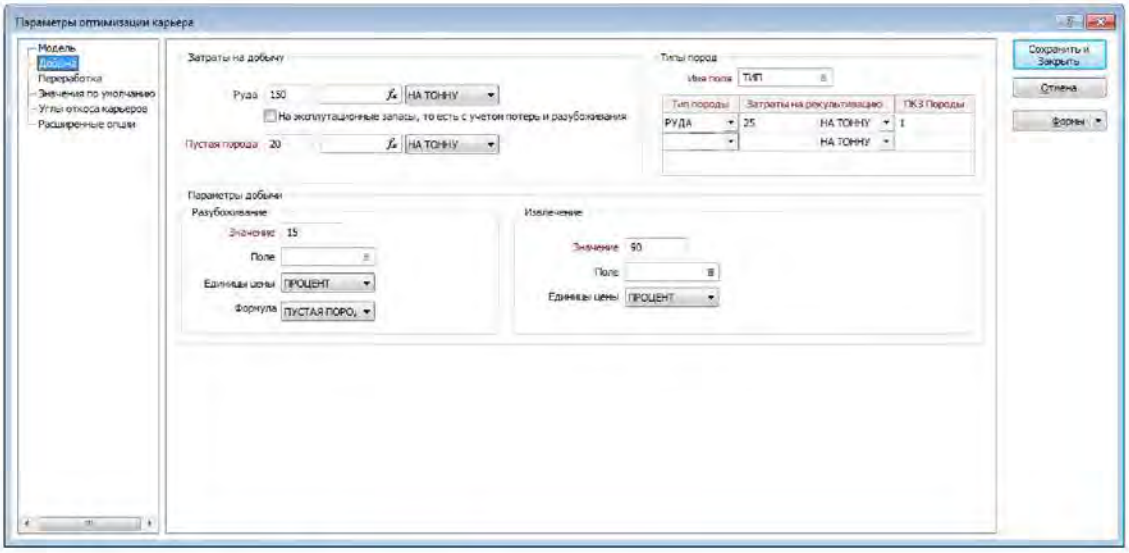


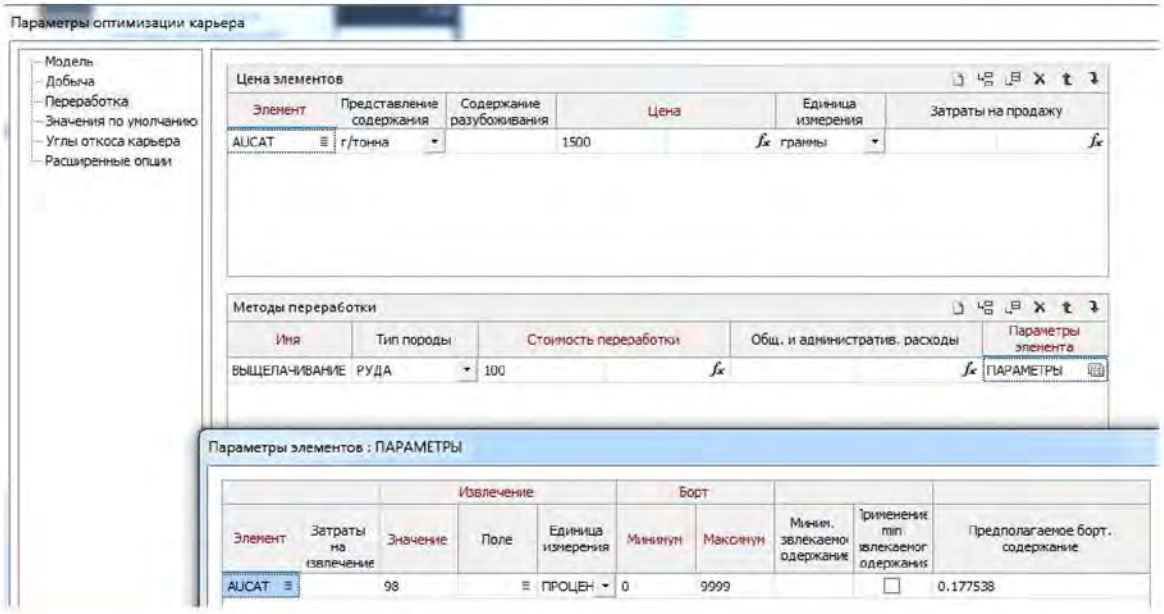
2.2. Определение границ оптимальной оболочки карьера и получение укрупненного календарного плана

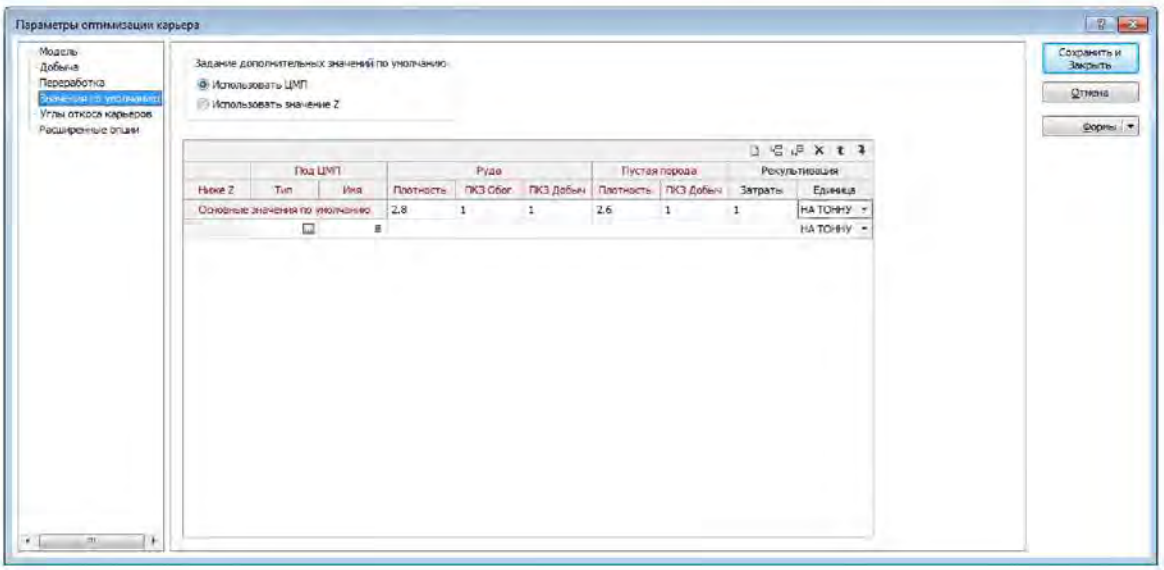
2.2.1 Настраиваются параметры оптимизации

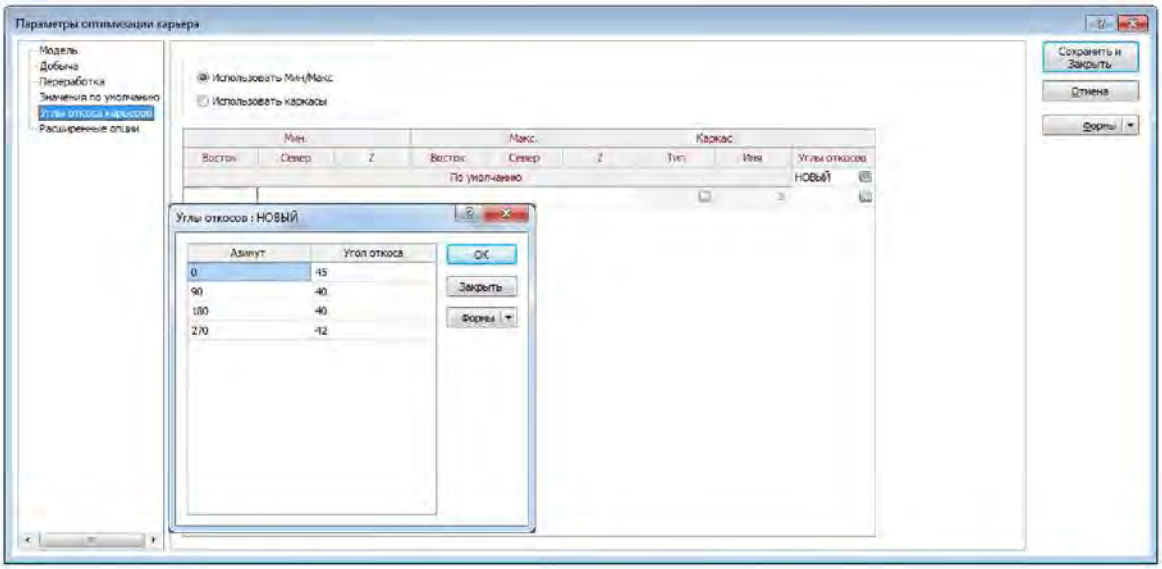
Меню->Оптимизатор карьера->Параметры оптимизации




Параметры оптимизации карьера
Модель
Добыча
Переработка
Значения по умолчанию
Углы откоса карьеров
Расширенные опции
Затраты на добычу
Руда 150 НА ТОННУ
Не эксплуатационные запасы, то есть с учетом потерь и разубоживания
Пустая порода 20 НА ТОННУ
Типы пород
Имя поля ТИП
Тип породы
Затраты на рекультивацию
ПКЗ Породы
РУДА 25 НА ТОННУ 1
НА ТОННУ
Параметры добычи
Разубоживание
Значение 15
Поле
Единицы цены ПРОЦЕНТ
Формула ПУСТАЯ ПОРОД
Извлечение
Значение 90
Поле
Единицы цены ПРОЦЕНТ
Сохранить и Закрыть
Отмена
Формы

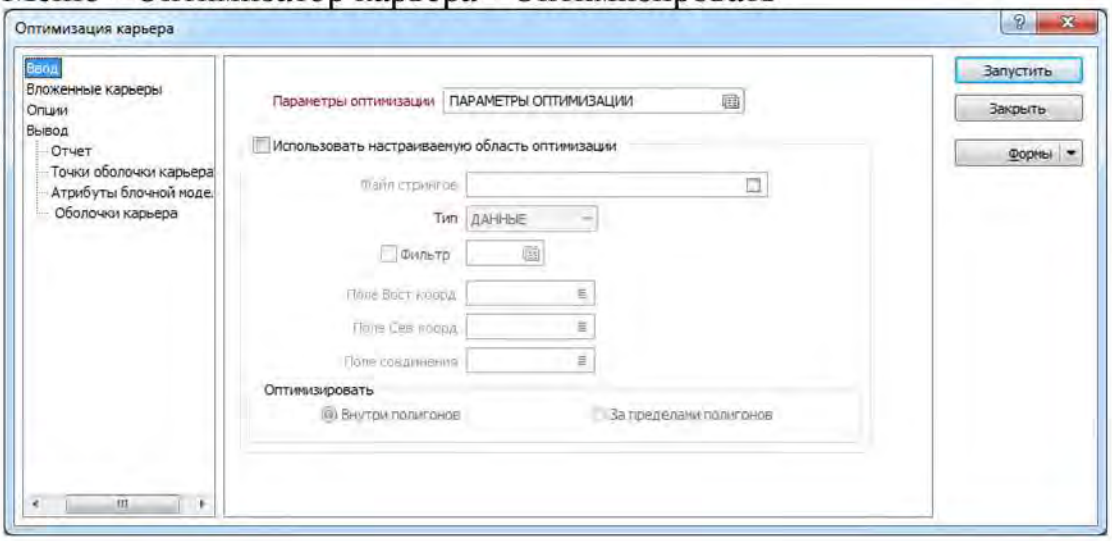

Параметры оптимизации карьера
Модель
Добыча
Переработка
Значения по умолчанию
Углы откоса карьера
Расширенные опции
Цена элементов
Элемент
Представление содержания
Содержание разубоживания
Цена
Единица измерения
Затраты на продажу
AUCAT г/тонна 1500 граммы
Методы переработки
Имя
Тип породы
Стоимость переработки
Общ. и административ. расходы
Параметры элемента
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РУДА 100 ПАРАМЕТРЫ
Параметры элементов : ПАРАМЕТРЫ
Извлечение
Борт
Элемент
Затраты на извлечение
Значение
Поле
Единица измерения
Минимум
Максимум
Предполагаемое борт. содержание
AUCAT 98 ПРОЦЕН 0 9999 0.177538

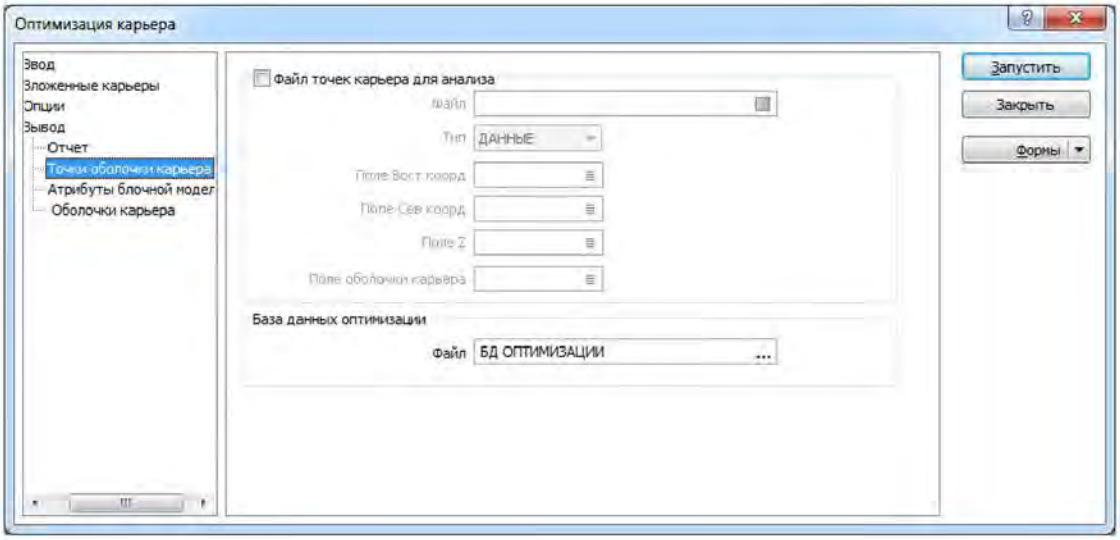

Параметры оптимизации карьера
Модель
Добыча
Переработка
Значения по умолчанию
Углы откоса карьеров
Расширенные опции
Задание дополнительных значений по умолчанию
Использовать ЦМП
Использовать значение Z
Сохранить и Закрыть
Отмена
Формы
Под ЦМП
Руда
Пустая порода
Рекультивация
Ниже Z
Тип
Имя
Плотность
ПКЗ Сбор
ПКЗ Добыч
Плотность
ПКЗ Добыч
Затраты
Единица
Основные значения по умолчанию 2.8 1 1 2.6 1 1 НА ТОННУ
НА ТОННУ

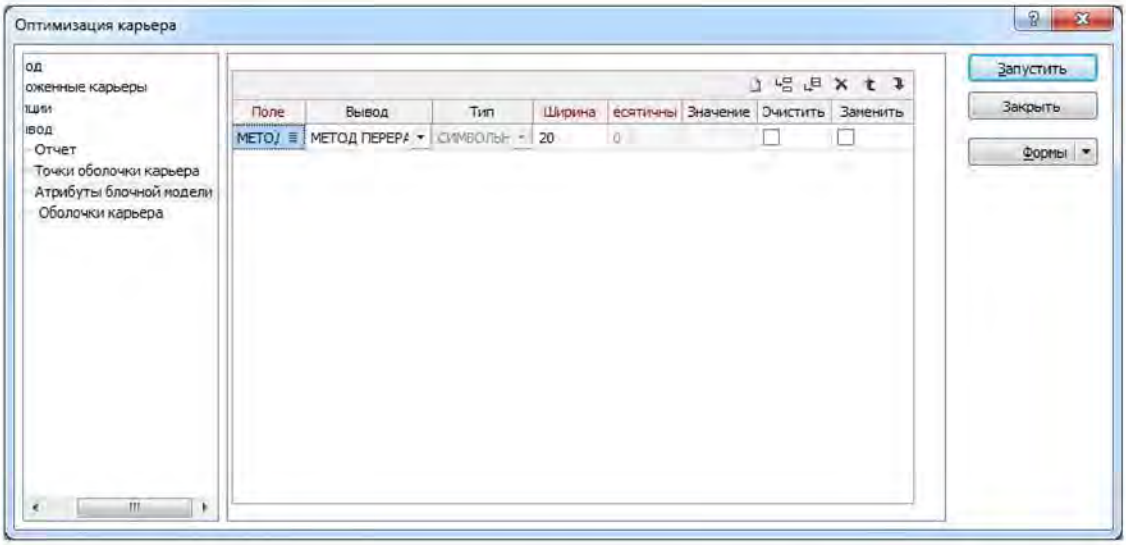


2.2.2 *Осуществляется построение оптимального контура*

Меню->Оптимизатор карьера->Оптимизировать

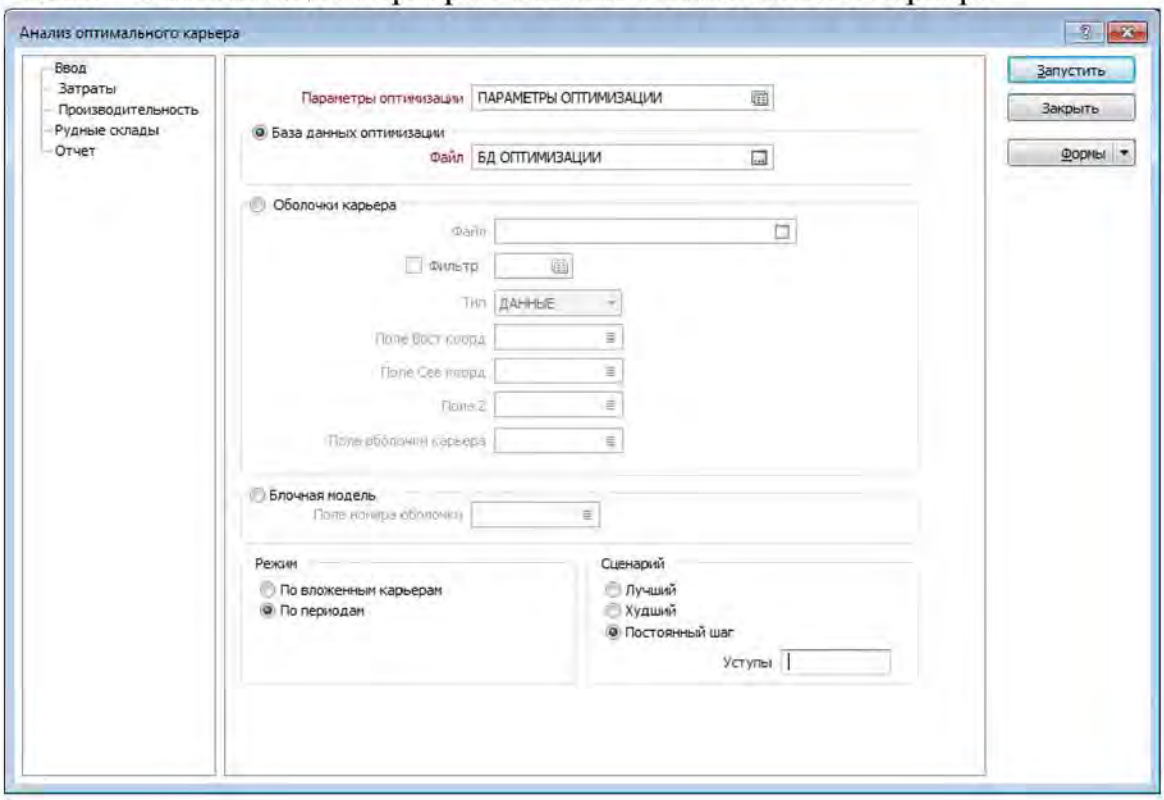


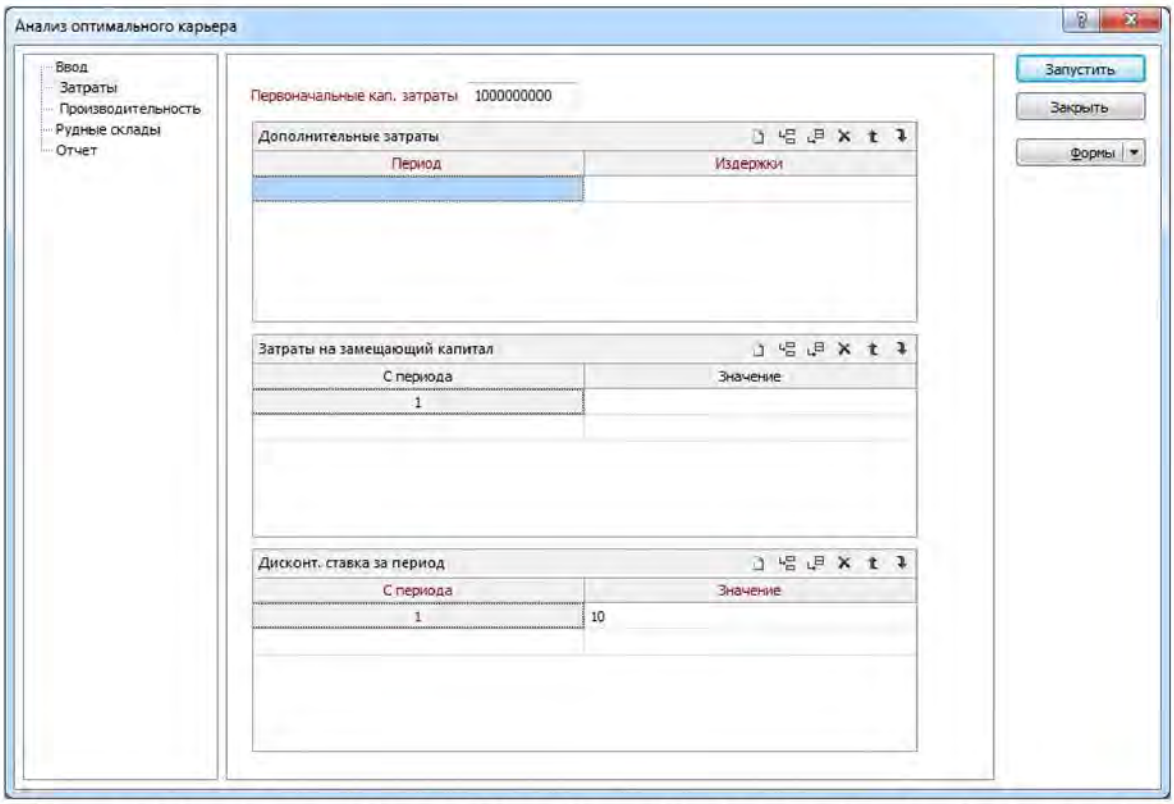




2.2.3 Расчитывается укрупненный календарный план ведения горных работ на основе оптимального контура

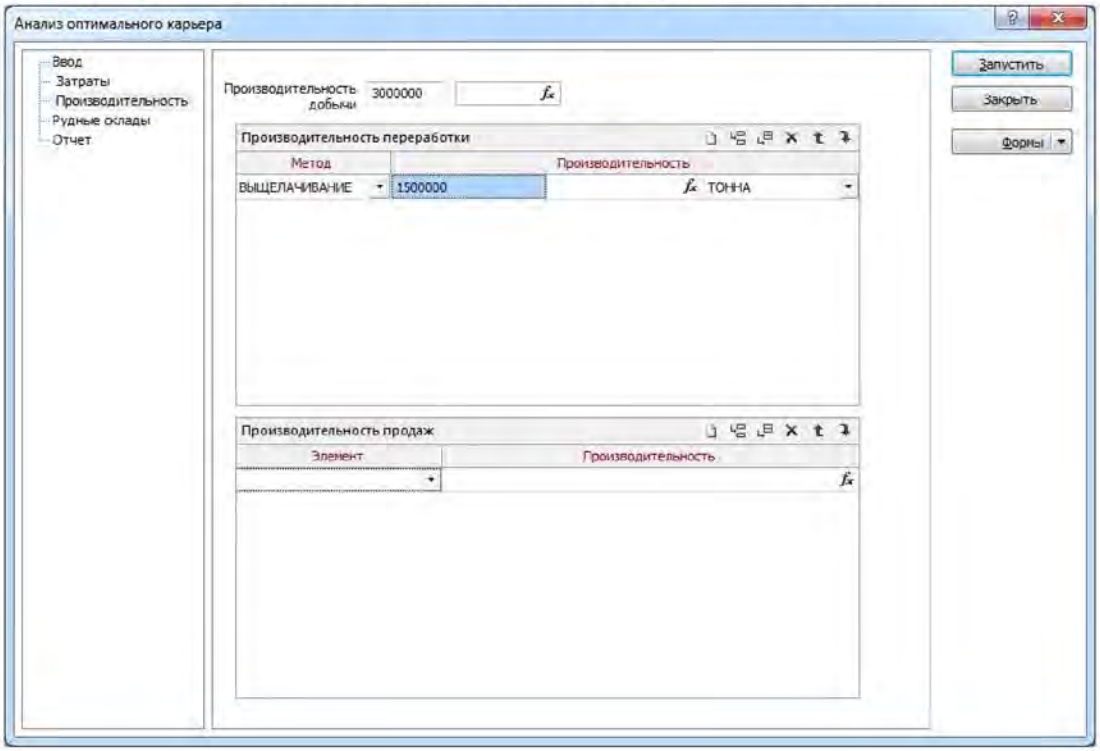
Меню->Оптимизация карьера->Анализ оптимального карьера





При постоянном шаге задаётся количество уступов, одновременно в работе.

При худшем шаге подготовка горизонтов осуществляется последовательно (пока не подготовим первый, второй не вскрывается)

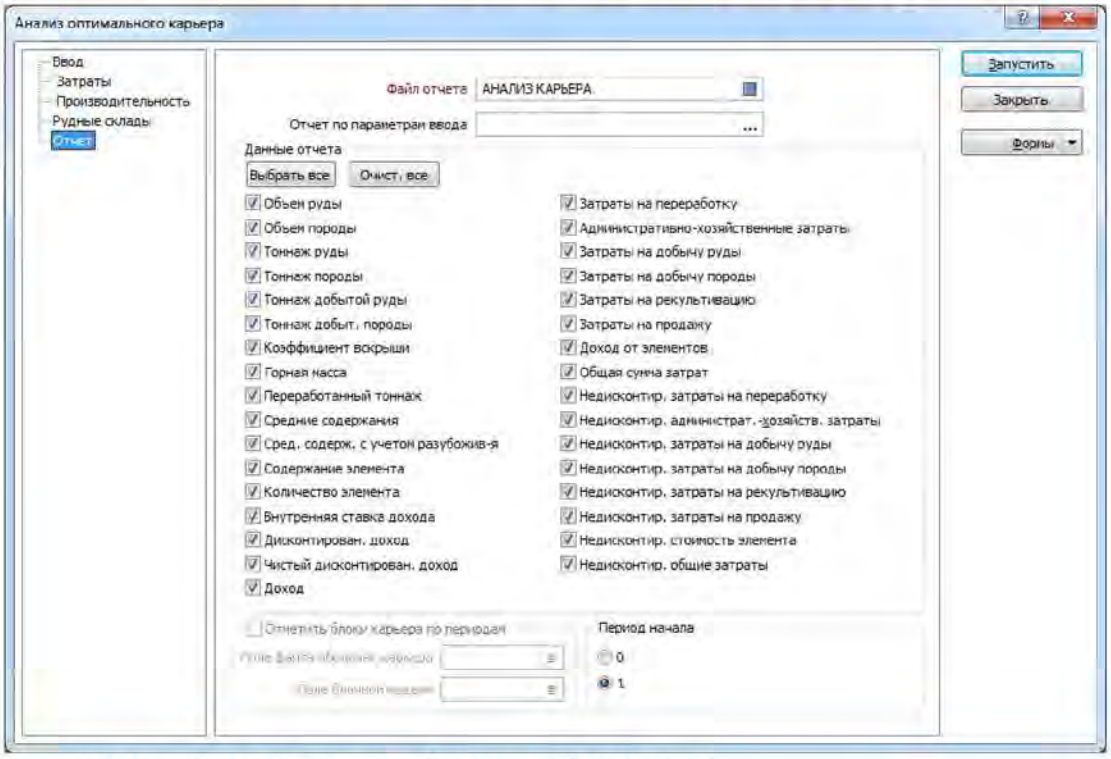


2.2.4 Отображение результатов на графиках

Меню-Оптимизатор карьеров-График анализа

2.3. Проектирование карьера

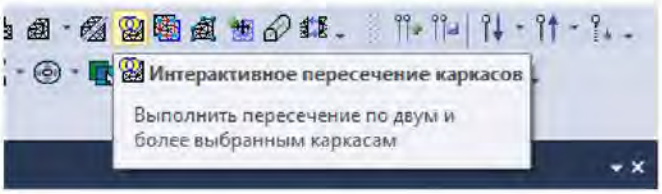
1. Загружаем в Визекс оптимальную оболочку карьера, блочную модель рудного тела и цифровую модель поверхности
2. В окне просмотра ПКМ на оптимальной оболочке->Режим просмотра->2d срез
3. Повторяем операцию из п.2 для блочной модели рудного тела
4. На виде в плане подбираем такой уровень стринга оптимальной оболочки, чтобы ширина контура обеспечивала ширину разворотной площадки
5. Форма Визекса->Проектирование карьеров (создаем файл карьера)
6. Выбираем файл Карьер активным слоем в окне просмотра
7. Используя инструменты проектирования карьера строим карьер до



пересечения с топографической основой

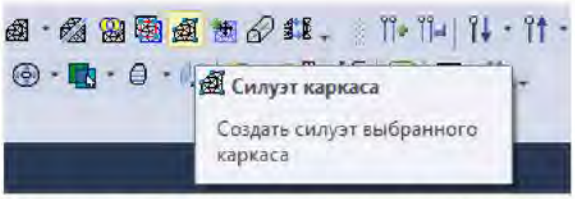


8. Строим поверхность на основе модели карьера
9. Используем «интерактивное пересечение каркасов» и получаем модель поверхности карьера, обрезанную топографической основой

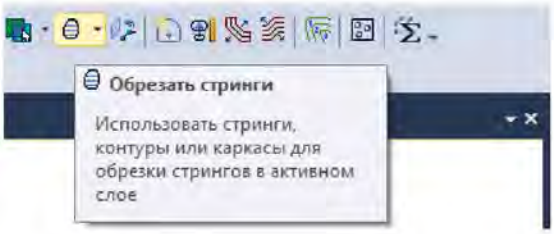


10. Осуществляем подрезку стрингов модели карьера, используя следующую последовательность операций:

- создать силуэт каркаса поверхности внутри карьера инструментом «Силуэт каркаса»



- обрезать стринги карьера полученной линией командой «Обрезать стринги»



ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Номер варианта	Плотность, т/м³		Поетри, %	Разубоживание, %	Извлечение ПК при обогащении, %	Угол откоса борта карьера, град.	Удельные затраты по процессам, руб/т				Стоимость единицы полезного компонента, руб/г	Первоначальные кап.затраты, млн. руб.	Производительность, тыс.т		Высота уступа, м	Угол откоса уступа, град.	Ширина бермы очистки, м	Ширина съезда, м	Уклон съезда, промилле
	руда	вскрыша					добычные работы	вскрышные работы	рекультивация	обогащение			по горной массе	по перера-ботке					
1	2,7	2,5	8	11	97	42	236	181	25	109	1600	944	5774	1945	17	65	9	18	80
2	2,6	2,9	7	16	94	42	243	192	25	108	1521	1027	5538	1637	13	67	10	19	80
3	2,6	2,6	2	17	96	43	231	178	27	140	1586	947	4168	1737	13	66	9	18	80
4	2,6	2,6	8	20	94	42	210	197	33	120	1513	1155	5854	1926	11	69	9	20	100
5	2,7	3,0	4	17	98	44	224	176	29	101	1579	911	4703	1727	19	67	10	24	100
6	2,7	2,7	2	19	94	42	200	192	31	143	1569	1179	5975	1932	15	63	10	21	100
7	2,7	3,0	6	11	94	43	207	167	33	150	1525	1087	4207	1612	10	62	9	18	80
8	2,5	3,0	2	20	94	40	230	172	28	106	1547	963	4951	1574	15	63	10	18	80
9	2,7	2,5	6	18	96	43	233	163	28	127	1559	1017	5394	1957	16	67	9	25	100
10	2,4	2,9	4	17	96	40	237	158	29	115	1521	915	4605	1629	13	61	8	22	100
11	2,8	2,6	1	20	97	42	233	169	26	142	1586	1175	5002	1507	11	64	9	18	80
12	2,6	2,5	1	11	95	45	226	168	30	134	1575	1054	4720	1626	14	67	9	19	80
13	2,4	2,9	1	20	96	45	215	170	35	131	1538	1089	5436	1953	10	61	9	20	100
14	2,5	2,7	5	13	94	45	232	163	27	124	1521	979	5412	1789	11	62	9	22	100
15	2,6	3,0	3	19	98	40	204	188	27	100	1555	1075	5220	1848	18	69	8	19	80
16	2,7	2,7	6	15	97	41	232	192	29	117	1514	931	4353	1926	12	67	8	25	100
17	2,8	2,7	5	18	96	44	202	196	25	149	1558	1074	5617	1878	16	68	8	20	100
18	2,8	2,9	3	10	96	44	202	197	31	149	1565	1145	5167	1562	10	68	10	23	100
19	2,8	2,7	3	19	98	44	238	172	34	102	1528	1011	4519	1825	11	62	8	22	100
20	2,4	2,5	3	11	95	41	205	200	28	127	1598	946	4506	1994	10	67	8	21	100
21	2,7	2,7	4	18	97	45	210	152	33	102	1593	1076	5995	1559	19	62	10	25	100
22	2,5	3,0	1	17	96	41	218	198	31	112	1578	1054	4255	1832	17	66	9	22	100
23	2,7	2,8	1	18	96	45	203	155	29	126	1511	1136	5691	1720	11	70	8	25	100
24	2,8	2,6	5	15	95	42	227	200	31	120	1522	934	5679	1870	14	61	10	18	80
25	2,6	2,6	1	10	96	43	231	187	32	135	1505	1057	5095	1925	12	62	8	23	100

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Ганиев Р.С., ст. преподаватель

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА 3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ОПТИМИЗАЦИЯ КАРЬЕРА 6

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРА.....11

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ПОДСЧЕТ ПОГОРИЗОНТНЫХ ОБЪЕМОВ РУДЫ И ГОРНОЙ МАССЫ В КАРЬЕРЕ.....13

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТВАЛА И АВТОДОРОГИ 17

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ИНСТРУМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРА ..20

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА

Цель работы: Ознакомиться с методикой построения цифровых моделей поверхностей на основе данных изолиний и настройки их визуализации

Исходные данные: файл Изолинии.dxf, Аэрофотоснимок.jpg, Аэрофотоснимок.grf

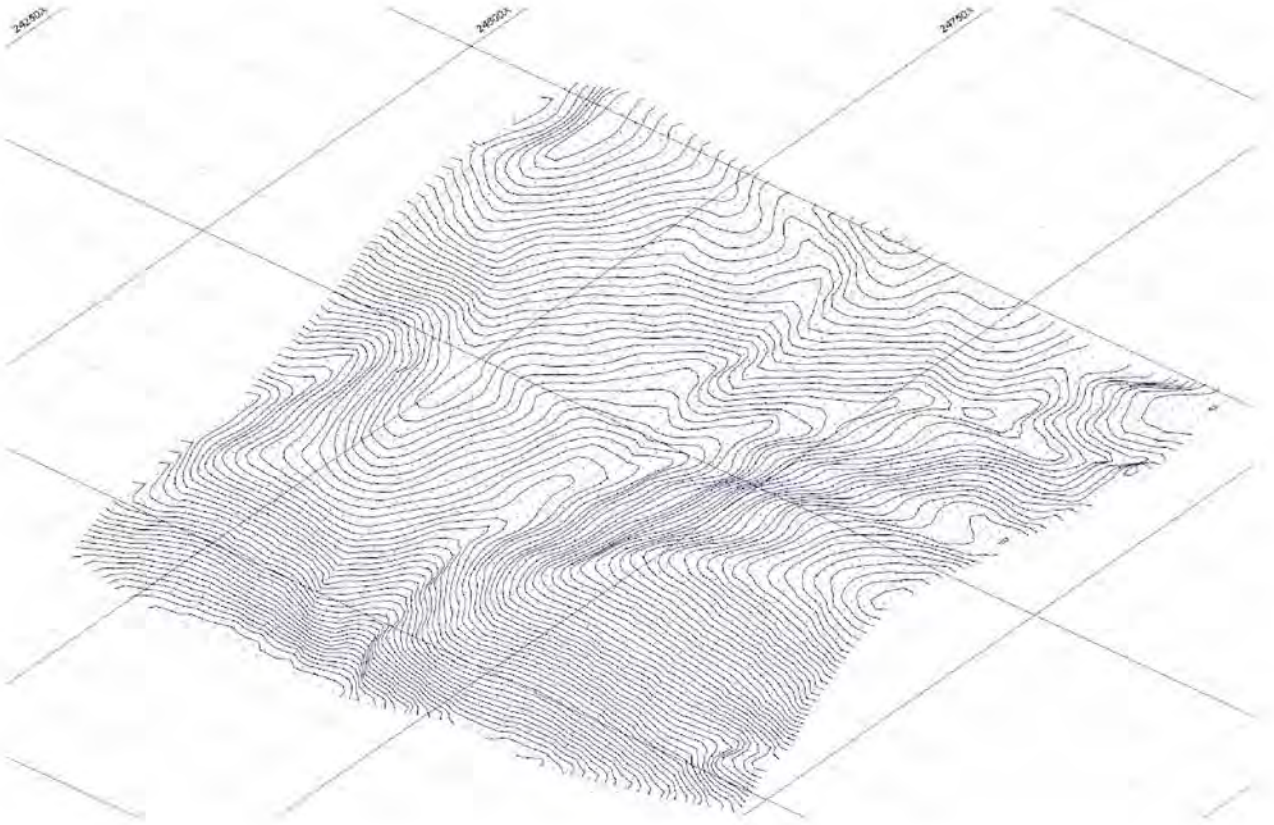
Порядок выполнения работы:

1. Создание цифровой модели поверхности рельефа по данным съемки

1.1 Импорт изолиний из внешнего файла

МЕНЮ: Файл -> Импорт -> Векторные данные (CAD, ГИС, GPS) -> Файл Изолинии.dxf

1.2 Загружаем данные изолиний в Визекс



1.3 Построение ЦМП по стрингам изолиний

Панель -> Создать каркас (Ctrl + Shift + E)

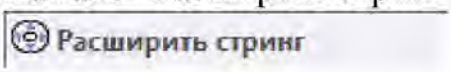
Сохраняем поверхность под именем «Топография» в файле Топография.tridb

2. Расширение границ цифровой модели поверхности

2.1 Осуществляем проверку поверхности на правильность
МЕНЮ->Каркас->Проверить

В результате операции граница поверхности помечается стрингом как незамкнутый срез

2.2 Создаем стринг границ расширенной поверхности дублированием созданного стринга проверки на правильность
Панель->Расширить стринг

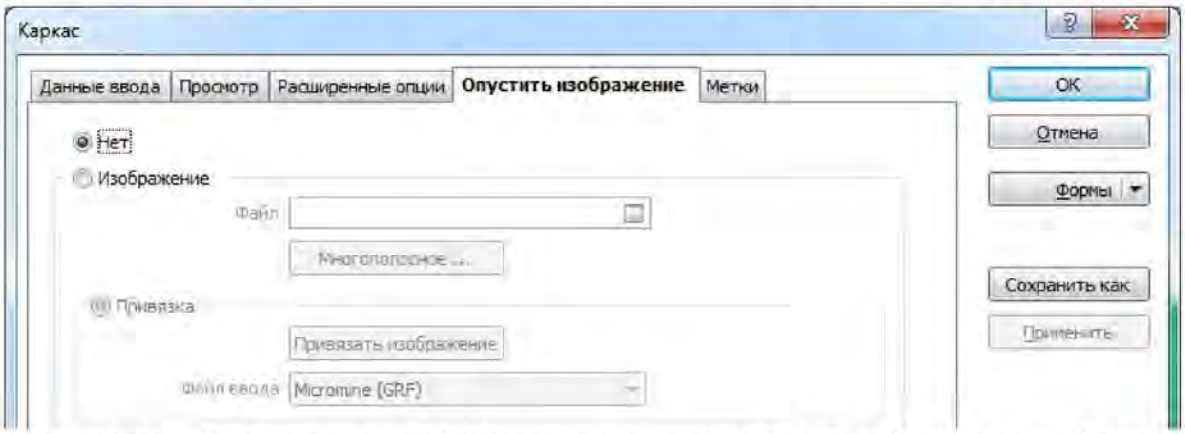


2.3 Создаем новую ЦМП, используя горизонтали предыдущей и сдублированный стринг

Панель -> Создать каркас (Ctrl + Shift + E)

2. Наложение привязанных изображений на поверхность

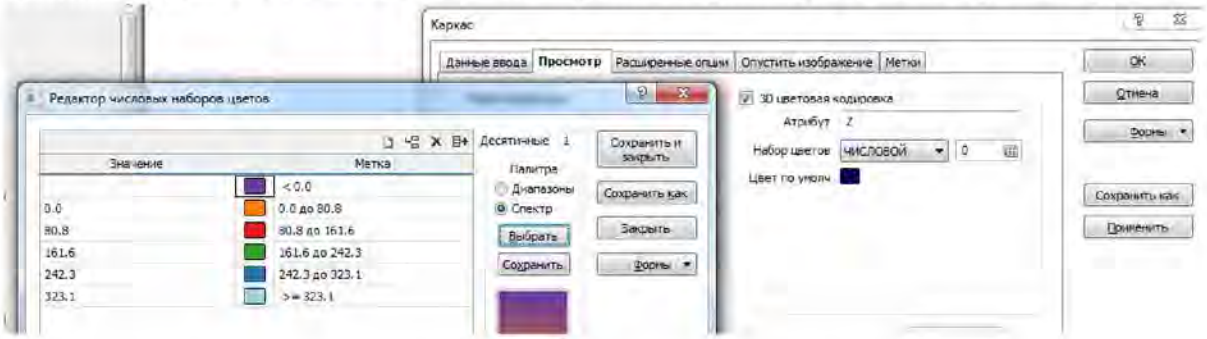
Двойным щелчок нажимаем на поверхность рельефа в окне просмотра



На вкладке «Опустить изображение» указываем путь к файлу Аэрофотоснимок.jpg в поле имени файла. В качестве файла поривязки используем Аэрофотоснимок.grf.

3. Цветовая кодировка поверхности

Двойным щелчок нажимаем на поверхность рельефа в окне просмотра



На вкладке «Просмотр» настраиваются параметры цветовой кодировки по атрибуту Z

Отчетность по работе: На проверку преподавателю предоставляются файл Топография.tridb, загруженный в Визекс с соответствующими настройками визиуализации

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ОПТИМИЗАЦИЯ КАРЬЕРА

Цель работы: Ознакомиться с методикой расчета оптимального контура карьера и его анализа.

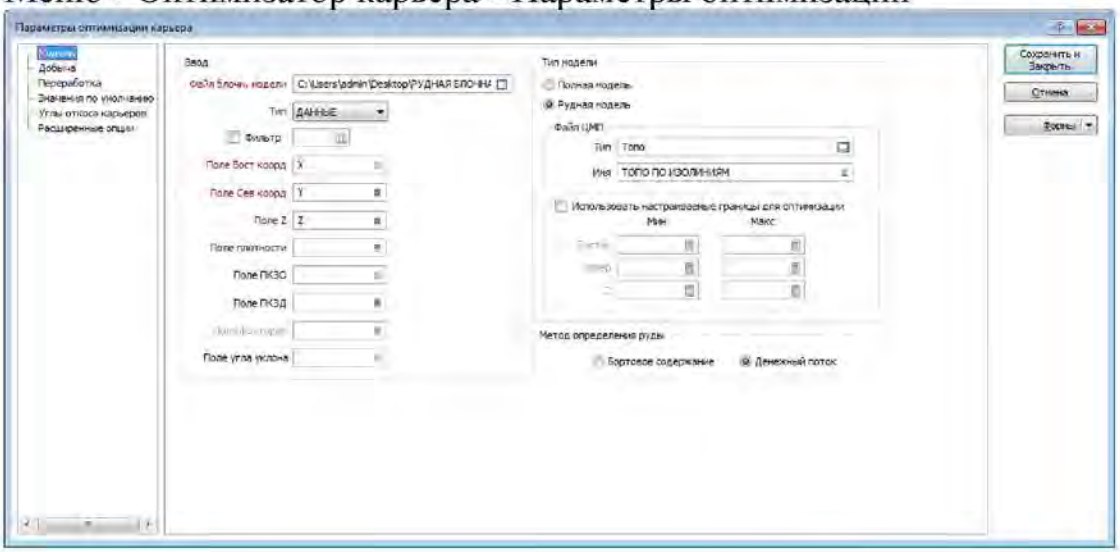
Исходные данные: Файл Блочная модель.dat, Топография.tridb

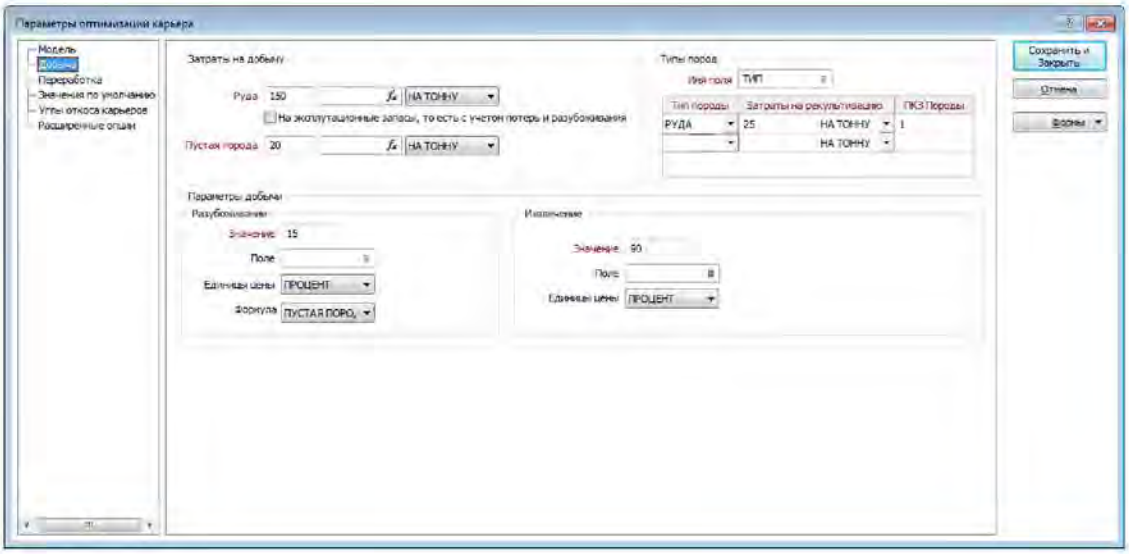
Порядок выполнения работы:

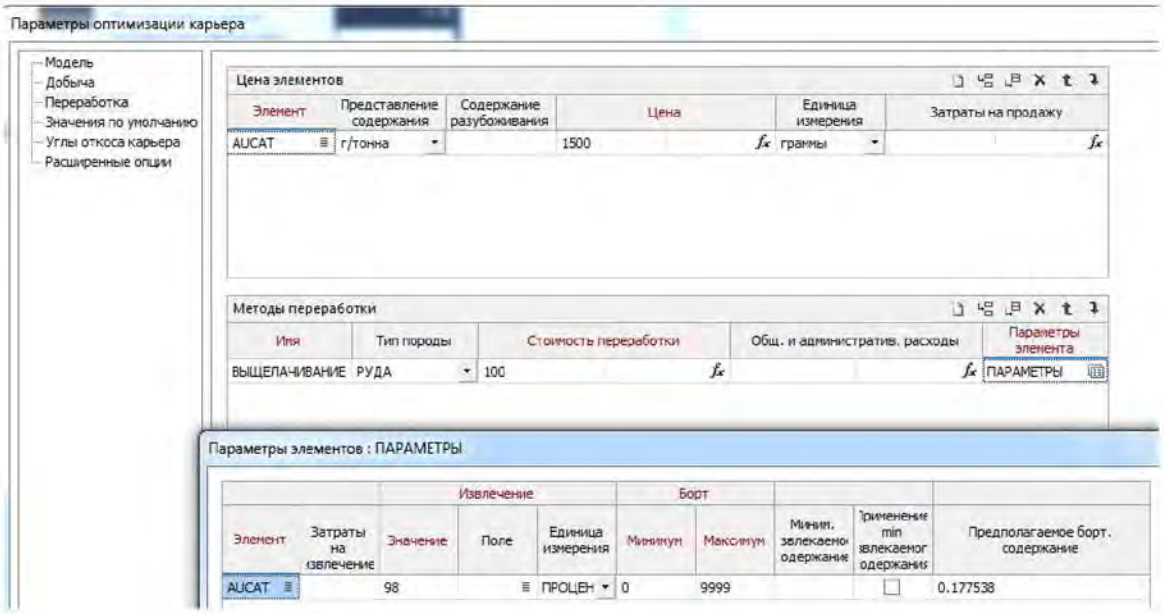
1. Определение границ оптимальной оболочки карьера

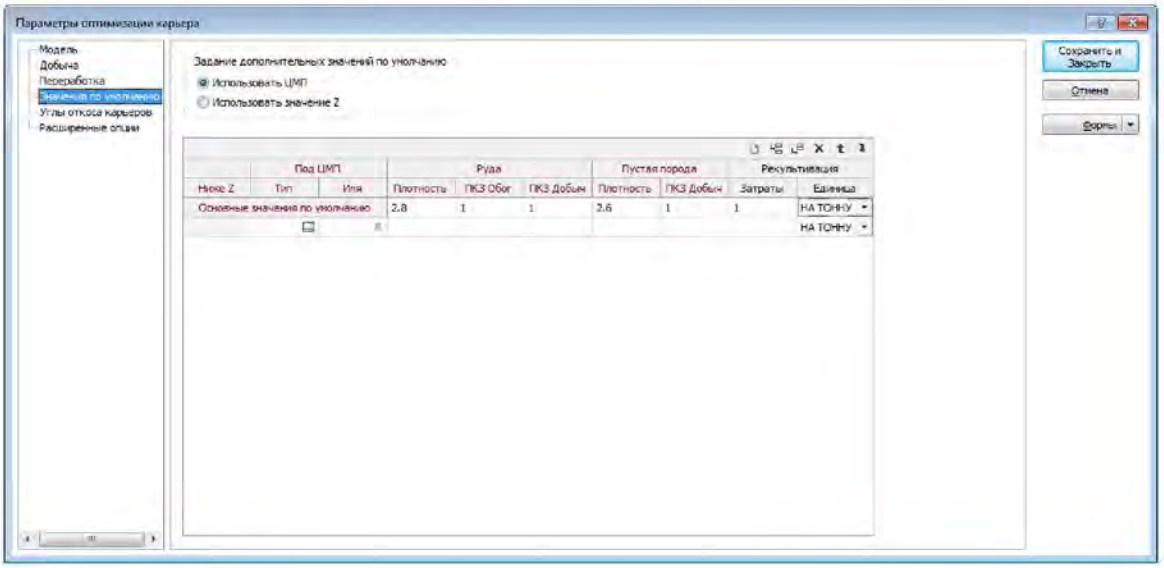
Настраиваются параметры оптимизации

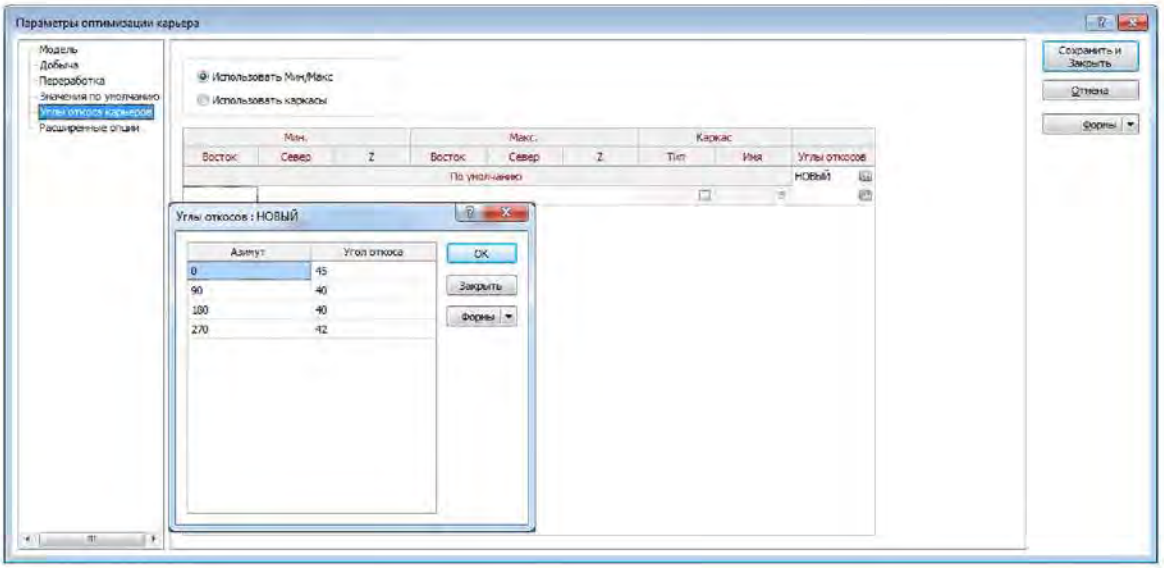
Меню->Оптимизатор карьера->Параметры оптимизации





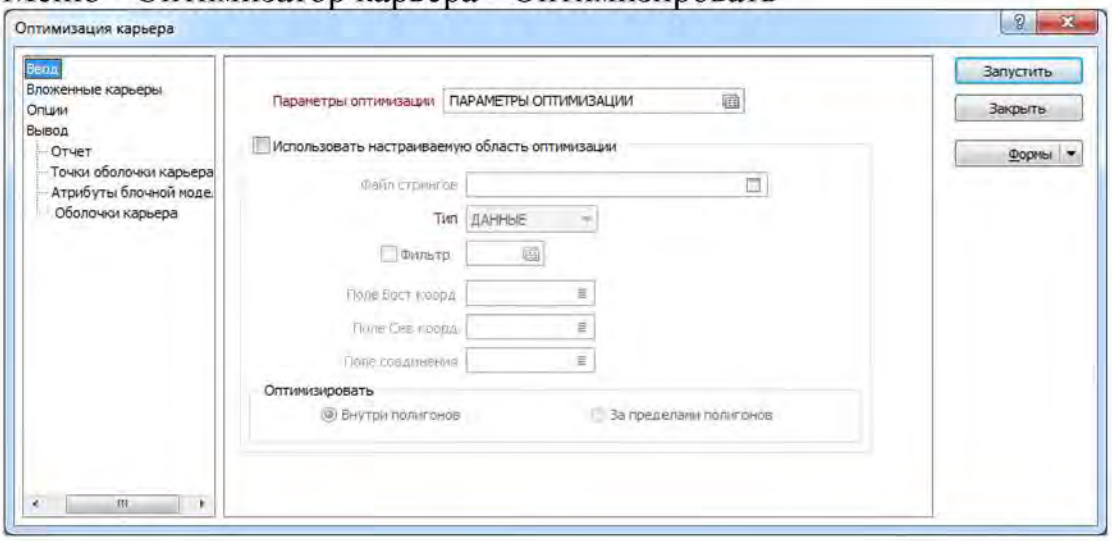

Параметры оптимизации карьера
Модель
Добыча
Переработка
Значения по умолчанию
Углы откоса карьера
Расширенные опции
Цена элементов
Элемент
Представление содержания
Содержание разубоживания
Цена
Единица измерения
Затраты на продажу
AUCAT
г/тонна
1500
граммы
Методы переработки
Имя
Тип породы
Стоимость переработки
Общ. и административ. расходы
Параметры элемента
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ
РУДА
100
ПАРАМЕТРЫ
Параметры элементов : ПАРАМЕТРЫ
Извлечение
Борт
Элемент
Затраты на извлечение
Значение
Поле
Единица измерения
Минимум
Максимум
Предполагаемое борт. содержание
AUCAT
98
ПРОЦЕН
0
9999
0.177538

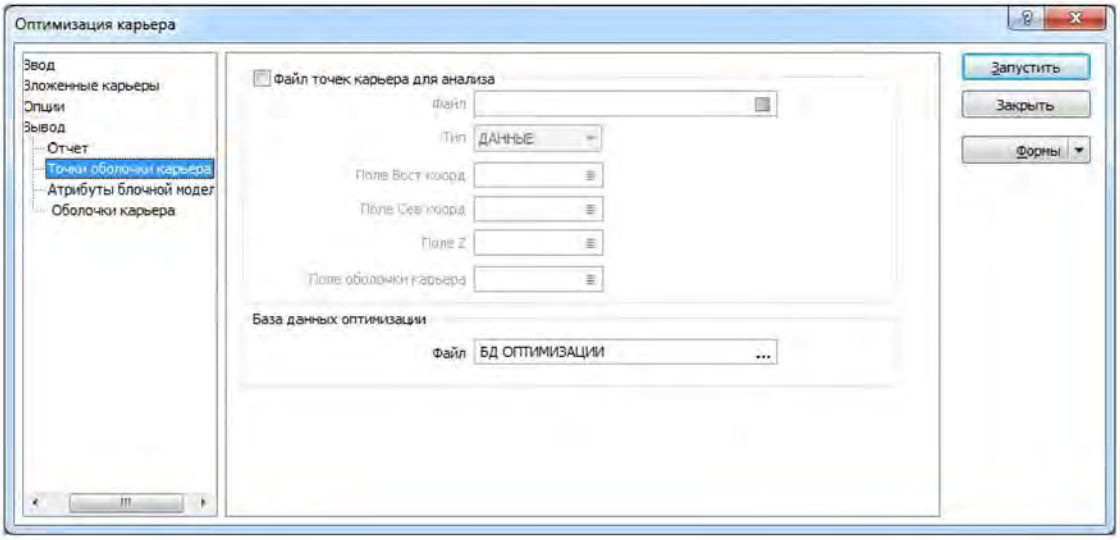

Параметры оптимизации карьера
Модель
Добыча
Переработка
Значения по умолчанию
Углы откоса карьеров
Расширенные опции
Задание дополнительных значений по умолчанию
Использовать ЦМП
Использовать значение Z
Сохранить и Закрыть
Отмена
Формы
Под ЦМП
Руда
Пустая порода
Рекультивация
Ниже Z
Тип
Имя
Плотность
ПКЗ Обог
ПКЗ Добыч
Плотность
ПКЗ Добыч
Затраты
Единица
Основные значения по умолчанию
2.8
1
1
2.6
1
1
НА ТОННУ
НА ТОННУ

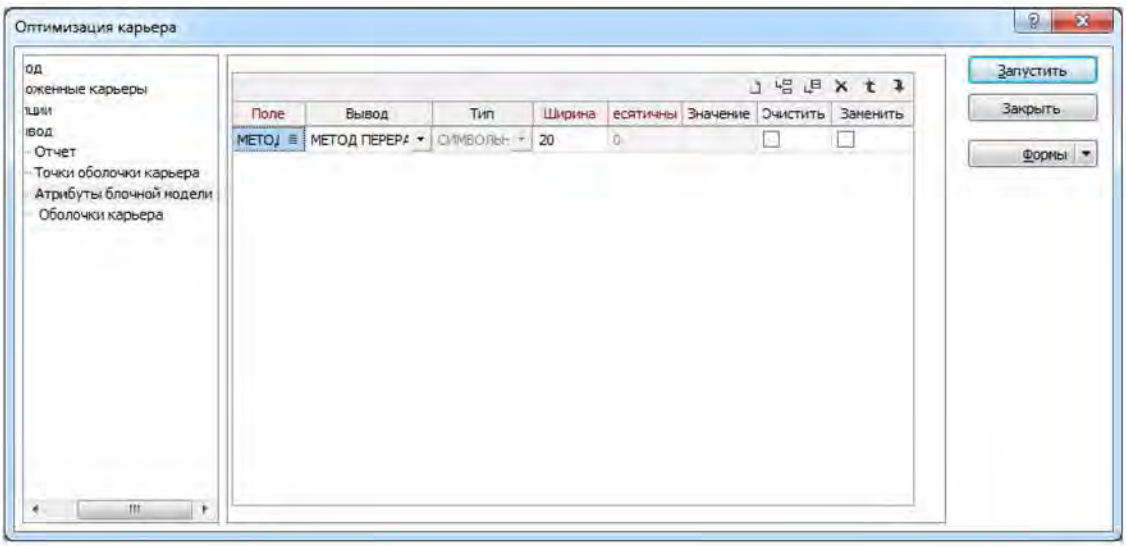

Параметры оптимизации карьера
Модель
Добыча
Переработка
Значения по умолчанию
Углы откоса карьеров
Расширенные опции
Использовать Мин/Макс
Использовать каркасы
Сохранить и Закрыть
Отмена
Формы
Мин.
Макс.
Каркас
Восток
Север
Z
Тип
Имя
Углы откосов
По умолчанию
НОВЫЙ
Углы откосов : НОВЫЙ
Азимут
Угол откоса
OK
Закрыть
Формы
0
45
90
40
180
40
270
42

Осуществляется построение оптимального контура

Меню->Оптимизатор карьера->Оптимизировать



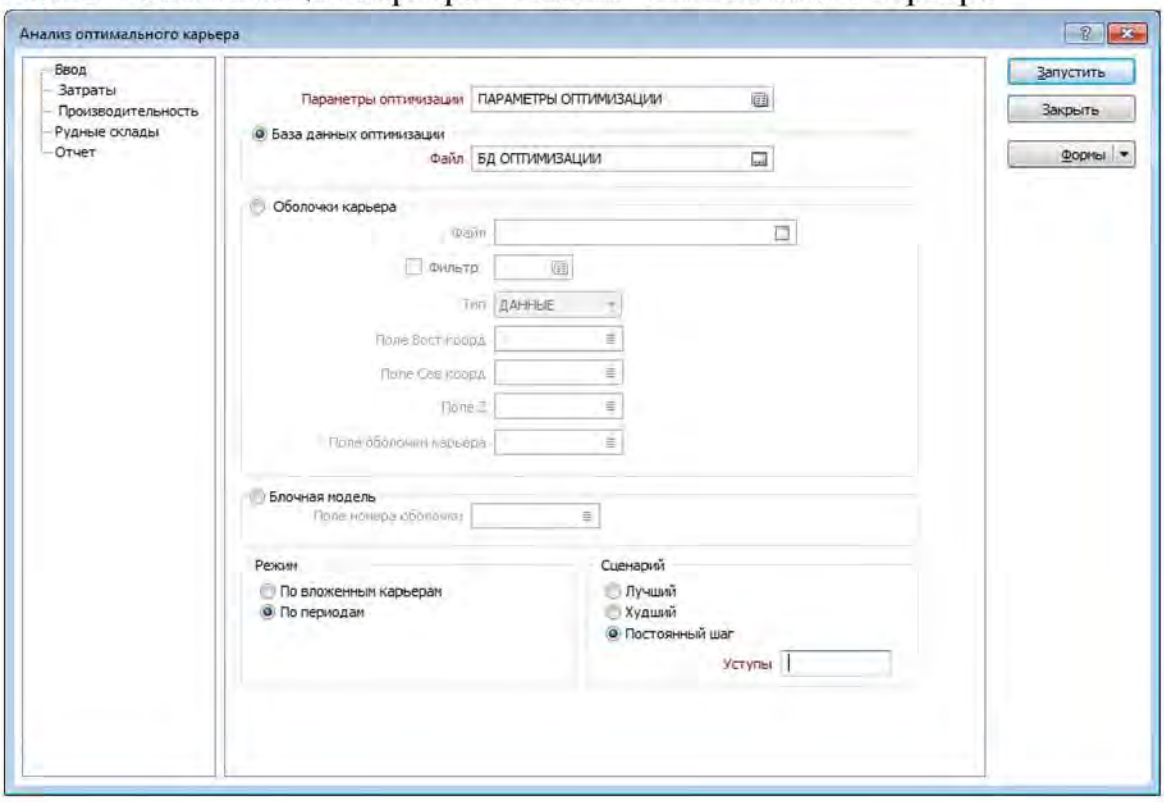


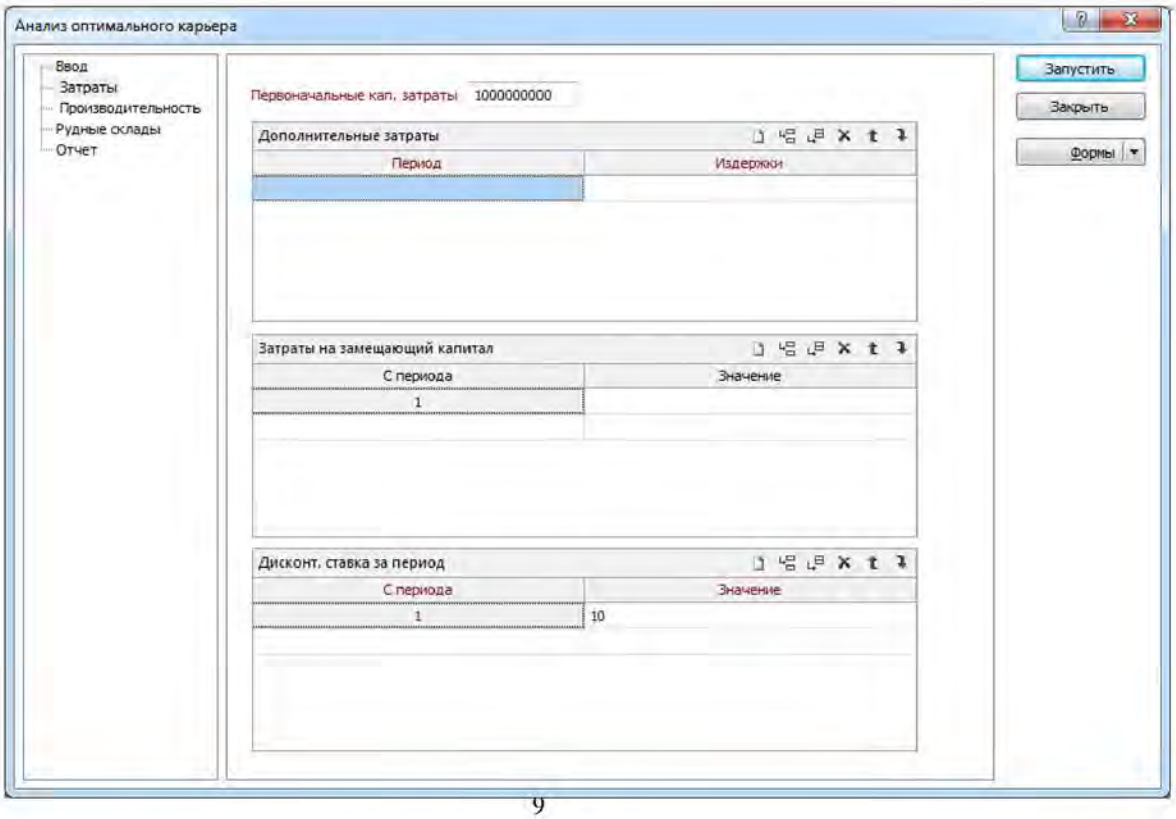


2. Получение укрупненного календарного плана

Расчитывается укрупненный календарный план ведения горных работ на основе оптимального контура

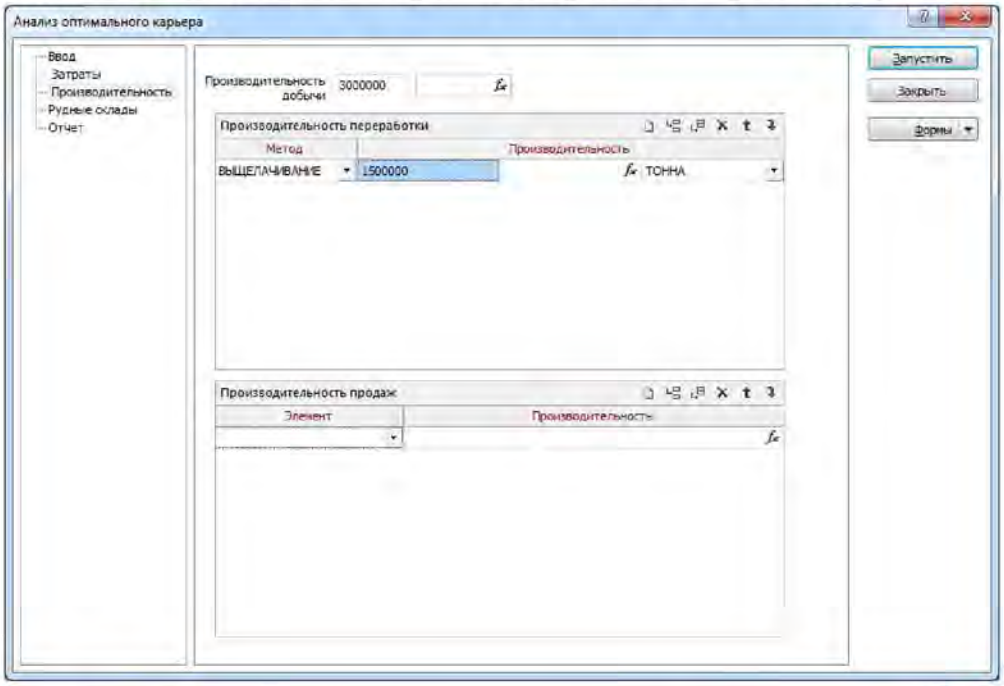
Меню->Оптимизация карьера->Анализ оптимального карьера

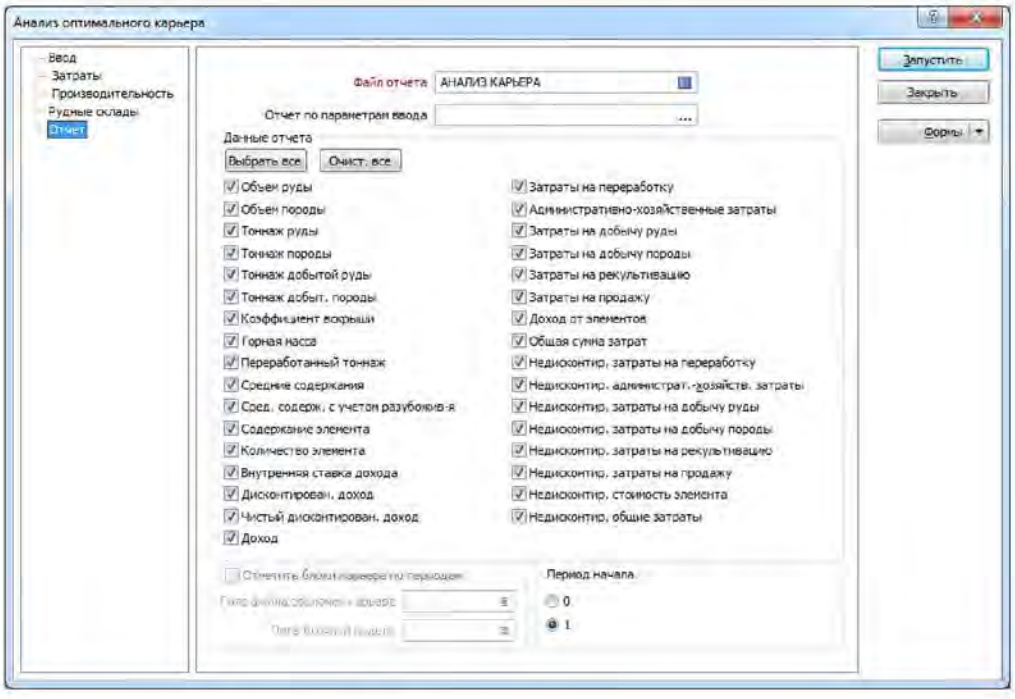




При постоянном шаге задаётся количество уступов, одновременно в работе.

При худшем шаге подготовка горизонтов осуществляется последовательно (пока не подготовим первый, второй не вскрывается)





Отображение результатов на графиках

Меню-Оптимизатор карьеров-График анализа

Отчетность по работе: На проверку преподавателю предоставляются файл Оптимизация.tridb, загруженный в Визекс, а так же сохраненные форма настроек оптимизации и календарного планирования

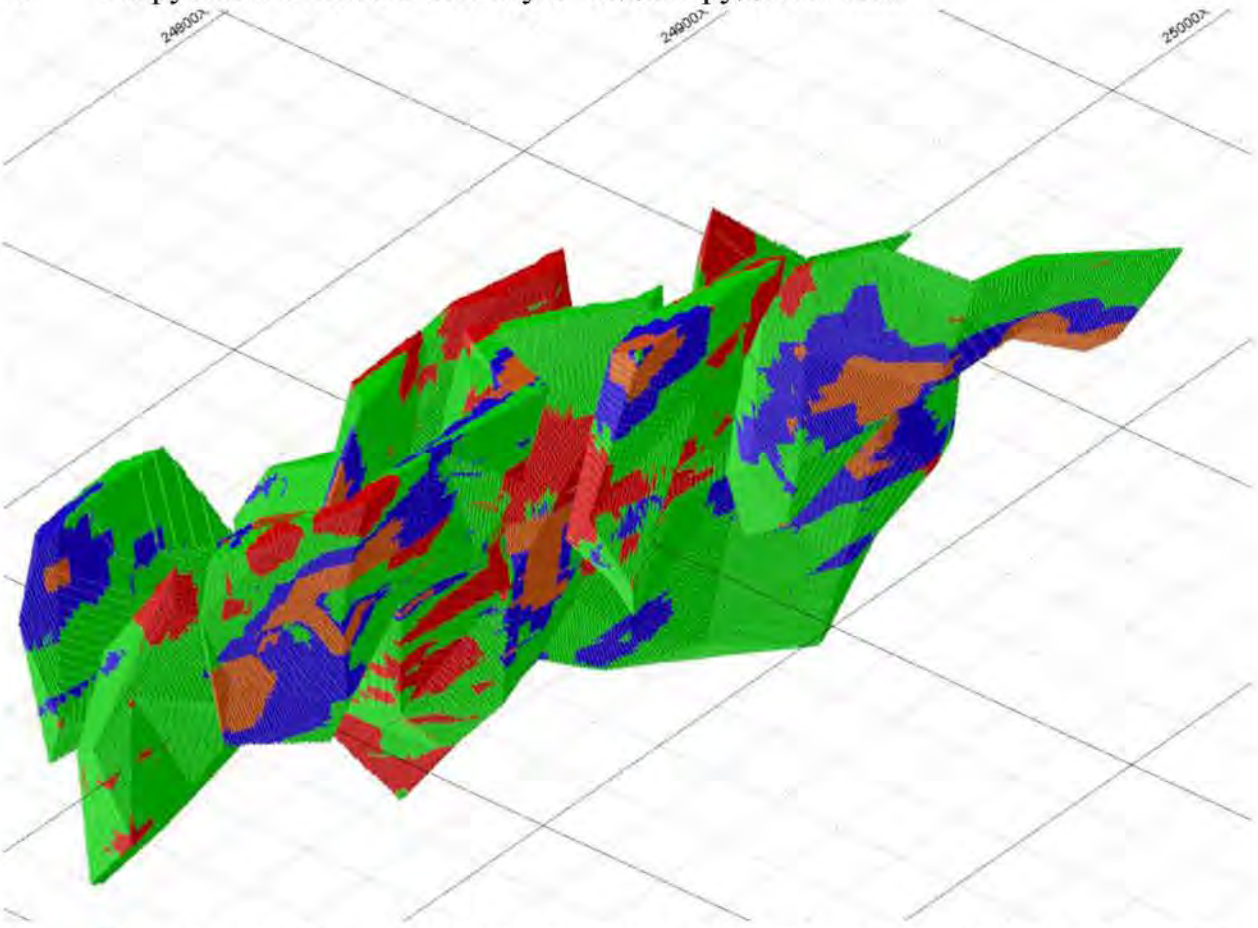
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРА

Цель работы: Ознакомиться с методикой автоматизированного проектирования карьера

Исходные данные: Файл Блочная модель.dat, Топография.tridb, Оптимизация.tridb

Порядок выполнения работы:

1. Загружаем в Визекс оптимальную оболочку карьера и цифровую модель поверхности
2. Загружаем в Визекс блочную модель рудного тела



3. В окне просмотра ПКМ на оптимальной оболочке->Режим просмотра->2d срез
4. Повторяем операцию из п.2 для блочной модели рудного тела
5. На виде в плане подбираем такой уровень стринга оптимальной оболочки, чтобы ширина контура обеспечивала ширину разворотной площадки

6. Форма Визекса->Проектирование карьеров (создаем файл карьера Карьер_необрезанный.PIT)

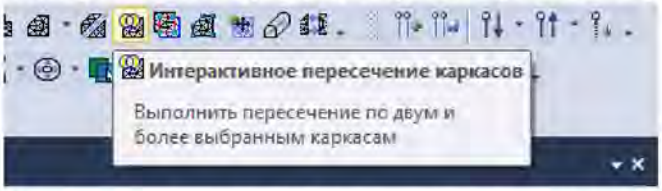
7. Выбираем файл Карьер активным слоем в окне просмотра

8. Используя инструменты проектирования карьера (приложение 1) строим карьер до пересечения с топографической основой



9. Строим поверхность на основе модели карьера, сохраняем под названием Карьер_необрезанный в файле Карьер.tridb.

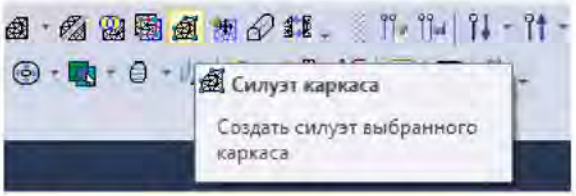
10. Используем «интерактивное пересечение каркасов» и получаем модель поверхности карьера, обрезанную топографической основой



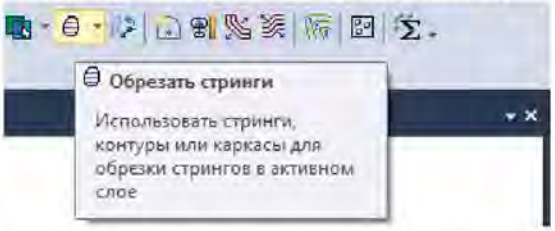
Сохраняем результат под названием Карьер_обрезанный в файле Карьер.tridb.

11. Осуществляем подрезку стрингов модели карьера, используя следующую последовательность операций:

- создать силуэт каркаса поверхности внутри карьера инструментом «Силуэт каркаса»



- обрезать стринги карьера полученной линией командой «Обрезать стринги»



Сохраняем результат под названием Карьер_обрезанный.PIT

Отчетность по работе: На проверку преподавателю предоставляются файлы Карьер_необрезанный.PIT, Карьер_обрезанный.PIT и Карьер.tridb, загруженные в Визекс

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ПОДСЧЕТ ПОГОРИЗОНТНЫХ ОБЪЕМОВ РУДЫ И ГОРНОЙ МАССЫ В КАРЬЕРЕ

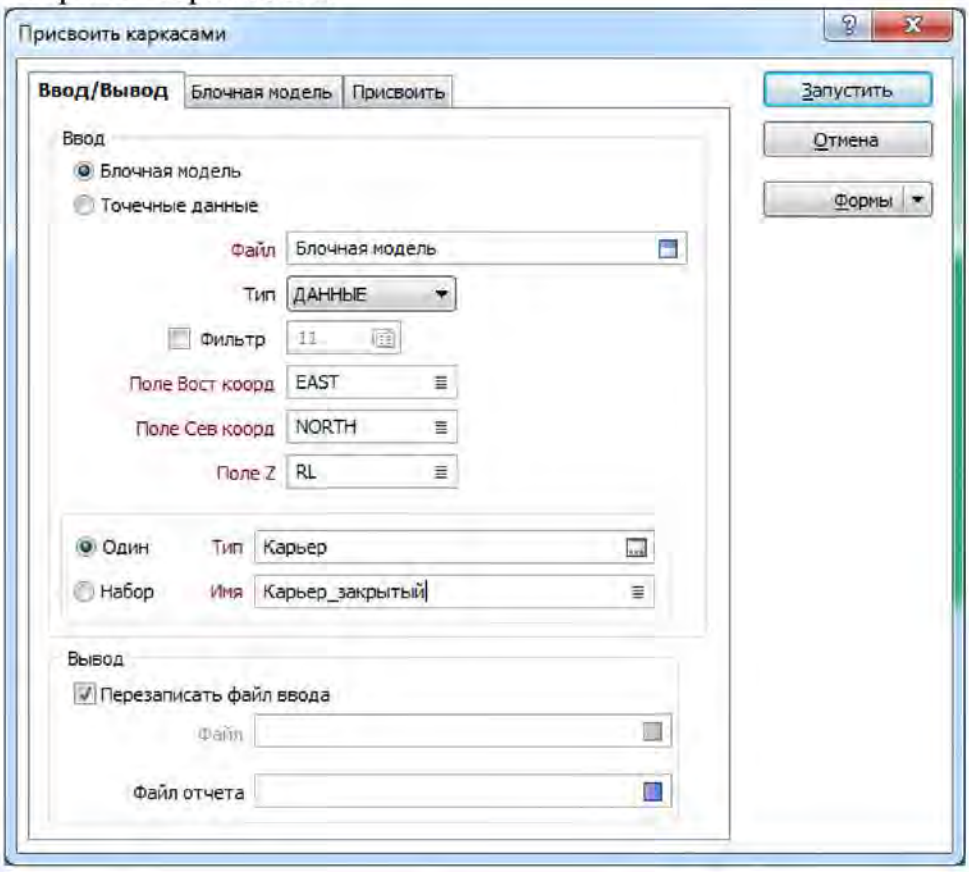
Цель работы: Ознакомиться с методикой подсчета объемов полезного ископаемого и вскрышных пород на основе цифровых моделей

Исходные данные: Файл Блочная модель.dat, Топография.tridb, Карьер.tridb

Порядок выполнения работы:

1. Используем команду «интерактивное пересечение каркасов» и получаем каркасную (закрытую) модель карьера (на основе модели «Карьер_необрезанный» и «Топография»)
Сохраняем результат под именем «Карьер_закрытый» в файле Карьер.tridb

2. Присваиваем при помощи каркасной модели карьера значения в поле блочной модели
МЕНЮ->Каркас->Присвоить

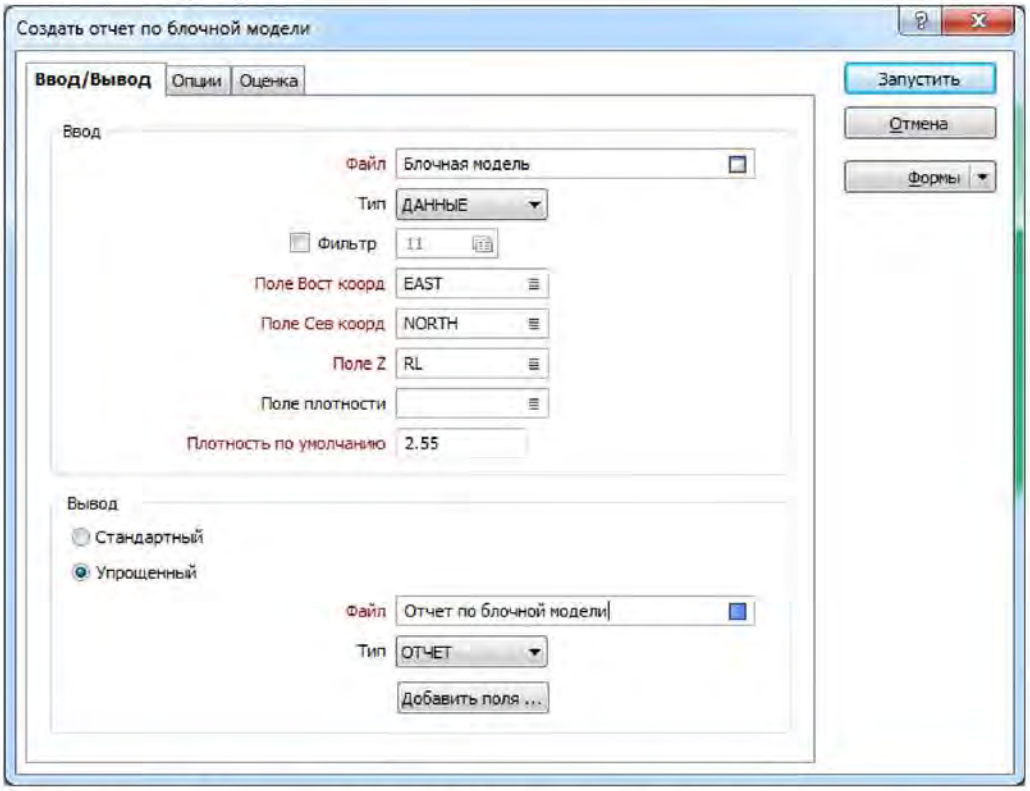


Присваиваем в поле КАРЬЕР значение IN для пометки блоков, вошедших в карьер

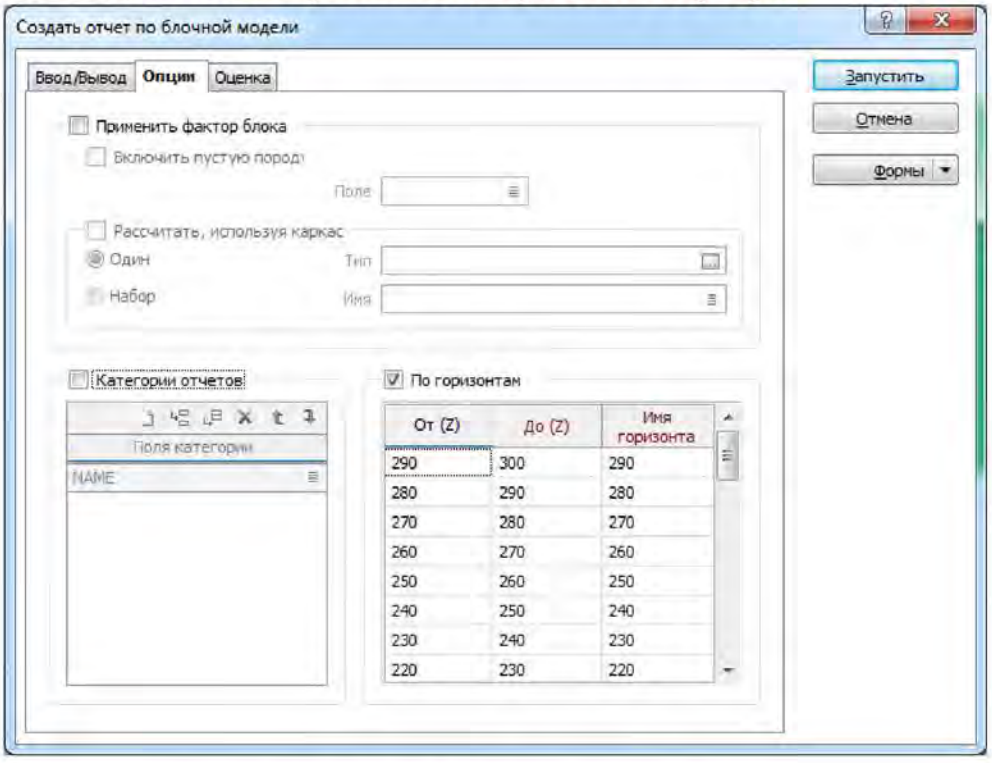
3. Создаем отчет по блочной модели

МЕНЮ->Моделирование->Отчет по блочной модели->Блочная модель

В поле «фильтр» создаем правило фильтрации блоков, исключающее все блоки за карьером



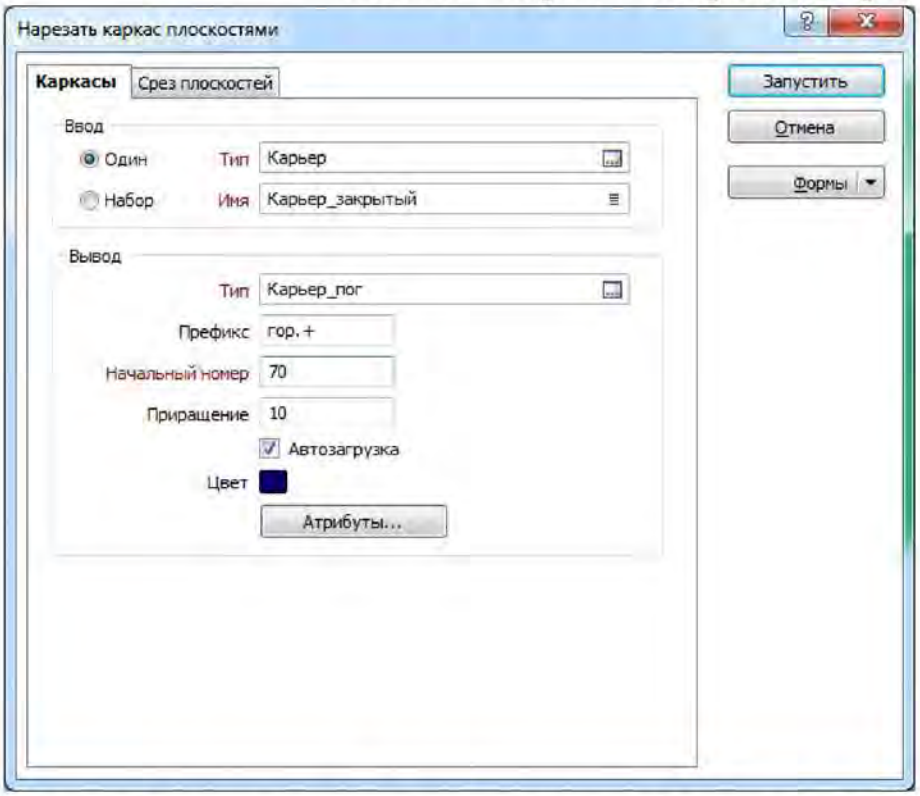
На вкладке Опции указываем горизонты карьера



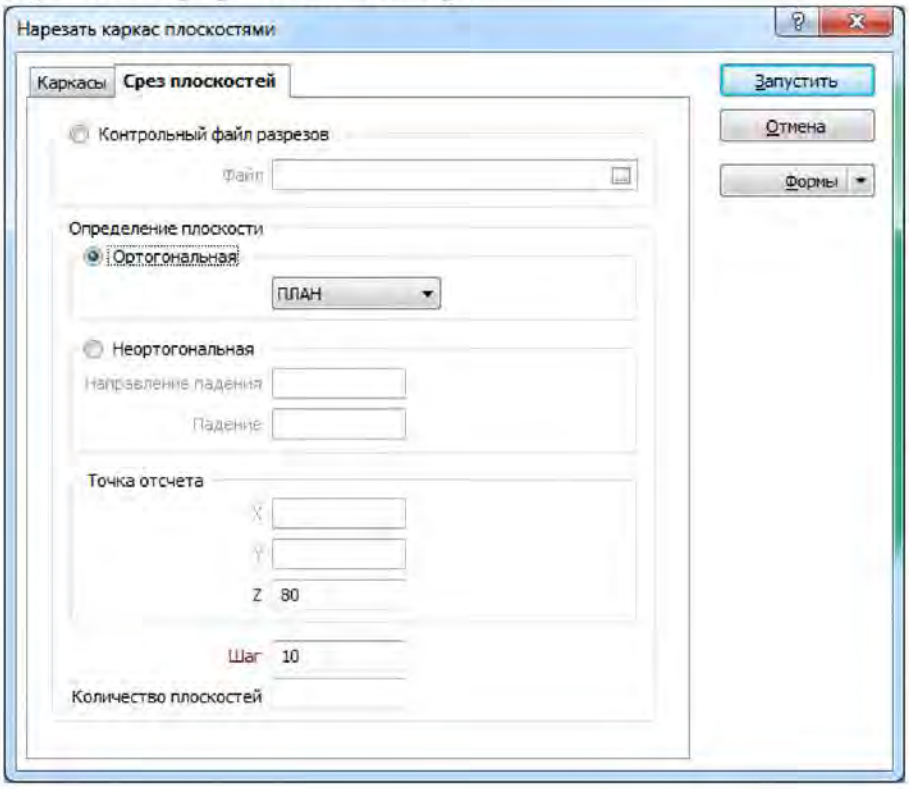
Сохраняем отчет в файле Объемы_руды_пог.rpt.

4. Создаем погоризонтные модели на основе каркаса карьера

МЕНЮ->Каркас->Операции->Срез



Указываем начальный номер горизонта (отметка подошвы нижнего горизонта) и шаг приращения номера

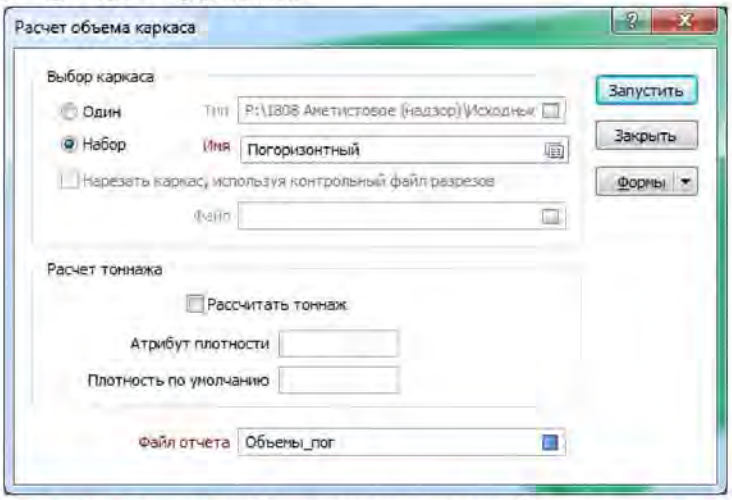


Указываем точку отсчета для среза (отметка кровли нижнего горизонта)

Сохраняем результаты в файле Карьер_пог.tridb

5. Создаем отчет на основе полученных погоризонтных моделей

МЕНЮ->Каркас->Отчет->Объемы



При выборе каркаса создаем набор, включающий все погоризонтные модели Сохраняем отчет в файле Объемы_ГМ_пог.rpt.

6. Создаем отчет на основе полученных погоризонтных моделей

Отчетность по работе: На проверку преподавателю предоставляются файлы Карьер.tridb, Карьер_пог.tridb, Объемы_руды_пог.rpt и Объемы_ГМ_пог.rpt, загруженные в Визекс.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТВАЛА И АВТОДОРОГИ

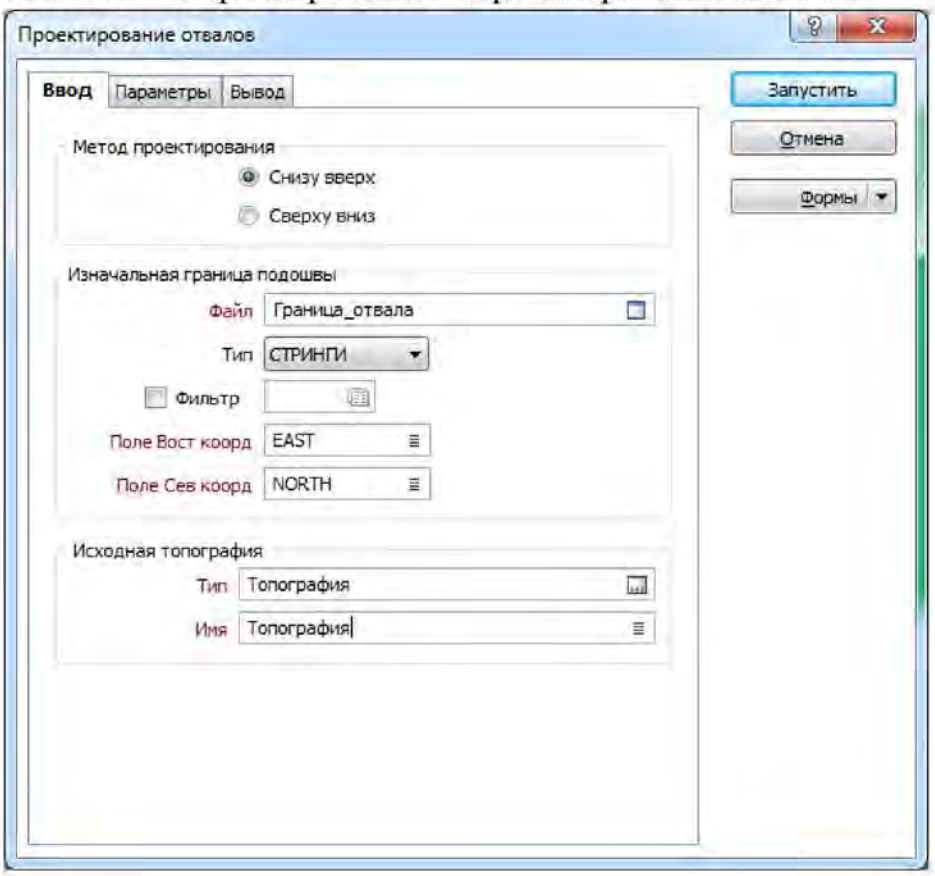
Цель работы: Ознакомиться с методикой подсчета объемов полезного ископаемого и вскрышных пород на основе цифровых моделей

Исходные данные: Топография.tridb, Карьер.tridb

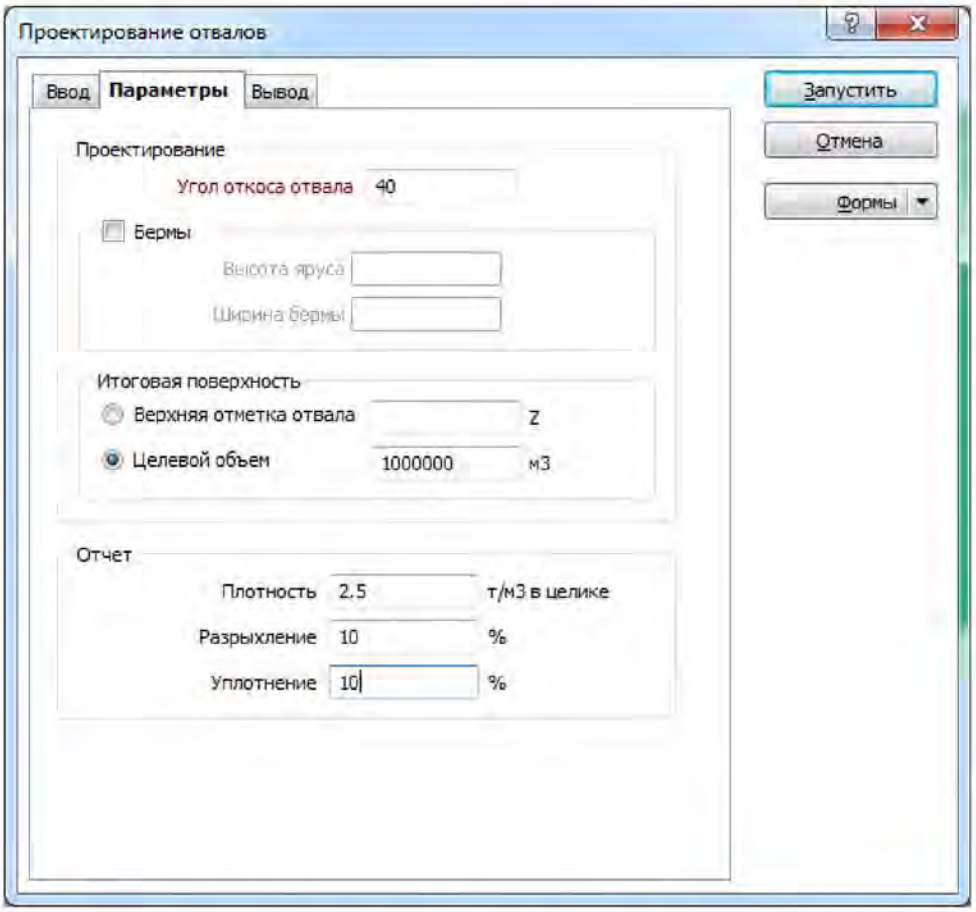
Порядок выполнения работы:

1. На основе данных лабораторной работы №4 принимаем суммарный объем вскрышных пород (разность между объемами горной массы и руды).
2. Рисуем стрингом основание отвала, сохраняем в файл Граница_отвала.str
3. Используем инструмент проектирования отвала

МЕНЮ -> Горные работы-> Проектирование отвалов



На вкладке «Параметры» указываем целевой объем, равный объему вскрышных пород



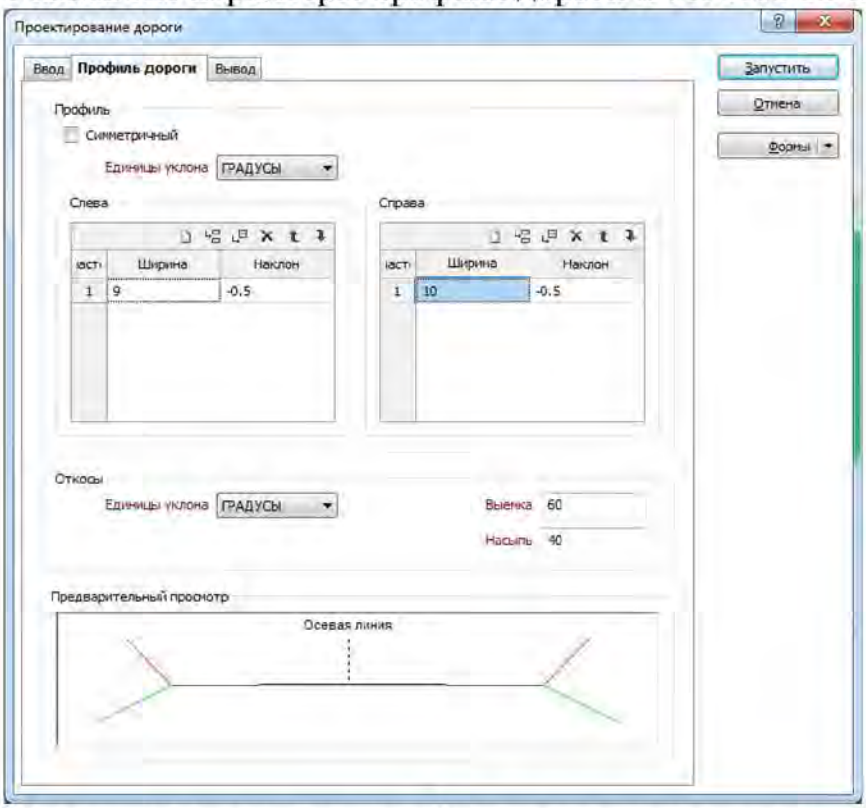
Сохраняем результат под именем Отвал в файле Отвал.tridb.

Примечание: Если в результате выполнения операции программа сообщает, что указанный объем невозможно разместить на заданной площади, увеличиваем границы стринга основания отвала и повторяем процедуру расчета.

4. Рисуем стрингом ось дороги с привязкой к поверхностью (уровень стринга будет соответствовать уровню дороги), сохраняем в файл Ось_дороги.str

5. Используем инструмент проектирования автодороги МЕНЮ->Горные работы->Проектирование дорог

Указываем параметры профиля дороги и откосов выемки/насыпи



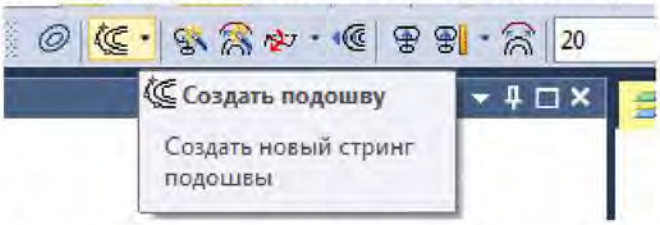
Указываем параметры профиля дороги и откосов выемки/насыпи

Сохраняем солиды выемки и насыпи под именами «выемка» и «насыпь» в файле Дорога.tridb.

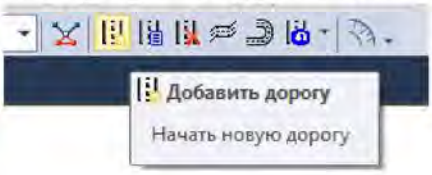
Отчетность по работе: На проверку преподавателю предоставляются файлы Дорога.tridb, Отвал.tridb, загруженные в Визекс.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ИНСТРУМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРА

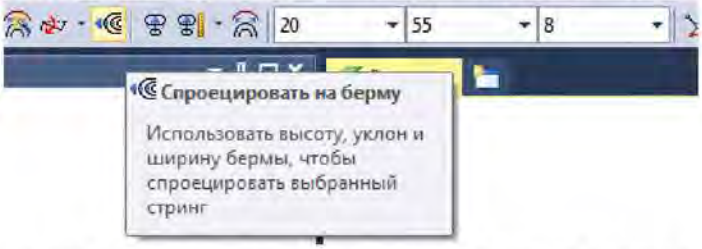
Строим дно карьера командой Создать подошву



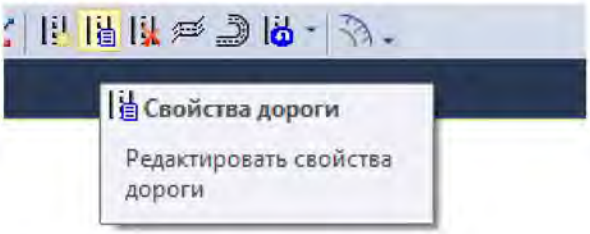
Добавляем дорогу инструментом «Добавить дорогу»



Съезд строится инструментом «Спроецировать на берму»

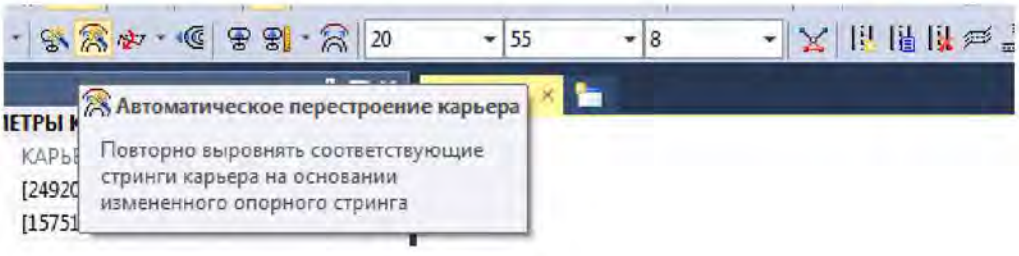


Редактировать параметры построения съезда можно через инструмент Свойства дороги

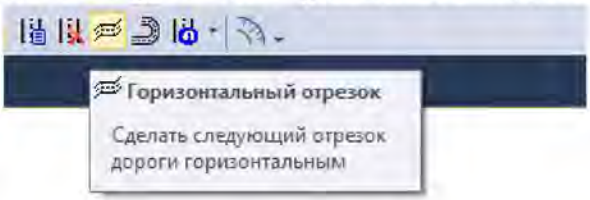


Для увеличения площади горизонта:

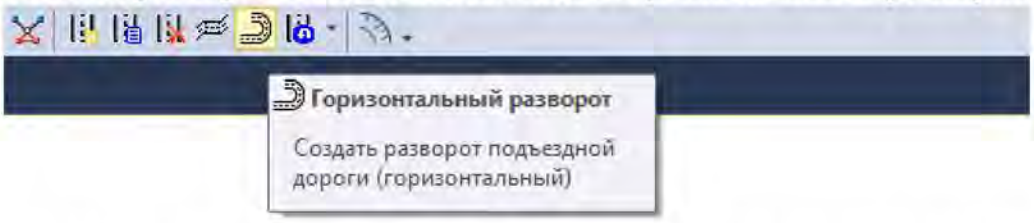
1. Оконтуриваем приращиваемую площадь стрингом командой Создать подошву
2. Используем инструмент Автоматическое перестроение карьера для присоединения площади, описанной стрингом



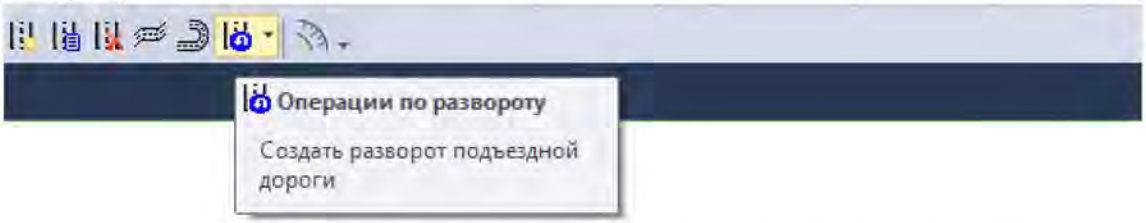
Горизонтальный участок строится командой *Горизонтальный участок*



Горизонтальный разворот создается командой *Горизонтальный разворот*



Для создания негоризонтального разворота используем инструмент Операции по развороту



Для проецирования откоса на высоту меньше высоты уступа используются команды Спроецировать на стринг (проецирование на ½ высоты уступа) и Спроецировать на высоту (проецирование на заданную высоту с заданным уклоном).

Для построения разрезной траншеи

МЕНЮ: Горные работы-> проектирования карьеров->Новый стринг карьера->Центральная линия траншеи

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Ганиев Р.С., ст. преподаватель

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА 4
2. ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ 5
3. ПОДГОТОВКА И НАПИСАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 6
4. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ 7
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 8
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ НА ЗАЧЕТ 9

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие учебно-методическое пособие содержит информацию, необходимую для выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Основы автоматизированного проектирования» для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации №3 «Открытые горные работы», очной и заочной формы обучения.

Согласно рабочей программе дисциплины «Технология и комплексная механизация открытых горных работ» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

- Подготовка к практическим занятиям
- Подготовка и написание курсового проекта
- Подготовка к зачету

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу и принятая трудоемкость по отдельным её видам представлена в разделе 7 рабочей программы дисциплины.

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Тема 1: Моделирование исходной геодезической и геологической информации в среде Autodesk AutoCAD

Построение поверхностей по данным различного типа. Редактирование поверхностей. Подсчет объемов между поверхностями. Твердотельное моделирование рудных тел. Построение профиля поверхности.

Тема 2: Проектирование линейных объектов в среде Autodesk AutoCAD

Построение трассы линейного объекта. Построение проектного профиля линейного объекта. Создание конструкции сечения. Проектирование плана линейного объекта. Вычисление объемов работ по строительству линейного объекта.

Тема 3: Моделирование исходной геодезической и геологической информации в среде Micromine

Импорт данных геологических изысканий. Создание базы данных скважин. Построение цифровой модели поверхности. Операции с поверхностями. Подсчет объемов между поверхностями. Импорт растровых изображений. Блочные модели месторождений.

Тема 4: Автоматизированное проектирование горных работ в среде Micromine

Построение оптимального контура карьера. Проектирование карьеров. Проектирование отвалов. Проектирование автодорог. Проектирование подземных горных работ. Автоматизированное планирование горных работ.

2. ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Выполнение лабораторных работ осуществляется студентами на аудиторных занятиях в соответствии с методическими указаниями.

Методические указания по выполнению практических и контрольных работ представлены в методическом пособии:

1. Ганиев Р.С. Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине Основы автоматизированного проектирования. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019

Рекомендуется следующий порядок подготовки к практическим и контрольным работам:

1. Используя соответствующее методическое пособие, ознакомьтесь с темой, содержанием и исходными данными к работе;
2. При возникновении непонимания цели, задач и общей сути работы, повторите соответствующий раздел теоретической части дисциплины, используя конспект лекций или учебную литературу;
3. При возникновении непонимания порядка выполнения работы обратитесь за консультацией к преподавателю.

3. ПОДГОТОВКА И НАПИСАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполнение курсового проекта осуществляется студентами в соответствии с методическими указаниями.

Методические указания по выполнению курсового проекта представлены в методическом пособии:

Ганиев Р.С. Руководство по выполнению курсового проекта по дисциплине Основы автоматизированного проектирования. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019

Рекомендуется следующий порядок подготовки и написания курсового проекта:

1. Используя методическое пособие, ознакомьтесь с темой, содержанием и исходными данными для выполнения курсового проекта;
2. При возникновении непонимания цели, задач и общей сути работы, повторите соответствующий раздел теоретической части дисциплины, используя конспект лекций или учебную литературу;
3. Выполнение разделов курсового проекта осуществлять в порядке, изложенном в методическом пособии. Результат работы состоит из файлов формата Micromine, которые представляются содержанию и составу файлов также изложены в методическом пособии.
4. При возникновении непонимания порядка выполнения работы обратитесь за консультацией к преподавателю.

4. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ

Сдача зачета осуществляется студентами по результату изучения каждой дисциплины:

Зачет по дисциплине проводится за компьютером, на котором установлены программные средства Autodesk AutoCAD и Micromine.

Билет на зачет включает в себя одно практико-ориентированное задание, позволяющее воспроизвести часть лабораторных работ, освоенных ранее студентом, по отдельному заданию, и продемонстрировать степень освоения компетенции.

На зачете преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на выявление степени понимания студентом изучаемого предмета.

Рекомендуется следующий порядок подготовки к зачету (экзамену):

1. Ознакомьтесь с перечнем практико-ориентированных заданий;
2. Повторите соответствующие разделы теоретической части дисциплины, используя конспект лекций и учебную литературу;
3. С целью закрепления усвоенного материала составьте алгоритм действий по выполнению каждого из заданий;
4. При возникновении затруднений при усвоении материала обратитесь за консультацией к преподавателю.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

№ п/п	Наименование
1	Теория автоматического управления: учебное пособие по курсовому проектированию / В. П. Барановский; Министерство образования и науки России, Уральский государственный горный университет. - 4-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: УГГУ, 2016. - 112 с.
2	Основы автоматизации технологических процессов и производств: учебное пособие / О. М. Соснин. - Москва : Академия, 2007. - 240 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ НА ЗАЧЕТ

1. Создать цифровую модель поверхности и её профиля
2. Произвести проектирование плана и профиля линейного объекта
3. Создать базу данных скважин
4. Осуществить моделирование каркасной модели рудного тела
5. Осуществить моделирование россыпного месторождения
6. Произвести расчет погоризонтных запасов полезного ископаемого на основе блочной модели месторождения
7. Провести анализ оптимальных границ открытой отработки месторождения
8. Осуществить автоматизированное проектирование карьера
9. Осуществить автоматизированное планирование горных работ в карьере
10. Создать модели отвала и автодороги к нему

Критерии оценивания:

– правильность выполнения задания;

– полнота решения поставленной задачи;

– степень овладения необходимыми для решения задачи программными пакетами.

Критерии оценки:

Оценивание практико-ориентированного задания осуществляется следующим образом:

Критерии оценки практико-ориентированного задания	*Количество баллов*
Правильность выполнения задания	0-3
Полнота решения поставленной задачи	0-4
Владение необходимыми для решения задачи программными пакетами	0-3
Итого	0-10

Количество баллов за промежуточную аттестацию (зачет, представленный практико-ориентированным заданием):

5-10 баллов (50-100%) - оценка «зачтено»

0-4 баллов (0-49%) - оценка «не зачтено».

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

21.05.04 Горное дело

Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: С.В. Корнилков, д.т.н., проф.; Сандригайло И.Н., к.т.н, доц., Арефьев С.А, к.т.н, доц.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ И ПОРЯДОК ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ 5

II. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАБОТЫ 9

III. ТИПОВОЕ (ПРИМЕРНОЕ) СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЕКТА ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 9

1. Введение 9
2. Геолого-промышленная характеристика месторождения 11
   2.1. Общие сведения о месторождении 10
   2.2. Геологическая характеристика месторождения 11
   2.3. Гидрогеологическая характеристика месторождения 11
   2.4. Качественная характеристика полезного ископаемого 11
   2.5. Геологические запасы полезного ископаемого 12
3. Горные работы 12
   3.1. Горнотехнические условия разработки. Существующее состояние и технология горных работ 12
   3.2. Границы карьера, промышленные запасы и потери полезного ископаемого 12
   3.3. Производительность и срок службы карьера 13
   3.4. Вскрытие и порядок отработки. Горнокапитальные работы 13
   3.5. Система разработки 14
   3.6. Календарный план горных работ 15
   3.7. Комплексная механизация работ на карьере 15
   3.8. Горнотехническая рекультивация 17
4. Карьерный транспорт 17
5. Охрана недр и окружающей среды 18
6. Промышленная безопасность. Охрана труда 18
7. Генеральный план 19
8. Вспомогательное карьерное хозяйство 20
9. Карьерный водоотлив 20
10. Электроснабжение карьера 20
11. Сметно-экономическая часть 21
12. Оценка эффективности инвестиций в строительство (реконструкцию, модернизацию оборудования и др.) 21
13. Основные технико-экономические показатели проекта 22

IV. СОДЕРЖАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА 23

V. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА 25

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА 26

ПРИЛОЖЕНИЯ 27

I. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ И ПОРЯДОК ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

Выпускная квалификационная работа студентов специализации №3 «Открытые горные работы» специальности 21.05.04 Горное дело по глубине и детальности проработки, количеству и объему проектной документации отличается от реальных проектов горных предприятий. Тем не менее решения, принятые в данной работе, должны соответствовать современному уровню развития горного дела, правилам безопасности и охраны окружающей среды и другим официально действующим нормативным документам.

Студент в процессе дипломирования и при защите дипломного проекта должен проявить творческий подход к процессу проектирования и принятия решений. Он должен доказать, что уровень его подготовки (теоретические знания по специальности, умение решать инженерные задачи на современном уровне, понимание экологических и экономических требований, безусловное знание правил безопасности) достаточен для присуждения ему квалификации горного инженера.

При подготовке выпускной квалификационной работы в качестве литературных источников следует использовать не только учебную и справочную литературу, но и статьи из журналов, в которых отражаются производственный опыт последних лет, новые достижения в технике и технологии, изобретения и результаты как отечественных, так и зарубежных научных и опытно-конструкторских работ. В дипломных проектах допускается применение еще не выпускаемых, но созданных или намеченных к выпуску отечественных или зарубежных моделей оборудования. По уровню техники и технологии, а также технико-экономическим показателям принимаемые решения должны соответствовать прогнозным (на период не менее чем 8-10 лет) показателям передовых горных предприятий.

Основным объектом дипломного проектирования является карьер, находящийся в структуре горного предприятия. Детальному расчету и оценке подвергаются горные разработки, отвалы и непосредственно связанные с ними транспортные коммуникации. Остальные объекты в структуре горного предприятия – обогатительные фабрики и места складирования их отходов (шламохранилища и пр.), системы энергоснабжения, ремонтные цеха и прочие – рассматриваются в общем виде как объекты ситуационного плана. Результирующие технико-экономические показатели определяются, как правило, лишь по горной части.

Текст пояснительной записки делят на разделы, подразделы, а в случае необходимости – пункты и подпункты. Основные разделы дипломного проекта методически соответствуют содержанию ранее выполненных студентом курсовых проектов и работ применительно к проектируемому им объекту разработки.

По окончании установленного срока дипломного проектирования студент должен представить на выпускающую кафедру, а затем, после соответствую-

щей экспертизы (рецензий консультантов, отзыва рецензента от промышленности, заключения руководителя и визы заведующего кафедрой), защитить перед Государственной аттестационной комиссией дипломный проект или дипломную работу.

Порядок выполнения проекта формулируется заданием, которое выдается руководителем дипломного проектирования индивидуально студенту (или группе студентов, состоящей не более чем из двух человек, выполняющих дипломную работу). В задании руководитель, по согласованию со студентом, устанавливает тему проекта и его специальной части, а также детальность решения отдельных задач и особые требования к проекту.

Тематика выпускных квалификационных работ, как и задания на дипломирование, утверждаются заведующим кафедрой и должны быть направлены на решение одной из следующих задач:

1. Строительство нового карьера.
2. Реконструкция или доработка действующего карьера.
3. Планирование горных работ на действующем карьере.
4. Исследование актуальной проблемы горного производства (дипломная работа).

Рекомендуется согласовывать задания на реальные проекты с руководством предприятий в форме письма-заказа на выполнение дипломного проекта по заданной теме, направляемого на имя заведующего кафедрой.

По отдельным разделам проекта (работы) назначаются консультанты, с которыми студент согласует детальность и содержание каждого соответствующего раздела.

Проект разработки нового месторождения имеет целью строительство нового карьера и его эксплуатацию в течение расчетного периода (первой очереди или до конца отработки месторождения). При разработке указанной темы студентом создается проект, который должен по технико-экономическим показателям превышать аналогичные отечественные и зарубежные предприятия по уровню технико-экономических показателей (производительности труда, техническим и технологическим решениям, экологическим и экономическим показателям и пр.).

При наличии достаточного количества реальных исходных материалов проектирование нового предприятия осуществляется с детальностью, определяемой руководителем проекта, что фиксируется в задании или отмечается во введении, а также в заключении по проекту. В тех случаях, когда получение реальной геологической информации по причинам, не зависящим от студента, оказывается невозможным, ему может быть выдано задание на проектирование строительства нового карьера для условного месторождения, по своим характеристикам приближающегося к реальному. (Например, может быть выдано задание на разработку угольного месторождения типа Коркинского в предположении, что оно не разрабатывалось). При этом руководитель выдает студенту основные параметры месторождения, рельефа местности и другие данные, а свой-

ства пород и полезного ископаемого студент принимает по данным практики и литературным источникам, которые он обязан тщательно изучить.

Проект реконструкции или доработки действующего карьера отличается прежде всего тем, что содержит раздел, в котором на основе изучения объекта во время производственной практики (для студентов очного обучения) или в период работы на предприятии (для студентов-заочников) дается описание и оценка современного состояния предприятия. Основной целью такого проекта является обоснование целесообразности реконструкции карьера или его доработки в ранее установленных границах. При этом разрабатываются предложения по повышению экономичности ведения горных работ, в том числе за счет модернизации техники и технологии, изменения границ карьера, системы отработки и порядка развития горных работ, производственной мощности карьера и т. п.

Перечень разделов проекта нового строительства, реконструкции и доработки соответствует в основном горной части реальных проектов в стадии ТЭО, выполняемых проектными организациями (см. раздел 3).

Проекты планов дальнейшей разработки месторождения могут быть разными по длительности прогноза (годового, перспективного или долгосрочного) развития горных работ в карьере. Разработанные проекты годовых планов ведения горных работ оцениваются возможностью их выполнения по достигаемым техническим параметрам, имеющимся материальным и людским резервам, а также по экономической эффективности и допустимости их реализации. Перспективные и долгосрочные планы развития горных работ оцениваются, прежде всего, по эффективности инвестиций в разработку месторождения. При разработке планов горных работ могут решаться вопросы консервации и расконсервации участков бортов, постановки уступов в предельное положение, порядка развития рабочего пространства карьеров при подготовке новых горизонтов и пр.

Основой выполняемой работы является расчет-обоснование развития горных работ по участкам карьерного поля в реальных условиях с использованием фактической горно-геологической документации предприятия.

Дипломная работа исследовательского характера должна быть по трудоемкости не ниже стандартного дипломного проекта. План работы, ее содержание и форма представления для защиты устанавливается руководителем совместно со студентом.

По согласованию с руководителем некоторые разделы стандартного проекта в дипломной работе могут отсутствовать, но в целом она должна быть направлена на решение основных и достаточно крупных горно-технологических задач какого-либо горного предприятия или на исследование актуальной проблемы горного производства. В дипломной работе излагаются теоретические и методические аспекты решения задачи, анализ фактических показателей и результаты исследований, в том числе математического моделирования, вычислительного эксперимента, освоения новых компьютерных технологий горно-технологических расчетов или лабораторных исследований. В ряде случаев, по заданию предприятия, в рамках дипломной работы коллекти-

вом из двух студентов может быть выполнен реальный проект отработки месторождения, в обязательном порядке содержащий элементы исследования.

Проект (работа) состоит из пояснительной записки и чертежей, оформляемых согласно действующим правилам и стандартам.

Пояснительная записка должна быть оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ней. Она должна содержать титульный лист, задание на проектирование, оглавление, реферат, текст, основные технико-экономические показатели проекта (работы) в форме таблицы, заключение, список использованных источников.

Объем записки должен быть 80–120 страниц рукописного текста формата А4 (297х210 мм). Допускается компьютерное изготовление пояснительной записки. В конце пояснительной записки должно быть оставлено 8–10 пустых листов для рецензий и отзывов.

В реферате, объемом не более одной страницы, отмечаются: ключевые слова, объем записки и количество чертежей, особые условия задания и специфика проекта, главный итог работы и специальной части (что доказано); рекомендации по практическому использованию результатов проектирования.

Специальная часть дипломного проекта по трудоемкости ее выполнения, объему пояснительной записки и графики составляет, как правило, около 20 – 25 % всего проекта и направлена на углубленное изучение и вариантное технико-экономическое обоснование одного из вопросов инженерного обеспечения ведения открытых горных работ.

В специальной части проектов могут детально рассматриваться варианты границ карьера и необходимость их корректировки, обосновываться этапы и общее направление разработки, выбираться оптимальные параметры системы разработки и способ вскрытия, сравниваться параметры буровзрывных или выемочно-погрузочных работ при использовании применяемых и новых ВМ, модели выемочного и бурового оборудования или виды карьерного транспорта и определяться направления совершенствования вспомогательных производственных процессов (заоткоски и расконсервации уступов, осушения, уничтожения негабарита и т. п.), решаться инженерные задачи повышения экологической чистоты производства или безопасности ведения горных работ и пр.

В заключении по проекту должна быть показана экономическая эффективность инвестиций в новое строительство, реконструкцию или доработку карьера, а также сформулированы основные выводы и предлагаемые проектом и специальной его частью решения. Полученные технико-экономические показатели проекта должны быть лучше, чем на действующем предприятии и оправдывать вложение средств в отработку месторождения.

Графическое приложение должно полностью отражать сущность проекта и его специальной части. Перечень графических приложений, рекомендуемых для включения в дипломный проект, приведен в главе IV данных методических указаний. Содержание каждого демонстрационного листа оговаривается в задании на проектирование и конкретизируется в процессе выполнения проекта.

Чертежи изготавливаются вручную (в туши) или на компьютере в графическом редакторе с последующей распечаткой на принтере. Объем графической части, представляемой на защиту, как правило, 9–11 листов формата А1 (841х594 мм). Пример выполнения чертежей приведен в приложениях 37-46.

Каждый студент защищает перед Государственной аттестационной комиссией (ГАК) проект (работу) индивидуально и получает по итогам защиты оценку. Работа ГАК и порядок защиты регламентированы утвержденными положениями.

II. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАБОТЫ

К числу основных исходных данных для выполнения дипломного проекта относятся:

1. Геологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая документация, включающая данные о степени разведанности месторождения, его запасах, качестве полезного ископаемого, кондициях на запасы, содержании полезных и вредных компонентов и т. п.
2. Описание современного состояния горных работ, применяемого оборудования и технологии разработки (для действующих предприятий).
3. Данные, характеризующие экологическую ситуацию, а также экологические ограничения и требования.
4. Экономические условия: структура себестоимости горного предприятия и его основных фондов, цена товарной продукции, коэффициент дисконтирования, размер ставки платы за кредит и др.

Полный перечень исходных данных для промышленного проектирования весьма значителен и включает топографические, геологоразведочные материалы, характеристики оборудования, цены на материалы и оборудование и др., различные нормы и т. п. От полноты и достоверности исходных данных зависит достоверность проектных решений.

Студент, готовящийся к дипломированию, имеет возможность, в соответствии с учебным графиком, изучить будущий объект проектирования на преддипломной практике. До начала практики он должен выбрать ориентировочную тему проекта и его специальной части, согласовав их на выпускающей кафедре. В отчете по практике значительное, а иногда основное место, должны занимать исходные данные для дипломного проекта. Кроме того, до начала дипломирования, т. е. в 10-м семестре, студент должен изучить литературные источники и другие материалы по теме проекта.

Состав исходных данных для дипломного проекта меньше, чем для промышленного проекта, но должен быть достаточным для решения основных горнотехнических задач.

В составе обязательных исходных данных должны быть графические материалы, характеризующие топографию участка и геологию месторождения, в том числе:

– ситуационный план района месторождения с основными промышленными объектами (возможными потребителями планируемого к добыче сырья), магистральными автодорогами и сетью путей МПС, источниками энергоснабжения проектируемого карьера, объектами, подлежащими экологической охране (реки, озера, коллективные сады, массивы зеленых насаждений, пахотные угодья и др.);

– топографический план участка с сеткой координат, изолиниями рельефа, водными источниками, подъездными транспортными развязками и энергокоммуникациями, основными зданиями и сооружениями и др. (возможно, с контурами земельного отвода и границами подсчета запасов в плане);

– геологические разрезы и слоевые планы по месторождению (возможно с контурами горного отвода и границами подсчета запасов по глубине).

Если тема дипломного проекта ориентирована на реконструкцию и доработку действующего предприятия, то в составе обязательных исходных данных должны быть:

– описание и анализ действующего карьера (технология, механизация, организация, экономика, водоотлив и др.);

– ситуационный план расположения основных объектов действующего предприятия;

– маркшейдерские планы современного состояния горных работ;

– проектные планы карьера на конец отработки и ближайшие периоды;

– действующие паспорта ведения горных работ, конструкции рабочих площадок, транспортных берм и др.;

– перечень горного, транспортного и энергетического оборудования на балансе горного предприятия (при его существовании);

– экономические показатели работы предприятия за последние несколько лет (структура себестоимости, удельные капвложения, рентабельность, цена товарной продукции и др.).

В состав исходных данных для дипломных проектов, направленных на планирование горных работ существующего предприятия, должны входить детальные планы горных работ, обеспечивающие возможность их кодирования и автоматизированной обработки на ЭВМ.

Перечень исходных данных для исследовательских дипломных работ формируется в процессе подготовки задания студентом совместно с руководителем.

III. ТИПОВОЕ (ПРИМЕРНОЕ) СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЕКТА ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Введение

Общие сведения о районе месторождения. Потребность в минеральном сырье. Действующие и потенциальные потребители продукции проектируемого предприятия. Запасы полезного ископаемого. Проектный срок службы пред-

приятия. Основные технологические решения проекта (технология отработки, вскрытие, система разработки, осушение), в т. ч. основные результаты выполненной специальной части. Социальные и производственные вопросы организации труда и их решения в проекте.

2. Геолого-промышленная характеристика месторождения

2.1. Общие сведения о месторождении

Географическое и административное положение объекта проектирования. Промышленная освоенность района, пути сообщения. Источники энергоснабжения. Бытовое и техническое водоснабжение.

Климатические условия ведения работ. Характеристика рельефа и гидрологической сети района. Экологические условия в районе проектируемого объекта и требования к разработке.

2.2. Геологическая характеристика месторождения

Генезис месторождения: число и строение залежей, углы падения, мощность, глубина залегания, размеры по простиранию. Тектоника месторождения. Виды покрывающих и вмещающих пород. Минералогический состав полезного ископаемого.

Физико-механические свойства пород и полезного ископаемого: крепость, буримость, взрываемость, плотность и т. д.

Характеристика массива пород: трещиноватость, показатели сцепления, устойчивость.

2.3. Гидрогеологическая характеристика месторождения

Общие сведения об открытых водотоках на территории, прилегающей к месторождению, и водосборных площадях возможного стока в карьер поверхностных вод и атмосферных осадков. Количество осадков. Характеристика подземных водоносных горизонтов, их количество и распределение, уровень подземных вод, величина напора, условия питания подземных вод, их взаимосвязь с поверхностными водами, удельный дебит наблюдательных скважин, радиус их влияния, коэффициенты фильтрации и водоотдачи.

Расчет водопритоков в карьер от поверхностных (дождевые, ливневые, паводковые) и подземных вод на момент полного развития работ. Расчет радиуса депрессионной воронки.

2.4. Качественная характеристика полезного ископаемого

Направления использования и требуемые потребительские свойства добываемого полезного ископаемого. Кондиции, предъявляемые к качеству добываемого сырья. Бортовое содержание полезного компонента в исходном сырье.

Технологические требования к разработке, обусловленные геологическим строением месторождения.

2.5. Геологические запасы полезного ископаемого

Степень разведанности месторождения, выбор метода подсчета запасов (возможен компьютерный, с созданием модели месторождения и контуров карьера), расчет геологических запасов по участку месторождения, предполагаемому к разработке.

Раздел 2 по объему не должен превышать 15–20 страниц. Основным его назначением является выявление геологических характеристик и исходных данных для расчета будущих технологических условий разработки и параметров горных работ, а также демонстрация умения произвести подсчет запасов полезного ископаемого в конкретных условиях залегания месторождения.

3. Горные работы

3.1. Горнотехнические условия разработки. Существующее состояние и технология горных работ

Для действующих и реконструируемых карьеров. Анализ проектных и фактически достигнутых показателей. Причины отклонений. Основные проблемы проектируемого предприятия и направления дальнейшего совершенствования горных работ.

Решения по действующему проекту разработки и фактически достигнутые показатели по карьеру. Проектные и фактические данные: глубина и размеры карьера в плане, конструкции и углы погашения бортов карьера, запасы угля (руды) и объем вскрыши в контурах карьера, производственная мощность по полезному ископаемому и вскрыше – проектная и фактическая, календарный график горных работ и сроки существования карьера, способ вскрытия карьера, порядок развития работ и параметры системы разработки, отвалообразование, способ осушения карьерного поля, механизация основных и вспомогательных процессов (оборудование, парк, производительность). Себестоимость продукции. Производительность труда одного трудящегося.

Для вновь проектируемых карьеров в этом разделе приводятся сведения о степени подготовленности площадки строительства к ведению горных работ: наличие подъездных путей, разведочных выработок и передовых котлованов, энергообеспечении, имеющемся на настоящий момент оборудовании и пр.

3.2. Границы карьера, промышленные запасы и потери полезного ископаемого

Выбор профиля бортов карьера. Расчет или обоснование устойчивых углов погашения бортов карьера.

Обоснование конструктивных элементов борта карьера: высота уступа в погашении (одиночный, сдвоенный, строенный), угол откоса уступа в консервации, ширина берм очистки, транспортных берм.

Определение расчетных значений конструктивных углов погашения бортов карьера: предельно возможного (без транспортных берм) и с учетом предполагаемой схемы вскрытия.

Обоснование предельной глубины карьера. Выделение при необходимости в перспективных границах карьера промежуточных контуров с обоснованием глубины каждого этапа, углов откоса временно консервируемых бортов, размеров этапов в плане, в том числе подробно первого этапа.

Размеры карьера в плане по поверхности и по дну.

Определение потерь полезного ископаемого (в бортах, целиках, при эксплуатации). Подсчет промышленных запасов полезного ископаемого, а также вскрыши в перспективных и промежуточных контурах. Средние коэффициенты вскрыши.

3.3. Производительность и срок службы карьера

Обоснование производственной мощности по полезному ископаемому исходя из потребности в сырье и обеспеченности запасами.

Выбор рационального направления развития горных работ и очередности отработки карьерного поля. Горно-геометрический анализ карьерного поля, расчет графиков режима горных работ и календарных графиков отработки. Уточнение производственной мощности карьера по полезному ископаемому и вскрыше и этапов его отработки в соответствии с принятым календарным графиком разработки.

Сроки и объемы горно-строительных работ, развития мощности (реконструкции), эксплуатации по периодам со стабильной производительностью, затухания горных работ и работы карьера в целом.

Календарный режим работы карьера и отдельных основных и вспомогательных процессов: прерывный (непрерывный), число рабочих дней в году, смен в сутки, часов в смену.

Годовые, суточные и сменные расчетные объемы добычных и вскрышных работ. Расчетный грузооборот.

3.4. Вскрытие и порядок отработки. Горнокапитальные работы

Выбор способа вскрытия карьерного поля на конец разработки исходя из расчетных грузопотоков и предполагаемой интенсивности движения транспорта. Число и место размещения вскрывающих выработок, их параметры: уклоны, ширина по дну, глубина погружения внешних траншей. Трассировка внешних и внутренних траншей, размеры площадок примыканий, перегрузочных пунктов и пр.

Параметры транспортных берм и съездов, обеспечивающие необходимую пропускную способность транспортных коммуникаций.

Способ и параметры вспомогательного вскрытия: тип и место размещения вспомогательного заезда, уклон, ширина дорог.

Уточнение конструкции бортов карьера в конце разработки.

Описание общего порядка развития горных работ в карьере, обеспечивающего принятый календарный график разработки. Обоснование вскрытия рабочих горизонтов в период строительства и полного развития горных работ, количество горизонтов, вскрываемых капитальными и временными съездами по этапам разработки в увязке с общей схемой вскрытия и принятым развитием работ. Порядок и сроки перемещения внутрикарьерных пунктов перегрузки горной массы. Расчет средних расстояний транспортирования по временным и стационарным съездам и рабочим горизонтам.

При наличии временно нерабочих бортов назначается схема вскрытия их участков в период расконсервации.

Механизация, порядок и организация проходки вскрывающих выработок: внешних траншей, капитальных и временных съездов.

Определение объемов горнокапитальных работ в период строительства (реконструкции): строительство траншей и съездов, разнос бортов в период строительства (реконструкции), строительство (реконструкция) поверхностных дорог и коммуникаций, подготовка площадок для размещения объектов карьера, строительство (реконструкция дренажных систем) и пр.

3.5. Система разработки

Обоснование применяемой системы разработки и ее элементов: рациональной высоты уступов на добыче и вскрыше, рабочих площадок минимальной ширины, минимальной длины экскаваторных блоков.

Параметры подготовительных выработок. Объем работ по подготовке горизонта (среднего). Организация и сроки подготовки новых горизонтов. Возможная скорость углубки карьера.

Расчет показателей системы разработки, обеспечивающих установленную производительность карьера по полезному ископаемому и вскрыше: требуемой скорости понижения горных работ и скорости подвигания рабочих уступов. Расчет вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов сырья на расчетные периоды. Расчет угла наклона рабочего борта, потребной протяженности отрабатываемого фронта работ (активного и общего). Определение количества уступов в одновременной разработке, исходя из протяженности фронта работ, длины экскаваторного блока и расстановки экскаваторов на проектируемые периоды разработки (окончание строительства, реконструкции, полное развитие работ).

Выбор и назначение технологических схем отработки уступов, обеспечивающих заданную интенсивность перемещения рабочей зоны.

Графическое определение положений горных работ на период строительства и полного развития горных работ.

Обоснование необходимости и выбор места формирования временно нерабочих бортов (ВНБ) по участкам карьера в увязке с принятым режимом горных работ и потребной протяженностью перемещаемых уступов.

Обоснование конструкции ВНБ (ширина площадки консервации, высота и угол откоса консервируемого уступа, высота и протяженность участка), общий объем консервации.

Расчет скорости понижения горных работ в период реконструкции при расконсервации ВНБ и сроков его ликвидации (переноса).

Выбор технологической схемы ведения горных работ при консервации и расконсервации уступов, обеспечивающей требуемую интенсивность отработки. Количество уступов в работе. Протяженность фронта работ. Скорость подвигания уступов на участке ВНБ. Длина экскаваторного блока.

Графическое определение положения горных работ в конце реконструкции (после расконсервации ВНБ).

3.6. Календарный план горных работ

Приводится таблица, характеризующая календарный график отработки месторождения, содержащая объемы выемки полезного ископаемого и вскрыши по годам и этапам ведения горных работ, глубину разработки, текущие коэффициенты вскрыши, площади отчуждаемых земель, объемы консервации и расконсервации и пр.

Описывается пространственное положение горных работ по выделенным этапам разработки, перечень предполагаемых к строительству (реконструкции) объектов, обеспечивающих ведение горных работ при реализации установленного календарного графика.

При выполнении дипломного проекта со специальной частью, посвященной планированию горных работ, приводятся таблицы выемки горной массы по горизонтам, видам горной массы, погашения запасов полезного ископаемого по залежам, качества рудной массы и пр.

3.7. Комплексная механизация работ на карьере

В табличной форме приводится наименование и количество бурового, зарядного и выемочно-погрузочного оборудования, необходимого для ведения горных работ по добыче, вскрыше, на отвалах и при рекультивации.

3.7.1. Подготовка горной массы к выемке

Расчеты проводятся соответственно принятому способу подготовки пород отдельно для вскрыши и полезного ископаемого. Результаты вычислений рекомендуется приводить в табличном виде.

Буровые работы. Обоснование типа и модели бурового станка, диаметра бурового инструмента (скважин) и параметров режима бурения. Скорость бурения. Параметры скважин: диаметр рабочей зоны, угол наклона, длина перебура и скважины в целом.

Обоснование режима работы и сменной производительности станков. Годовая производительность и парк станков.

Взрывные работы. Выбор типа ВВ. Конструкция скважинных зарядов. Определение проектного удельного расхода ВВ. Расчет ЛСПП, вместимости

ВВ в 1 пог. м скважины, массы заряда ВВ, сетки скважин. Число рядов скважин. Фактическая ширина развала. Схема коммуникации взрывной сети, степень замедления при взрывах. Выход горной массы.

Объем взрывного блока. Число скважин, расход ВВ на блок с учетом вторичного взрывания. Прогнозирование показателей взрывания: средний кусок, высота развала, коэффициент разрыхления в развале.

Расчет безопасных расстояний по действию ударной воздушной волны, разлету кусков горной массы и сейсмике.

Механизация разделки негабарита, выравнивания подошвы, доставки ВВ, зарядки, забойки скважин. Потребность в оборудовании.

При необходимости и расчет параметров БВР при заоткоске уступов в приконтурной зоне.

3.7.2. Выемочно-погрузочные работы

Обоснование типа и модели выемочной машины на добыче и вскрыше. Ширина заходки, число проходов по развалу, паспорт установки выемочной машины в забое. Технологические схемы отработки уступов на рабочих площадках, законсервированных бортах и при их консервации.

Техническая и эксплуатационная сменная (по расчету или по нормативам) производительность выемочно-погрузочного оборудования. Режим его работы. Годовая производительность, парк машин.

3.7.3. Отвальные работы

Способ отвалообразования и параметры отвала. Общий объем вскрышных пород, намеченный для размещения в отвалах. Выбор места расположения отвалов, высоты яруса и количества ярусов на отвале, угла устойчивого откоса. Расчет потребной площади для отвалов. Количество, форма и размеры отвалов в плане. Схема заполнения и порядок развития фронта отвальных работ во времени.

Расчет основных параметров отвалообразования.

При экскаваторном отвалообразовании рассчитываются параметры (и вычерчивается паспорт) отвальной заходки, длина отвального тупика, коэффициент использования отвального экскаватора во времени и его производительность, пропускная способность тупика по условиям транспорта, приемная способность, удельная емкость (на 1 пог. м) отвального тупика; объем породы, размещаемой в отвальной заходке за время, проходящее между передвижками рельсового пути, количество отвальных тупиков в работе, резервных и общее число их. Показывается размещение отвальных тупиков на отвале.

При бульдозерном отвалообразовании обосновываются: способ складирования породы (площадное или периферийное); схемы развития автодорог на отвале, количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале одновременно и в течение одного часа; длина фронта разгрузки; число участков на отвале, в том числе разгрузочных в одновременной работе, находящихся в планировке и резервных; длина отвального фронта и объем бульдозерных работ; среднее расстояние перемещения грунта, производительность и парк бульдозеров.

Расчеты других способов отвалообразования ведутся по общепринятым методикам.

3.8. Горнотехническая рекультивация

Выбор вида рекультивационных работ по объектам: горнотехническая рекультивация, биологическая рекультивация. Выбор способа рекультивации карьера: полная засыпка выработанного пространства, создание внутренних отвалов, выполаживание бортов, затопление карьера и пр. Определение объемов рекультивационных работ. Расчет сроков рекультивации, количества потребного оборудования. Выбор способа рекультивации нарушенных поверхностей (отвалов, трасс, водоводов, временных автодорог, отстойников, шламохранилищ и пр.).

Расчетные объемы работ по рекультивации (выполаживание бортов, отвалов, планировка, нанесение плодородного слоя и пр.).

Расчет количества рекультивированных земель по проектируемому предприятию по видам дальнейшего использования. Укрупненный расчет затрат, связанных с рекультивацией.

4. Карьерный транспорт

Принятые виды транспорта полезного ископаемого и вскрыши на расчетный период. Возможные виды транспорта на последующих этапах разработки карьера.

Схема транспортирования полезного ископаемого и вскрыши, расчетные участки трассы и их параметры: длина, уклоны, тип покрытия (при автотранспорте) и тип путей при железнодорожном транспорте (передвижные, капитальные), перегрузочные пункты. Средняя глубина вывозки и дальности откатки для вскрыши и полезного ископаемого на расчетный год. Расчетный грузооборот, интенсивность движения на участках расчетной трассы.

Расчет пропускной и провозной способностей дорог, элементов, конструирование системы коммуникаций в соответствии с интенсивностью движения и возможностями элементов трассы.

Схемы движения на рабочих уступах и транспортного обслуживания забоев: схемы маневров, подъездов и установки автомашин под погрузку и разгрузку, путевое развитие на рабочих уступах в карьере и на отвалах при железнодорожном транспорте, схемы транспортного обеспечения забоев при конвейерном транспорте.

Эксплуатационные расчеты. При использовании железнодорожного транспорта рассчитываются и определяются: полная и полезная массы поезда (совместно с выбором рациональной модели локомотива, вагона и уклона дорог), скорость движения поезда на участках, элементы его оборота, производительность и парк локомотивов, вагонов. Годовой расход ГСМ и электроэнергии.

При автотранспорте осуществляют выбор модели автосамосвала, определяют скорости движения, элементы оборота машин, суточный и годовой пробег одной рабочей машины. Производительность и парк автомашин, годовой пробег всего парка, общий расход ГСМ.

При конвейерном транспорте принимают и рассчитывают тип и характеристики конвейерных лент, ширину и скорости их движения, расчетные производительности отдельных ставов и линий, углы наклона конвейеров, допускаемые длины ставов и их расчетные (стандартные) значения, мощности приводов, годовой расход электроэнергии и ГСМ.

Технология и организация вспомогательных процессов. Содержание автодорог и механизация по их устройству, механизация и способ переукладки временных железных дорог на рабочих уступах. Передвижка конвейеров, меры борьбы с примерзанием грузов к лентам и с просыпью грузов.

5. Охрана недр и окружающей среды

Охрана недр. Мероприятия, обеспечивающие эффективное использование недр: селективная выемка (технические средства и решения, обеспечивающие селективность добычи), усреднение руд (технические решения: объем усреднительного склада, организация транспорта, число резервных забоев и т. д.). Полнота выемки полезного ископаемого, ожидаемые показатели потерь и разубоживания. Технологические мероприятия, направленные на комплексное использование сырья и пород вскрыши.

Охрана окружающей природной среды. Природные объекты, подлежащие охране. Основные технические решения по охране отдельных объектов. Оценка токсичности и почвенно-агрономических характеристик вскрышных пород, плодородного слоя. Решения по очистке внутрикарьерных вод, вод с отвалов, складов руд, с других загрязненных участков.

Инвентаризация источников пылегазовых выбросов на территории предприятия. Инвентаризация источников сброса загрязненных вод. Расчет зон загрязнения атмосферы и поверхностных вод. Уточнение границ санитарно-защитных зон в сравнении с нормативными.

Расчет платежей за загрязнение окружающей природной среды (воздушный бассейн и поверхностные воды) и складирование отходов (вскрыша, некондиционные руды, продукты обогащения).

Расчеты выполняются в соответствии с методическими указаниями кафедры инженерной экологии. Объем работ по разделу согласуется с консультантом.

6. Промышленная безопасность. Охрана труда

Идентификация опасных производственных объектов, действующих на предприятии.

Техника безопасности на опасных производственных объектах. Основные меры безопасности при бурении, взрывании, экскавации, отвалообразовании и транспортировании горной массы.

Защита карьеров от затопления атмосферными водами, подземными водами. Требования к водоотливным установкам. Предотвращение снежных заносов и оползней. Способы и устройства для безопасного передвижения людей.

Организационные мероприятия по безопасному ведению взрывных работ, безопасные расстояния при взрывных работах (расчеты приводятся в разделе 3.7.1).

Инженерно-технические мероприятия по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций: защита населения и снижение потерь и разрушений в условиях стихийных бедствий; повышение устойчивости работы объектов предприятия при чрезвычайных ситуациях; создание условий, способствующих успешному проведению спасательных и неотложных восстановительных работ при ликвидации последствий аварий. План ликвидации аварий на карьере. Противопожарная профилактика на карьерах.

Охрана труда на горном предприятии. Освещение карьеров и соответствие его нормам освещенности. Борьба с производственным шумом и вибрацией в условиях карьера.

Санитарно-бытовое и медицинское обслуживание рабочих. Функции административно-бытовых комбинатов по обслуживанию рабочих. Мероприятия против обморожения.

Источники газо– и пылеобразования в условиях карьера. Оценка состояния атмосферы карьера и обоснование мероприятий и способов борьбы с вредными газами и пылью в условиях карьера. Естественное проветривание карьеров. Обоснование искусственной вентиляции. Выбор способа искусственного проветривания карьера. Расчет искусственного проветривания карьера.

7. Генеральный план

Обоснование состава объектов рудника. Обоснование места размещения постоянных и временных отвалов, ДОФ, промплощадки, жилого массива (если он входит в состав рудника), складов ВМ, электростанций (районных, тяговых), линий высоковольтных передач до карьерной подстанции, компрессорных станций и др. объектов. Транспортная связь между объектами. Перечень основных транспортных коммуникаций и дорог на поверхности. Определение площади земельного, в том числе горного отвода.

Установление на плане положения границ горного и земельного отводов, взрывоопасной и санитарно-защитной зоны, площадей, подлежащих рекультивации.

Графическая планировка объектов предприятия в увязке с природными объектами и существующими постройками и сооружениями. Расчет площадей, занимаемых объектами горного производства. Обоснование размещения объектов наземного комплекса, обеспечивающих ведение горных работ и переработку полезного ископаемого. Транспортные, энергетические и прочие коммуникации на территории горного предприятия и его промплощадки.

Организация доставки на промплощадку и в карьер рабочих, оборудования и материалов.

Генеральный план промплощадки. Обоснование состава промышленных объектов, размещаемых на промплощадке: обогатительной (сортировочной) фабрики, административно-бытового комбината, депо (гаража), материального склада, складов ГСМ, вторичных черных металлов и т. д. Состав непромышленных объектов: зоны отдыха, спортплощадки, противопожарные водоемы и т. д.

8. Вспомогательное карьерное хозяйство

В табличной форме приводится перечень, назначение и количество вспомогательных технических средств по основным процессам открытой разработки (бульдозеры, перфораторы, компрессоры, поливочная и дорожная техника, транспорт для доставки людей на рабочие места и т. п.).

9. Карьерный водоотлив

Решения по осушению естественных водоемов в пределах карьерного поля или их отводу. Обоснование способа (подземный, открытый, комбинированный), системы (опережающая, параллельная, совмещенная) и схемы (линейная, контурная, кустовая и т. д.) осушения. Расчетная схема дренажа. Необходимый уровень водопонижения.

Защита карьерного поля от поверхностных вод, размещение нагорных канав. Расчет площади поперечного сечения, уклона, ширины и глубины канав. Объем работ по строительству канав, водосборников и прудов-осветлителей. Размещение очистных устройств при открытом водоотливе. Выбор и обоснование типа и производительности насосов.

10. Электроснабжение карьера

В расчетно-пояснительной записке раздела приводится общее описание применяемого электрооборудования и электроприемников карьера, выбирается схема электроснабжения, определяются количество и мощность силовых трансформаторов на ГПП, средства компенсации реактивной мощности. Выбирается передвижная подстанция для потребителей до 1000 В наиболее энергонасыщенного участка.

Производится расчет распределительных ЛЭП (наиболее нагруженной), выбираются кабели для электроприемников карьера (экскаваторов, бурстанков и пр.). Выполняется расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В и установки максимальной токовой защиты автоматического выключателя наиболее энергонасыщенного участка.

Производится расчет защитного заземления электроприемников карьера, выбираются устройства защитного отключения и индивидуальные средства защиты от поражения людей электрическим током, определяются основные показатели электроснабжения карьера: удельные расходы электроэнергии по основным процессам (бурение, выемка, транспорт, отвалообразование) и в целом на разработку 1 т горной массы, годовой расход электроэнергии, показатель электровооруженности труда, средневзвешенный cos φ и др.

Расход электроэнергии или топлива на транспорт рекомендуется определять по методике кафедры РМОС, остальные расчеты выполняются согласно методическим указаниям к разделу проекта, составленных кафедрой ЭГП.

11. Сметно-экономическая часть

В сметно-экономической части дипломного проекта, направленного на строительство нового карьера или его реконструкцию, необходимо:

– определить капитальные вложения, потребные для строительства или реконструкции карьера, в том числе: на горнокапитальные работы, на приобретение и монтаж оборудования, на строительство или реконструкцию транспортных коммуникаций в системе «карьер – отвалы – обогатительная фабрика»;

– рассчитать штат промышленно-производственного персонала, годовой фонд заработной платы;

– определить годовые эксплуатационные затраты и себестоимость единицы горной массы, вскрыши, полезного ископаемого;

– определить размеры амортизационных отчислений, налогов и различных платежей;

– определить технико-экономические показатели, необходимые для заполнения таблицы (приложение 1) на расчетный год.

Содержание экономических расчетов согласуется с руководителем экономического раздела при получении задания на проектирование и увязывается с содержанием специальной части проекта.

По согласованию с консультантом раздела или руководителем проекта часть расчетов может производиться укрупненно, а необходимые показатели могут быть приняты по аналогам и нормативам или на основании экономико-математического моделирования.

В сметно-экономической части дипломного проекта, темой которой является планирование горных работ, делаются более детальные расчеты штата трудящихся, фонда зарплаты, годовых затрат, себестоимости, расхода материалов и электроэнергии и другие расчеты по указанию консультанта раздела и руководителя проекта.

В дипломных работах исследовательского характера содержание экономической части определяется руководителем.

Объем раздела, как правило, не должен превышать 10-15 страниц. В реальных проектах или дипломных работах, выполняемых по заказу предприятий, а также в тех случаях, когда в проекте необходимо производить детальные многовариантные расчеты по оценке эффективности инвестиций, объем и содержание сметно-экономической части могут быть изменены по согласованию с руководителем проекта.

12. Оценка эффективности инвестиций в строительство (реконструкцию, модернизацию оборудования и др.)

Расчеты эффективности инвестиций производятся:

– для расчета экономической эффективности инвестиций в строительство или реконструкцию карьера, обновление оборудования и т. п. на завершающем этапе проектирования;

– для сравнения вариантов технических решений на стадии укрупненной оценки принципиальных решений в специальной части дипломного проекта.

Методика расчетов изложена в учебном пособии «Оценка эффективности инвестиционных проектов открытых разработок».

На основании потока денег, рассчитанного вручную или на компьютере, определяются критерии экономической эффективности инвестиций: чистый дисконтированный доход (ЧДД), внутренняя норма доходности (ВНД), индекс доходности (ИД) и срок окупаемости ($T_{ок}$). Полученные значения вышеуказанных критериев необходимо сравнить с их заданными или нормативными значениями и тем самым оценить уровень экономической эффективности инвестиций, предусмотренных проектом. Расчет потока денег может быть произведен приближенно на основе удельных стоимостных показателей, а в реальных проектах – детально, на основе калькуляций. Результаты расчетов могут быть представлены в виде графиков, что облегчает визуальную оценку их достоверности.

Раздел включает обоснование базовых исходных экономических показателей: удельных капитальных вложений и текущих эксплуатационных затрат, нормативов амортизационных отчислений и платежей за пользование природными ресурсами, стоимости изымаемых земель и отпускной цены на производимую продукцию. Принимаются характеристики внешних экономических условий финансовой деятельности предприятия: размер банковской ставки платы за кредит, налога на прибыль и нормы дисконтирования, предполагаемый уровень инфляции. Базовые исходные данные представляются в виде таблицы с обязательным обоснованием или ссылками на источник получения данных (аналог, расчет, нормативные документы). Дополнительно приводятся сведения об оцениваемой производственной программе предприятий (таблицы календарного распределения объемов добычных и вскрышных работ).

Результаты расчетов представляются также в виде сопоставительных таблиц, которые сопровождаются выводами об экономической, технической, финансовой и бюджетной допустимости реализации оцениваемых решений.

13. Основные технико-экономические показатели проекта

Инструкция о порядке разработки проектов требует представления результатов проекта в виде нескольких таблиц, основной из которых является следующая.

Примерный перечень технико-экономических показателей для объектов производственного назначения

Показатели	Единицы измерения
Мощность предприятия, годовой выпуск продукции: в стоимостном выражении…… в натуральном выражении…… Общая площадь участка…… Удельный расход на единицу мощности:	 руб. в соответ. ед. га

Показатели	Единицы измерения
электроэнергии	кВт·ч
ГСМ	т/ м^3
Общая численность работающих	чел.
Годовой выпуск продукции на одного работающего:	
в стоимостном выражении	руб./чел.
в натуральном выражении	ед./чел.
Общая стоимость строительства	руб.
Удельные капитальные вложения	руб./ед. мощности
Продолжительность строительства	мес.
Стоимость основных производственных фондов	руб.
Себестоимость продукции	руб./ед.
Балансовая (валовая) прибыль	руб.
Чистая прибыль	руб.
Рентабельность производства	%
Внутренняя норма доходности	%
Срок окупаемости	лет
Срок погашения кредита и других заемных средств	лет

IV. СОДЕРЖАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

Раздел «Геолого-промышленная характеристика месторождения»

1. Геологическая карта месторождения с контурами карьера на перспективу и промежуточными положениями горных работ, с сеткой разведочных скважин по характерным разрезам. М 1:10000, 1:5000, 1:2000.
2. Характерные поперечные (два-три) и продольный разрезы по месторождению с перспективными и промежуточными контурами карьера, отметками глубин, разведанными скважинами. М 1:5000, 1:2000, 1:1000.
3. Стратиграфическая и структурная колонки в удобном для восприятия изображений масштабе (для горизонтальных и пологих месторождений).

Раздел «Горные работы»

4. Расчетные профили бортов при устойчивых и конструктивных углах. М 1:000, 1:2000.
5. План карьера (или план-схема) на конец разработки. М 1:2000, 1:5000.
6. Поперечные сечения по бортам карьера в конце разработки. М 1:1000, 1:500.
7. Графики режима горных работ и календарные графики горных работ.
8. Линейный или сетевой график горно-строительных работ на карьере.
9. План горных работ - современное состояние. М 1:2000, 1:5000.
10. План и поперечные разрезы карьера на год сдачи в эксплуатацию. М 1:1000, 1:2000.
11. План карьера на момент полного развития горных работ (указать год). М 1:1000, 1:2000.
12. Сечения по бортам карьера на расчетные периоды. М 1:500, 1:1000.

13. План, продольный профиль и поперечные сечения внешних капитальных траншей. М 1:500, 1:1000.
14. Паспорта проходки внешней капитальной траншеи и съездов (план и поперечный разрез). М 1:200, 1:500.
15. План горных работ на промежуточный год реконструкции карьера. М 1:2000.
16. Технологические схемы консервации и расконсервации бортов карьера (на поперечном разрезе). М 1:500, 1:1000.
17. Конструкция рабочих площадок на добычных и вскрышных уступах в периоды строительства и полного развития работ. М 1:500.
18. План и поперечный разрез рабочей зоны с расстановкой оборудования при бестранспортных и транспортно-отвальных схемах работ. М 1:200, 1:500.
19. Усреднительные склады и перегрузочные пункты: планы, сечения. М 1:200, 1:500.
20. Технологическая схема структуры механизации вскрышных и добычных работ с указанием моделей оборудования, парка машин и сменной их производительности.
21. Паспорта взрывных работ на добычном и вскрышном уступах. М 1:200, 1:500.
22. Конструкция скважинных зарядов. М 1:100, 1:200. Схема коммутации взрывной сети в блоке расчетного объема. М 1:500, 1:1000.
23. Схема разделения взорванного блока на заходки с указанием порядка и направления их отработки (план, М 1:1000, 1:2000, поперечные сечения М 1:500).
24. План и поперечный разрез забоя с указанием его параметров, экскаватора, размещения транспортных путей и сосудов при погрузке. М 1:500.
25. Схема и параметры селективной отработки уступов. М 1:200, 1:500.
26. План отвалов на период полного развития горных работ с расположением транспортных коммуникаций, отвальных тупиков, рабочего оборудования. М 1:2000, 1:5000.
27. План и поперечный разрез отвального забоя с размещением отвального оборудования. М 1:200, 1:500.
28. Схема рекультивации отвала, карьера и пр. М 1:10000.

Раздел «Карьерный транспорт»

29. План-схема трассы транспортных коммуникаций (конвейерных линий) на расчетный момент с выделением расчетных участков, их параметрами и т. д. (безмасштабная).
30. Элементы транспорта: конструкция автодорог (план и разрез), перегрузочных пунктов, железнодорожных станций и т. д. М 1:500, 1:1000.
31. Конструкция транспортных берм и съездов. М: 1:200, 1:500.

Раздел «Генеральный план»

32. Ситуационный план карьера с указанием горного и земельного отвода, взрывоопасной и санитарно-защитной зон и пр. М 1:10000, 1:5000.
33. Генеральный план промплощадки с указанием основных производственных объектов. М 1:500, 1:1000.

Раздел «Карьерный водоотлив»

34. Схема дренажной системы с указанием контуров карьера, рельефа местности, дренажных выработок, нагорных канав области фильтрации карьерного поля, элементов системы открытого водоотлива. М 1:10000, 1:5000.

Раздел «Электроснабжение карьера»

35. План-схема электроснабжения карьерного оборудования и питания контактных сетей электрифицированного транспорта (безмасштабная).

V. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА

Оценка результатов проекта должна быть произведена по следующим направлениям:

- технической возможности осуществления проекта;
- экологической допустимости реализации проекта;
- финансовой возможности осуществления проекта;
- экономической эффективности инвестиций и проектных решений.

Для выполнения оценки результатов проекта используются технические и экономические показатели, полученные в соответствующих разделах проекта.

Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составления проектной документации 1995 года требует в заключении проекта представлять обязательный перечень технико-экономических показателей (см. стр. 22), которые служат для оценки результатов проекта.

В различных отраслях, в том числе в горном производстве, для оценки результатов проекта, кроме указанных, используются специфические для данной отрасли показатели.

В дипломном проекте, как правило, нет возможности достаточно обоснованного расчета всех показателей, предусмотренных инструкцией. Кроме того, для различных тем проекта или работы показатели, характеризующие их результаты, могут быть различными.

Тем не менее в каждом проекте (работе) должны быть определены показатели, на основании которых автор проекта должен критически оценить его результаты.

Указываются:

– годовая мощность предприятия по полезному ископаемому и горной массе, сроки строительства карьера и его эксплуатации, балансовые запасы полезного ископаемого, величина потерь и разубоживания, размеры земельного отвода;

– модели и количество основного оборудования;
– общая численность промышленно-производственного персонала;
– годовой расход электроэнергии и дизельного топлива;
– другие показатели, имеющие значение для оценки проекта.

Если в проекте предусматриваются инвестиции, то в числе показателей должны быть приведены следующие: размер капитальных вложений и срок их окупаемости, величина кредита и срок его погашения, чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы дохода, индекса доходности. На основании этих показателей делается оценка технологической возможности, экологической допустимости и экономической целесообразности принятых решений о разработке или доработке месторождения в соответствии с данным проектом.

Затем должна быть произведена оценка технико-экономического уровня принятых технологии и техники. Для этого полученные в проекте удельные технико-экономические показатели – производительность трудящихся в натуральном выражении по горной массе (т/год, т/смену и т. п.), а также годовая производительность буровых станков, экскаваторов, транспортных средств, бульдозеров и др. оборудования, выраженная в тоннах горной массы на списочную единицу оборудования, также удельный расход электроэнергии, дизельного топлива, ВВ и др. – сравниваются с аналогичными показателями отечественных и зарубежных предприятий, ведущих разработку аналогичных месторождений (см. приложения). Результаты сравнения могут быть даны в табличной форме. В итоге делается вывод о технико-экономическом уровне принятых проектных решений. В заключении необходимо четко указать те технические и организационные решения, введение которых обеспечило повышение эффективности проекта.

Рекомендуемая литература

Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технология открытых горных работ. М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. 472 с.

Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технологические процессы открытых горных работ. М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. 448 с.

Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2010. 700 с.

Арсентьев А. И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей: учебник для вузов. М.: Недра, 1981. 278 с.

Единые правила безопасности при взрывных работах. ПБ13-407-01. Утв. Госгортехнадзором РФ, Постановление № 3 от 30.01.01. 58 с.

Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом /Редколл.: М. П. Васильчук и др. 3-е изд., перераб. и доп. Утв. Госгортехнадзором России 1992 г. М.: НПО ОБТ, 1992. 72 с.

Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составления проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. СНиП-01-95. Минстрой России, 1995. 21 с.

Ковалев В. В. Методы оценки инвестиционных проектов. М.: Финансы и статистика, 2000. 144 с.

Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Официальное издание. М., 1994 (Утв. Госстроем Рос-

сии, Мин. экономики, Мин. финансов РФ, Госпланом России № 7-12/47 от 31 марта 1994 г.). 29 с.

Оценка эффективности инвестиционных проектов открытых горных разработок: учебное пособие /В. С. Хохряков, С. В. Корнилков, И. Н. Сандригайло и др. Екатеринбург: Изд-во УГГГА. 1996. 180 с.

Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений. СП-11-101-95. Минстрой России, 1995. 18 с.

Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом ПБ 05-356-00. Утв. Госгортехнадзором России, Постановление № 50 от 18.09.2000. 63 с.

Проектирование карьеров: учебник /К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, В. В. Хронин, В. С. Коваленко. 3-е изд., перераб. М.: Высшая школа, 2009. 694 с.

Ржевский В. В. Открытые горные работы: учебник для вузов. 1 и 2 ч. М.: Недра. 1985. 549 с.

Хохряков В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: учебник для техникумов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1991. 336 с.

Хохряков В. С. Проектирование карьеров: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1992. 383 с.